

آب و توسعه پایدار

سال دهم - شماره اول (پیاپی ۲۷) - خرداد ۱۴۰۲

امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم توسعه و آمایش سرزمین



فهرست مقالات

- امنیت آبی و غذایی در برنامه ریزی اکولوژیک (با تأکید بر چالش اکوسیستمی و رویکرد همبستگی در تدوین برنامه هفتم)
محمود مهمان
- واکاوی اسناد بالادستی آب در برنامه های سوم و چهارم توسعه با رویکردی میان رشته ای (بازه زمانی: ۱۳۷۹-۱۳۸۸)
لیلی بنیاد، اکبر زارع شاه آبادی
- امنیت غذایی پایدار به کمک آبی پروری پایدار با استفاده از سامانه های نوین آبی پروری (قسمت اول): نقش قوانین و اسناد بالادستی سعید زاهدی؛ محسن برخوردار، مجید طاهرپور
- بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر امنیت آبی در ایران
آذر زرین، عباسعلی داداشی رودباری
- ارزیابی شاخص فقر آب کشاورزی استان همدان و شناسایی مولفه های بحرانی
عاطفه دماوندی، حشمت اله سعدی، کریم نادری مهدی، عاطفه ملکیان
- اعتبارسنجی مدل های انتگرالی و آشفتگی برای پساب شور تخلیه شده در محیط آبی
وحید بابایی نژاد، بابک خورسندی
- کاربرد ارزیابی چرخه عمر بر آب و محیط زیست حسنا شفاei، کاظم اسماعیلی
- مدیریت توأم آب زیرزمینی - خشکسالی: مروری بر تجارب کالیفرنیا
نجمه گازر حبیب آبادی، هاشم درخشان
- ارزشگذاری مشروط کیفیت آب آشامیدنی شهر دهلران
علی سایه میری، آرزو چراغی، عبدالله شایان، اردشیر سلیمانی
- اثر عصاره کنوکارپوس بر مقاومت اسفناج به تنش خشکی
معصومه فراستی، علی نخزری مقدم، ابراهیم غلامعلی پور علمداری، متینه رجب نیا

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سردبیر

دانشگاه فردوسی مشهد

ناصر شاهنوشی فروشانی / استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

کامران داوری / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیئت تحریریه

کاظم اسماعیلی / دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

حسین انصاری / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

علی باقری / دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس

محمد جلیلی / دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

حسین علی دادی / استاد گروه مهندسی بهداشت محیط و حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

سعید مرید / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس

حمیدرضا ناصری / استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی

شورای سیاست گذاری

احمد سیاحی (ریاست شورا) / مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فن آوری و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

حسین اسماعیلیان / مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد

علیرضا طاهری / مدیر عامل شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

سید یحیی موسوی / دبیر اندیشگاه آب شرکت مدیریت منابع آب ایران

ناصر شاهنوشی فروشانی / مدیر مسئول نشریه

کامران داوری / سردبیر نشریه

مشاوران هیئت تحریریه

انوش نوری اسفندیاری / اندیشکده تدبیر آب ایران

سید حسین سجادی فر / شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهدی کلاهی / دانشگاه فردوسی مشهد

غلامرضا کلائی / شرکت آب و فاضلاب مشهد

ثمانه توکلی امینیان / شرکت آب و فاضلاب مشهد

کارشناس اجرایی

ویراستاری

طراحی جلد

ترتیب انتشار / ناشر

شماره شاپا

تارنما / رایانامه

آدرس

حامی مالی

پایگاه های نمایه شده

مهری شاهدی، فاطمه طالبی حسین آباد

مرجان قوچانیان، مهری شاهدی (فنی و ادبی) / مائده اسکوهی (لاتین)

محمدرضا شیخی

فصلنامه / انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

۲۴۲۳-۵۴۷۴

<https://jwsd.um.ac.ir/> Email: jwsd@um.ac.ir

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دفتر نشریه، صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

شرکت آب و فاضلاب مشهد

پایگاه استنادی علوم ایران (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات

نشریات کشور (MAGIRAN)



الف	سرمقاله: ارزیابی جایگاه امنیت آبی و امنیت غذایی در قانون برنامه هفتم توسعه / حسین انصاری (عضو هیئت تحریریه نشریه)
ث	یادداشت کوتاه: امنیت غذایی در برنامه هفتم توسعه / اسکندر زند (استاد موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور با همکاری علی اکبر باغستانی)
۱	امنیت آبی و غذایی در برنامه ریزی اکولوژیک (با تأکید بر چالش اکوسیستمی و رویکرد همبستگی در تدوین برنامه هفتم) محمود مهام
۱۱	واکاوای اسناد بالادستی آب در برنامه های سوم و چهارم توسعه با رویکردی میان رشته ای (بازه زمانی: ۱۳۷۹-۱۳۸۸) لیلی بنیاد، اکبر زارع شاه آبادی
۳۷	امنیت غذایی پایدار به کمک آبی پروری پایدار با استفاده از سامانه های نوین آبی پروری (قسمت اول): نقش قوانین و اسناد بالادستی سعید زاهدی؛ محسن برخوردار، مجید طاهرپور
۳۷	بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر امنیت آبی در ایران آذر زرین، عباسعلی داداشی رودباری
۴۵	ارزیابی شاخص فقر آب کشاورزی استان همدان و شناسایی مولفه های بحرانی عاطفه دماوندی، حشمت اله سعدی، کریم نادری مهدی، عاطفه ملکیان
۵۷	اعتبارسنجی مدل های انتگرالی و آشفتگی برای پساب شور تخلیه شده در محیط آبی وحید بابایی نژاد، بابک خورسندی
۶۷	کاربرد ارزیابی چرخه عمر بر آب و محیط زیست حسن شفائی، کاظم اسماعیلی
۷۷	مدیریت توأم آب زیرزمینی - خشکسالی: مروری بر تجارب کالیفرنیا نجمه گازر حبیب آبادی، هاشم درخشان
۸۷	ارزشگذاری مشروط کیفیت آب آشامیدنی شهر دهلران علی سایه میری، آرزو چراغی، عبدالله شایان، اردشیر سلیمانی
۹۹	اثر عصاره کنوکارپوس بر مقاومت اسفناج به تنش خشکی معصومه فراستی، علی نخزری مقدم، ابراهیم غلامعلی پور علمداری، متینه رجب نیا
۱۰۵	یادداشت تحلیلی: امنیت آبی و نقش آن در امنیت غذا / سیده محدثه طاهری
۱۱۷	یادداشت تحلیلی: هفده سؤال حکمرانی آب / مهدی فصیحی هرندی

ارزیابی جایگاه امنیت آبی و امنیت غذایی در قانون برنامه هفتم توسعه



از انقلاب اسلامی به جهت توجه مسئولین نظام بر شعار محوری «نه شرقی-نه غربی، جمهوری اسلامی» و نیز سیاست «کشاورزی محور توسعه»، تمرکز بر سیاست امنیت غذایی به یک سیاست محوری تبدیل شده و به کرات در قانون برنامه‌های توسعه اول تا ششم مدنظر بوده و در قانون برنامه هفتم توسعه، در فصل دهم موضوع «امنیت غذایی» با یازده ماده (مواد ۱۴۶ تا ۱۵۶) به صورت مشخص مورد تأکید قرار گرفته است. البته در قانون برنامه هفتم، مشابه قانون برنامه‌های قبلی، مشخصاً سیاست امنیت آبی مورد توجه مستقیم نبوده و مباحث مرتبط با این سیاست در فصل نهم تحت موضوع «حکمرانی منابع آب» با ۲۱ ماده (مواد ۱۲۵ تا ۱۴۵) مورد تأکید قرار گرفته است. بنابراین، به نظر می‌رسد، ناسازگاری موجود بین تولید غذا و تخریب محیط زیست و تشدید کم‌آبی برای بیش از چهار دهه از دید سیاست‌گذاران، مغفول نمانده، اما عدم اتخاذ سیاست درست در حوزه امنیت آبی، نیل به امنیت غذایی و توسعه پایدار، مهیا نشده است.

عدم دستیابی به امنیت غذایی و تشدید کمبود منابع آب در ایران، متأثر از سلسله‌ای از اشتباهات تحقیقاتی-علمی، اشتباهات سیاست‌گذاری، مشکلات ساختاری و ضعف‌های مدیریتی بوده که با معضلات ناشی از عوامل اقلیمی و اکولوژیکی تشدید شده است. اگرچه برخی از این موارد قبلاً مورد بحث پژوهشگران قرار گرفته، اما نقد قانون برنامه‌های توسعه‌ای با توجه همزمان به تمام این مسائل انجام نشده و به نظر می‌رسد که در تدوین قانون برنامه توسعه هفتم نیز مورد توجه نبوده است. در این نوشتار تمرکز بر همه موارد مدنظر نبوده و دو مورد مهم «اشتباهات علمی و اشتباهات شیوه سیاست‌گذاری» که تاکنون کمتر مورد نقد و بررسی بوده به اختصار و با تمرکز بر فصل نهم و دهم قانون برنامه توسعه هفتم یا همان برنامه حکمرانی منابع آب و امنیت غذایی، مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

در حوزه اشتباهات شیوه سیاست‌گذاری، باید عنوان داشت که ارزیابی پژوهش‌های مرتبط با پایداری نشان می‌دهد که حفظ منابع طبیعی، محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب آنها، باید با توجه به سه حوزه غذا، آب و انرژی، همزمان مدنظر قرار گیرد و حفاظت در این سه حوزه، مستلزم یک چارچوب جامع بوده که نه تنها باید امنیت انحصاری این سه حوزه، بلکه تعاملات متقابل آنها نیز در نظر گرفته شود. فرآیند سیاست‌گذاری و اقدام برنامه‌ای که در قانون برنامه‌های توسعه اول تا ششم قبل و پس از انقلاب و برنامه قانون توسعه هفتم رد پای مشخصی ندارد. از آنجائیکه پیوند آب، انرژی و غذا، رویکرد یکپارچه‌ای برای تجزیه و تحلیل هم‌افزایی و مبادلات بین بخش‌های مختلف به منظور به حداکثر رساندن کارایی استفاده از منابع ارائه می‌دهد، لذا عدم توجه به این مهم در قانون برنامه توسعه هفتم، نتایج پیش‌بینی شده در متن برنامه را برآورده نخواهد کرد.

آب و غذا عناصر ضروری برای حیات بشری است که در تکامل با چرخه انرژی، رشد اقتصادی، کاهش فقر و توسعه اجتماعی را به همراه دارد. دسترسی کافی به این منابع و مدیریت پایدار آنها از طریق حفظ اکوسیستم‌هایی میسر بوده و در نقطه مقابل عدم دسترسی کافی و عدم پایداری در حفاظت از این منابع، می‌تواند چالش‌های عمده‌ای را به همراه داشته باشد. بر اساس پیش‌بینی بانک جهانی، در مناطقی که کشاورزی، محور توسعه اقتصادی-اجتماعی منطقه بوده، مهاجرت و منازعات در اثر کمبود آب افزایش خواهد یافت. درگیری‌های مختلف مرتبط با آب در سرتاسر جهان همانند نزاع بین مصر و ایتوپی بر سر رود نیل، کشورهای خاورمیانه بر سر توزیع عادلانه آب و وضعیت چالش‌انگیز در حوضه دریاچه آرال، گواهی بر این واقعیت است که جامعه بین‌المللی تا حل بحران پیچیده آب و کاهش ناامنی در حوزه آب فاصله زیادی دارد. در حوزه غذایی هم کشورهای با موانعی مانند محدودیت زمین‌های کشاورزی، کمبود آب، قیمت بالای انرژی، افت سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیقات و افزایش ضایعات غذایی مواجه هستند. همچنین رقابت بر سر زمین‌های کشاورزی و منابع آب، قیمت بالای انرژی و تغییرات آب و هوایی، همگی شواهدی برافزایش منازعات داخلی و خارجی می‌باشند. تأمین امنیت آبی و غذایی در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، به‌عنوان یکی از نگرانی‌های عمده محققان، سیاست‌مداران و ذی‌نفعان است. در این جوامع، اخلاص در تأمین کافی منابع آب، سبب برانگیخته شدن خشم مردم شده و ممکن است منجر به ناامنی و چالش‌هایی در امنیت غذایی شده و توسعه اقتصادی را مختل سازد؛ از این‌رو، برای رسیدن به ثبات سیاسی، اجتماعی و اقتصادی باید نهایت دقت را در تدوین قوانین و اسناد بالادستی از جمله قوانین مرتبط با برنامه‌ها و راهبردهای کلان، مدنظر داشت.

مفاهیم امنیت غذایی و امنیت آبی به مانند بسیاری مفاهیم دیگر در حوزه تولید و تأمین غذا و مدیریت آب، دیرپا به حساب نمی‌آیند و در دهه‌های اخیر مورد توجه سازمان‌ها و نهادهای بین‌المللی زیادی قرار گرفته است. در ایران نیز، یکی از سیاست‌ها و راهبردهای مهم کلان، تمرکز بر امنیت غذایی و نیز حکمرانی منابع آب طی حدود شش دهه گذشته بوده، به نحوی که در دوران پس

بدیهی است که سه زیرسیستم آب، انرژی و غذا، فراسیستمی را تشکیل می‌دهند که زیرسیستمی از نظام اقتصادی- اجتماعی و محیط زیستی بوده و سیستم‌های فوق، سه رأس مثلثی خواهند بود که سیاست‌ها و برنامه‌های مربوط به هریک، کارکرد سیاست و اقدام دو سیستم دیگر را مورد تأثیر قرار خواهد داد. حوزه آب و انرژی به رغم داشتن تفاوت‌های ذاتی، از دیدگاه سیستمی دارای شباهت‌های فراوانی هستند که نقش‌چندانی در فرآیند تولید یکدیگر ندارند، اما در این بین، حوزه غذا با اختلافات عمده ذاتی با هردو حوزه، محصول اندرکنش دو حوزه آب و انرژی بوده و امنیت غذایی تابع امنیت دو منبع مذکور است. عدم تعادل و پایداری در هریک از دو منبع آب یا انرژی، اولاً تعادل و پایداری در منبع دیگر را مختل خواهد کرد و ثانیاً هریک از این دو منبع منفرداً دستیابی به امنیت غذایی را برای هر منطقه یا حکومتی، با مشکلات عدیده‌ای روبه رو کرده و یا تولید آن را به صورت کامل دچار اختلال می‌کند. در زنجیره کامل تولید کشاورزی- غذایی، انرژی و آب به طور مستقیم و غیرمستقیم نقش اساسی داشته و در سمت مقابل کشاورزی که به عنوان مهمترین مصرف‌کننده آب و انرژی است، خود عرضه‌کننده انرژی (سوخت‌های زیستی) و آب (تولید آب مجازی از طریق واردات محصولات کشاورزی) نیز محسوب می‌شود. لذا اشتباه سیاست‌گذاری در هر حوزه، علاوه بر اینکه بر روی هر یک از دو حوزه دیگر در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی تأثیر می‌گذارد، باعث اختلالات جدی در نظام کلان اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی می‌شود. در کشورهای در حال توسعه و واقع در کمربند خشک دنیا مانند ایران، رشد اقتصادی، رشد طبقه متوسط، شهرنشینی سریع، تقاضای روزافزون برای منابع آب، انرژی و غذا، رو به افزایش است. علاوه بر این، رشد تقاضا، در حوزه آب به ویژه در ایران، به جهت شرایط اقلیمی و نیز بروز تغییر اقلیم شدید در یک دهه اخیر، نبود مبانی علمی کافی بومی در مدیریت این حوزه، عدم اتخاذ سیاست‌های مناسب در قانون برنامه توسعه اول تا ششم (عدم تمرکز بر امنیت آبی که بر امنیت غذایی ارجح است و نیز تمرکز بر «سیاست کشاورزی به عنوان محور توسعه» که بیش از ۹۳ درصد مصرف آب (Consumptive Use) را به خدمت این بخش درآورده)، فقدان مدیریت کارا و پایدار منابع آبی، گسترش شیوه‌های نادرست مدیریت مصرف در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی (تمرکز بر توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار به عنوانی سیستم‌هایی که عملاً میزان مصرف آب را حداقل ۸ تا بیش از ۴۰ درصد افزایش می‌دهند)، استخراج بیش از حد منابع آب زیرزمینی (تخلیه آب زیرزمینی تجدیدپذیرسالانه برخی مناطق تا بیش از ۱۳۰ درصد)، باعث بروز ابرچالش‌هایی شده است. اگرچه در بسیاری از مناطق دیگر جهان، علی‌رغم تعاملات بین بخشی، منابع آب، انرژی و غذا به طور جداگانه مدیریت

شده تا تصمیم‌گیری را تسهیل کنند، اما ضعف‌های پیش‌گفته در ایران، به‌علاوه وجود دهه‌ها تحریم سیاسی- اقتصادی که با سوء مدیریت سیاسی مرکب شده، برنامه‌ریزی و ارائه راهکارهای مدیریتی جداگانه و بخشی‌نگری و نیز معضلات ناشی از تعاملات پیچیده این منابع، مشخصاً ایران را در دستیابی به تعادل بین ابعاد اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی ناتوان کرده و به وضوح کشور را به سمت ناپایداری زیست محیطی سوق داده است. از دید برخی ناظرین حوزه سیاست‌گذاری، «قانون برنامه ششم توسعه»، در حوزه آب و غذا از یک نگاه کارشناسی مناسب قابل اجرا برخوردار بوده، اما بررسی دقیق‌تر دستاوردها در حوزه آب نشان از عدم توفیق برنامه مذکور دارد؛ از جمله اینکه براساس ماده (۳۵) آن قانون، دولت مکلف بود آب را به نحوی مدیریت کند تا در سال پایانی اجرای برنامه، تراز منفی منابع آبی به مقدار یازده میلیارد متر مکعب جبران شود و از منفی ۱۳۳ میلیارد مترمکعب به منفی ۱۲۲ میلیارد مترمکعب کاهش یابد. این در حالی است که داده‌های مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، بیانگر آن است که در عمل این روند به صورت معکوس پیش رفته و کسری آبخوان‌های کشور تقریباً به منفی ۱۴۰ میلیارد مترمکعب در سال ۱۴۰۰ رسیده است. دلیل این امر هم کاهش دریافت آب از طبیعت و افزایش مصرف آب در بزرگترین مصرف‌کننده آب (کشاورزی با بیش از ۹۳ درصد مصرف؛ تأکید می‌گردد، واژه مصرف در این سرفقاله معادل واژه لاتین Consumptive Use بوده در صورتیکه در قانون برنامه‌های توسعه کشور، واژه مصرف به اشتباه به جای واژه برداشت که معادل واژه لاتین Withdrawal بوده، درج شده است) می‌باشد. افزایش مصرف آب در کشاورزی ناشی از برنامه‌های اجرایی نادرست در بخش امنیت غذایی به ویژه در حوزه افزایش بهره‌وری آب و افزایش تولید غذا، افزایش مصرف آب را به همراه دارد. در یک نگاه ساده هر افزایشی در میزان تولید محصولات کشاورزی ناشی از افزایش مصرف آب بوده و هر گونه تغییری نیز در افزایش بهره‌وری فیزیکی تولید- ناشی از اصلاح سیستم‌های آبیاری- افزایش مصرف آب را به همراه دارد. این مهم نقص کلان قانون برنامه ششم را در پیوند امنیت آب و غذا نشان می‌دهد که مجدداً در قانون برنامه توسعه هفتم هم به وضوح مشهود است. در کنار این موضوع درک ناقص از مبانی توسعه فیزیکی- اجتماعی، عدم توجه به مشارکت مردمی، عدم توجه به همه ذینفعان حوزه آب، انرژی و غذا، توجه نکردن به استعداد مناطق در چارچوب راهبرد کلان آمایش سرزمین، بی‌توجهی در نارسایی و نقص محتوای قوانین و اسناد بالادستی، ضعف در مبانی علمی، ضعف در توسعه ساختار مدیریت دولتی و قوانین مدیریت بخش خصوصی، عدم توجه به اشکالات اساسی در ساختارهای تصمیم‌سازی و اجرایی و عدم توجه به شکاف میان عرضه و تقاضا و نهایتاً عدم توجه به پیوند سه حوزه آب، انرژی و غذا و تعاملات پیچیده بین آنها در توسعه قانون برنامه هفتم، مسائلی هستند که به

نظر می‌رسد از هم اکنون باید قانون برنامه توسعه هفتم را در کنار قانون برنامه‌های توسعه قبلی، ناموفق ارزیابی کرد یا اگر قرار باشد دستوردهایی بیش از قانون برنامه‌های قبلی وجود داشته باشد، در زمان اجرای قانون باید به همه اشکالات مورد بحث و سازوکارهای اصلاحی آنها توجه شده و برای اجرای آنها، برنامه‌های اقدام فوری در کنار قانون برنامه هفتم تدارک دیده شود. به عنوان کلام آخر در حوزه امنیت آبی و امنیت غذایی باید عنوان کرد که کشاورزی آبی نمی‌تواند با نرخ برداشت فعلی ادامه دهد. اگرچه شواهدی مبنی بر امکان توسعه پایدار با افزایش ارزش افزوده در رویکرد پیوند آب، انرژی و غذا وجود دارد، اما مهم‌ترین گامی که در حال حاضر باید مدنظر قرار گیرد، شناسایی اولویت‌های اقتصادی کم آب طلب به همراه کاهش وابستگی تقاضای حوزه غذا و انرژی به آب با تمرکز بر سیاست‌های یکپارچه حوزه آب، انرژی و غذا باشد. با تشدید بحران

آب در ایران به جهت تشدید شرایط هیدرولوژی و اقلیمی از یک سو و از سوی دیگر افزایش جمعیت و افزایش سطح استاندارد زندگی جمعیت جوان، بکارگیری سیاست‌هایی که وابستگی اقتصاد به آب را کاهش می‌دهند، برای توسعه و ثبات اقتصادی-اجتماعی و حفظ ساختار حکمرانی ضروری است. سرانجام اینکه مسائل و چالش‌های حوزه امنیت آب، امنیت انرژی و امنیت غذایی بسیار درهم پیچیده و درهم آمیخته بوده و نمی‌توان آنها را به طور موثر، بدون تحلیل اندرکنشهای درون و فیما بین سه حوزه و بدون سناریوسازی‌های برنامه‌ای قبل از اجرا و تنها براساس مبانی یک قانون برنامه توسعه، مشابه قانون برنامه هفتم، مدیریت کرد. از این رو پیشنهاد می‌گردد، مراکز عمده حکمرانی و سیاست‌گذاری کلان کشور، توجه ویژه و تسریع یافته‌ای در خصوص عنوان و محتوای این سرمقاله، مدنظر قرار دهند.



امنیت غذایی در برنامه هفتم توسعه

امنیت غذایی یکی از مهم‌ترین ابعاد امنیت ملی کشورها، صرف نظر از نوع و ساختار حکومت‌ها است. بنا به تعریف فائو در کنفرانس جهانی غذا در سال ۱۹۹۶، امنیت غذایی به معنی اطمینان از دسترسی فیزیکی و اقتصادی همه مردم به غذای کافی و سالم برای داشتن فعالیت و زندگی سالم است (World Food Summit, ۱۹۹۶). این تعریف چهار رکن «فراهمی غذا»، «دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذا»، «مصرف و سلامت غذا» و «ثبات و پایداری (تاب‌آوری)» را مطرح می‌کند. امنیت غذایی در واقع برون‌داد «نظام پایدار غذا» است (El Bilali و همکاران، ۲۰۱۹).

نظام پایدار غذا، زمانی محقق می‌شود که مجموعه کاملی از بازیگران و فعالیت‌های مرتبط با زنجیره ارزش از «ژن تا سلول»، شامل تولید، جمع‌آوری، فرآوری، توزیع و مصرف، و حتی تلفات و ضایعات غذای تولید شده را در کنار بخش گسترده اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی مرتبط با غذا، در بر گرفته و به گونه‌ای امنیت غذا و تغذیه را تأمین نماید که رفاه نسل‌های آتی تضمین شود (von Braun و همکاران، ۲۰۲۱). امنیت غذایی زمانی محقق می‌شود که هر یک از اجزای نظام غذا، نقش خود را به درستی ایفا نموده و پیوندهای میان زیرنظام‌ها نیز به درستی برقرار باشد. بروز هر نوع چالش یا نارسایی در هر یک از اجزای نظام غذا، امنیت غذایی را به چالش می‌کشد. امروزه امنیت غذایی کشور با چالش‌های زیادی مواجه است که مهم‌ترین آنها عبارت است از (دبیرخانه تدوین سند ملی دانش‌بنیان کشاورزی و غذا، ۱۴۰۰):

۱. نوسانات و بی‌ثباتی در شاخص ضریب خودکفایی انرژی و پروتئین حاصل از غذا به ویژه در سه دهه گذشته
۲. بالابودن خلاء عملکرد به ویژه در محصولات زراعی و باغی
۳. نارسایی در طراحی و پیاده‌سازی الگوی بهینه کشت
۴. ناپایداری در خودکفایی محصولات راهبردی مانند گندم و وابستگی وارداتی بالا در کالاهای اساسی مانند برنج، روغن، شکر
۵. وابستگی بالا به واردات نهاده‌های خوراک دام و طیور شامل ذرت، کنجاله سویا و جو و وابستگی وارداتی داروها، مکمل‌های دام و طیور، بذور هیبرید سبزی و صیفی، مواد موثره و افزودنی‌های آفت‌کش‌ها، واکسن آبزیان، تخم چشم‌زده و بچه ماهی، مرغ اجداد، تخم نوغان و ملکه زنبور عسل

۶. سهم اندک سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی نسبت به سرمایه‌گذاری کل، طی ۵۰ سال گذشته (متوسط سهم کمتر از ۵ درصد بوده است). پایین بودن سهم تسهیلات اعطایی بانک‌ها به بخش کشاورزی و سهم بودجه بخش کشاورزی
۷. نارسایی در نظام فراگیر بیمه محصولات کشاورزی و منفی بودن شاخص کلی حمایت از تولیدکنندگان کشاورزی
۸. پایین بودن سطح تحصیلات رسمی بهره‌برداران کشاورزی، ضعف مهارت شاغلین و دانش‌آموختگان، نبود نظام سنجش مهارت و احراز صلاحیت حرفه‌ای، کم‌جاذبه بودن مشاغل کشاورزی و پایین بودن درآمد نسبت به سایر مشاغل (۴۰٪ سایر مشاغل)، ضعف در نظام نوآوری، به کارگیری فناوری‌های نوین و آینده‌ساز
۹. بالابودن درصد تلفات و ضایعات، استفاده ناکارآمد از بقایای محصولات کشاورزی، ضعف نظام فرآوری محصول (صنایع تبدیلی و تکمیلی) و پایین بودن ضریب مکانیزاسیون
۱۰. منفی‌بودن تراز تجاری بخش، ضعف در میزان و مدت نگهداری ذخایر راهبردی و عدم استفاده از ظرفیت‌های کشت فراسرزمینی
۱۱. نابسامانی بازار و پایین بودن سهم تولیدکننده از بهای پرداختی مصرف‌کننده، ناکارآمدی نظام توزیع، نابسامانی و پایین بودن سهم بازارهای مجازی، کاهش قدرت خرید خانوار، بالا بودن سهم هزینه غذا از هزینه خانوارها، تعدد و ناهم‌انگهی متولیان حمایت از اقشار آسیب‌پذیر
۱۲. غلبه الگوی نامناسب مصرف، شیوع بالای انواع سوءتغذیه و بیماری‌های غیرواگیر مرتبط با تغذیه، پایین بودن سطح فرهنگ و سواد تغذیه‌ای و کم تحرکی
۱۳. نارسایی در سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی یکپارچه و متمرکز برای تولید سلامت محور و ردیابی مواد غذایی در طول زنجیره ارزش، تداخل وظایف و ضعف هماهنگی دستگاه‌های مسئول سلامت غذا، نارسایی قوانین در خصوص سلامت مواد غذایی، نارسایی نظام پایش و ارزیابی مستمر مخاطرات بهداشتی
۱۴. حکمرانی نامناسب آب، بیلان منفی آب، فرونشست زمین، وجود بیش از ۴۰۰ هزار حلقه چاه غیرمجاز، پایین بودن راندمان آبیاری و بهره‌وری آب، توجه ناکافی به استحصال آب از منابع نامتعارف، کم توجهی به عملیات آبخیزداری و آبخوان‌داری
۱۵. تغییر کاربری اراضی و خرد شدن اراضی کشاورزی، پایین بودن سهم خاک‌های کلاس ۱، ۲ و ۳، پایین بودن درصد ماده آلی خاک، متعادل نبودن عناصر غذایی و پایین بودن حاصلخیزی خاک، وجود درجات مختلف شوری و بالابودن میزان فرسایش خاک
۱۶. تغییر اقلیم و کاهش بارش، افزایش تبخیر و تعرق، افزایش میانگین دما، خسارات سنگین ناشی از مخاطرات اقلیمی و حوادث غیرمترقبه و اپیدمی بیماری‌های انسانی، دامی و گیاهی

۱۷. کاهش توان اکولوژیک جنگل‌ها و مراتع کشور، پایین بودن سرانه جنگل، نارسایی در حفاظت و صیانت از منابع طبیعی و تغییر کاربری عرصه‌های طبیعی، نامتناسب بودن عملیات آبخیزداری با نیاز کشور و گسترش پدیده بیابان‌زایی

۱۸. توجه ناکافی به روستا و توسعه آن، کم توجهی به زندگی عشایری و نبود سیاست جامع توسعه روستایی و عشایری، مشخص نبودن متولی امور روستا

۱۹. نامتوازن بودن تراکم و توزیع جغرافیایی جمعیت در مناطق شهری و روستایی، رشد سه برابری جمعیت سالمندان (۶۰ ساله و بیشتر)، نارسایی آموزش‌های همگانی و فرهنگ‌سازی و جلب مشارکت جامعه در کلیه زمینه‌های مرتبط با امنیت غذایی

۲۰. نبود یا نقص در زنجیره ارزش، یکپارچه نبودن مدیریت زنجیره ارزش محصولات کشاورزی

۲۱. قاچاق و خروج برخی محصولات کشاورزی یارانه‌ای تولید داخل و وارداتی به کشورهای همسایه و منطقه، ضعف قرنطینه گیاهی و دامی در برخی از این کشورها و عدم ثبات و در اولویت قرار نداشتن تعاملات بازرگانی در بخش کشاورزی با برخی از کشورهای همسایه و منطقه

۲۲. نبود نظام مدیریت جامع، هوشمند، کارآمد، مشارکت‌پذیر، تحول‌گرا و پاسخگو در خصوص امنیت غذایی و فقدان نظام هوشمند سنجش، پایش و ارزیابی مستمر شاخص‌های مرتبط با امنیت غذایی.

در جمهوری اسلامی ایران براساس سیاست کلی برنامه هفتم (۱۴۰۱/۰۶/۲۰)، جهت‌گیری‌های تأمین امنیت غذایی و تولید حداقل ۹۰ درصد کالاهای اساسی و اقلام غذایی در داخل، همراه با حفظ و ارتقاء ذخایر ژنتیکی و منابع آبی و افزایش سطح سلامت و ایمنی مواد غذایی، اصلاح الگوی کشت با توجه به مزیت‌های منطقه‌ای و منابع آبی و با اولویت‌بخشی به تولید کالاهای راهبردی کشاورزی، استقرار نظام مدیریت یکپارچه منابع آب کشور و افزایش بهره‌وری حدود پنج درصدی آب کشاورزی، کنترل و مدیریت آب‌های سطحی و افزایش منابع زیرزمینی آب از طریق آبخیزداری و آبخوان‌داری، برنامه‌ریزی برای دستیابی به سایر آب‌ها و بازچرخانی آب‌های صنعتی و پساب، هدف‌گذاری شده است.

براساس اصول علمی، خرد کارشناسی و پیش‌نویس سند ملی امنیت غذایی کشور، پیشنهاد می‌شود که در گام نخست و در طول سال‌های برنامه هفتم، ضمن توجه به تولید محصولات کشاورزی، توقف تخریب و بهره‌برداری ناپایدار از منابع پایه مانند آب، خاک و تنوع زیستی به طور جدی مورد توجه قرار گیرد. در صورت دستیابی به این هدف، این فرصت به وجود می‌آید که روند احیاء منابع پایه آغاز شود. البته لازمه تحقق این اهداف، جهش سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی به عنوان بخش دارای بیشترین نقش در امنیت غذایی است. ارتقاء ضریب خودکفایی کالاهای اساسی و اقلام غذایی نیز فقط از طریق کاهش عملکرد، کاهش تلفات و ضایعات، اجرای الگوی بهینه کشت در چارچوب آب قابل برنامه‌ریزی، اصلاح الگوی مصرف و افزایش ضریب نفوذ دانش و فناوری و بهره‌وری در طول زنجیره ارزش غذا امکان‌پذیر است. افزایش ضریب خودکفایی نهاده‌های مورد نیاز نیز با نفوذ دانش و فناوری و بسترسازی برای مشارکت بیشتر بخش غیردولتی، میسر است.

منابع

- دبیرخانه تدوین سند ملی دانش‌بنیان کشاورزی و غذا. ۱۴۰۰. سند ملی و راهبردی تحول امنیت غذایی ۱۴۱۰-۱۴۰۱. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. به سفارش شورای عالی انقلاب فرهنگی.
- El Bilali H., Callenius C., Strassner C. and Probst L. 2019. Food and nutrition security and sustainability transitions in food systems. Food and energy security, 8(2): e00154.
- von Braun J., Afsana K., Fresco L., Hassan M. and Torero M. 2021. Food systems—definition, concept and application for the UN food systems summit. Sci. Innov, 27.
- World Food Summit. 1996. Rome Declaration on World Food Security. Rome, Italy.

Article Type: Regular Article/Conceptual paper

نوع مقاله: پژوهش بنیادی/مفهومی

Water and Food Security in Ecological Planning (with an Emphasis on the Ecosystem Challenge and Nexus Approach in Developing the 7th Development Plan)

M. Maham

Assistant Professor of Culture and Social Studies Research Institute of Islamic Culture and Thought, Tehran, Iran.

maham812002@yahoo.com

Received: 21-04-2023

Revised: 03-06-2023

Accepted: 03-06-2023

Available Online: 20-06-2023

امنیت آبی و غذایی در برنامه‌ریزی اکولوژیک (با تأکید بر چالش اکوسیستمی و رویکرد همبستی در تدوین برنامه هفتم)

محمود مهام

استادیار پژوهشکده فرهنگ و مطالعات اجتماعی، پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی، تهران ایران.

maham812002@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳

Abstract

The question of security is a fundamental question of survival and life (structure-function-performance of life systems). Water and food is a strategic necessity for the life, independence and interaction of any society (earth-soil, plant-livestock, socio-economic). Therefore, we are facing a biological and ecological question (search based on the link between natural and social domains). A central idea on the connection of natural and social spheres and the assumption of the article is the geographical and historical discontinuity and therefore the (temporal-place-spatial disconnection) resulting from the implementation of development programs and budgets in the country. Therefore, the main issue is the challenge of how to raise the question of water and food security in the 7th plan. In other words, the main question-challenge is how to design and implement water and food security in connection with the social environment. The gradual and continuous disconnection of societies from land on the one hand and the separation of scientific fields (social sciences, technical-engineering and medical sciences and animal medicine) on the other hand, have hindered the correct design of the problem in development programs. The gap between the biological and social spheres makes the scientific-operational efforts of water and food fruitless. The 7th plan, as the first program benefiting from the national land planning document after the Islamic revolution, is the best starting point for re-designing the country's development movement based on land use planning as biophysical land planning. Adopting a critical method influenced by the ecological approach to programming and budgeting is a way to analyze of biological changes with an emphasis on water and food security. It seems that in the first step, conceptual revision through linking and correlation, such as the correlation of "culture-biosphere-technology" and the creation of a composite interdisciplinary and transdisciplinary toolbox, can reveal a new formulation of the problem.

Keywords: Biophysical Planning, Social Hydrology, Ecological Programming, Plant Diversity, Nexus.

چکیده

پرسش از امنیت، پرسشی بنیادین از پی‌ریزی بقاء و از زیست (ساختار-کارکرد- عملکرد سامانه‌های حیات) می‌باشد. آب و غذا برای حیات، استقلال و تعامل هر جامعه‌ای ضرورتی استراتژیک (زمینی-خاکی، گیاهی-دامی، اجتماعی-اقتصادی) است. بنابراین با پرسشی زیستی و اکولوژیک (جستجو بر پایه پیوند حوزه‌های طبیعی و اجتماعی) روبه‌رو هستیم. پیش‌فرض مقاله عبارت از گسست جغرافیایی و تاریخی (ناپیوندی زمانی-مکانی-فضایی) حاصل از اجرای برنامه و بودجه‌های توسعه در کشور است. از این‌رو، مسأله اصلی بر چالش چگونگی طرح پرسش از امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم استقرار دارد. به بیان دیگر، پرسش-چالش اصلی همانا چگونگی طراحی و اجرای امنیت آبی و غذایی در پیوند با فضای اجتماعی است. گسست تدریجی و مستمر جوامع از سرزمین و زمین از یک سو و جدایی کلان حوزه‌های علمی (علوم اجتماعی، فنی-مهندسی و علوم پزشکی و دام پزشکی) از سوی دیگر، مانع طرح صحیح مسأله در برنامه‌های توسعه شده است. شکاف میان حوزه‌های زیستی و اجتماعی تلاش‌های دانشی- عملیاتی آبی و غذایی را بی‌ثمر می‌سازد. برنامه هفتم به‌عنوان اولین برنامه بهره‌مند از سند ملی آمایش سرزمین پس از انقلاب اسلامی، بهترین نقطه آغاز برای بازطراحی حرکت توسعه کشور بر مدار آمایش سرزمین به مثابه برنامه‌ریزی بیوفیزیکی سرزمین است. اتخاذ روش انتقادی متأثر از رویکرد اکولوژیک به برنامه‌نویسی و بودجه‌ریزی راهگشای تحلیل تغییرات زیستی با تأکید بر امنیت آبی و غذایی می‌باشد. به نظر می‌رسد در گام نخست، بازنگری مفهومی از طریق پیوندشناسی و همبست‌سازی نظیر همبست «فرهنگ- زیست‌بوم-فناوری» و ساخت جعبه ابزار مرکب بین رشته‌ای و فرارشته‌ای می‌تواند صورت‌بندی جدیدی از مسأله را آشکار سازد. **واژه‌های کلیدی:** برنامه‌ریزی بیوفیزیکی، آب‌شناسی اجتماعی، برنامه‌نویسی اکولوژیک، تنوع گیاهی، همبست.

تقلیل گرابی و ساده سازی پیچیدگی مسائل آبی و غذایی از یک سو و چالش‌های برنامه‌نویسی و بودجه‌ریزی اجتماعی-اکولوژیک از سوی دیگر، مانع از پیوندشناسی مسائل شده‌اند. بنابراین، گریزناپذیری شکست‌وبی‌نتیجه‌مانند هزینه‌های طبیعی-انسانی-مالی و فناوریانه دور از انتظار نخواهد بود. «برنامه تأمین امنیت غذایی برای جمعیت در حال رشد جهان با چالش‌های زیادی مواجه خواهد بود چرا که امروزه منابع آب و زمین کمیاب‌تر از گذشته هستند و ظرفیت رشد عملکرد تولید نیز نسبت به قبل محدودتر شده است. البته این امر، معیار خوبی برای پیش‌بینی و قضاوت در مورد آینده نخواهد بود» (فائو، ۱۳۹۳). «جوامع ما از ارتباط حقیقی با دنیای جانوری و گیاهی دست برداشته‌اند و فاصله فرهنگی جدیدی میان انسان و تغذیه به وجود آمده است. باید از فروکاستن مسأله زراعی و غذایی به سطح تولید انبوه دست برداریم. مسأله امنیت غذایی را نمی‌توان تنها به سطح مسأله تولید حجم‌های مواد اولیه زراعی، و به خصوص حبوبات، فروکاست» (هرویو، ۱۳۸۳). «بسیاری از کشورها هنوز تصویری روشن از پیوستگی آب و غذا ندارند و اقدامی برای امنیت کشاورزی خود نمی‌کنند. آب وقتی تجدیدپذیر است که به فرایندهای اکولوژیک ثبات‌دهنده به چرخه‌های آب توجه شود. از ضرورت حفظ یکپارچگی اکولوژیکی و بهره‌وری غفلت شده است» (پوستل، ۱۳۸۳). از این رو، شایسته است روابط یاد شده که متعلق به حوزه‌های مختلف در مقیاس‌ها و مرزهای متفاوت زیستی هستند، در چارچوب پیوندی و همبستگی، مورد توجه و تأمل قرار گیرند. «مقوله همبست یا پیوند در ابتداء نشست جهانی اقتصادی در سال ۲۰۰۸ شکل گرفت؛ اما در چند سال گذشته نقش مهمی را در ادبیات جهانی پیدا کرده است» (صفایی و همکاران، ۱۳۹۹). برنامه‌ریزی در زمینه همبست، مسأله‌ای چالش برانگیز است (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸). امنیت منابع طبیعی (مانند آب) و محصولات طبیعت پایه (مانند غذا) در کلان حوزه طبیعی، و برنامه‌نویسی و بودجه‌ریزی در کلان حوزه اجتماعی و انسانی، موضوعیت دارند. به بیان دیگر، در نگاه ابتدایی و خام، تحلیل‌های آبی و غذایی، مستقل و جدا از تحلیل‌های توزیع و تخصیص منابع (طبیعی و اجتماعی) قرار دارند، در حالی که از منظر اکوسیستمی و بوم‌شناختی به نظر می‌رسد پاسخ‌گویی به امنیت منابع طبیعی در «برنامه‌ریزی»، در گرو پیوندشناسی حوزه‌های «طبیعی و اجتماعی» و طراحی مسأله در چارچوب همبست^۱ است، به نحوی که پیوندهای متنوع و متفاوت ولی مرتبط و شبکه‌ای را آشکار سازد. در این راستا، همبست «فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری» قابل توجه است. این پیوندشناسی مرکب، فراتر از همبست‌های شناخته شده و رایج نظیر همبست «آب-انرژی-غذا»^۲ است که منحصر به پیوندشناسی در حوزه طبیعی است. امنیت آبی و غذایی تابعی از تفکر برنامه‌ریزی و بودجه‌نویسی است؛ زیرا اساساً «برنامه» و «بودجه» پیوندی ناگسستنی با یکدیگر دارند. از این رو،

پرسش-چالش اصلی عبارت است از اینکه امنیت آبی و غذایی چگونه می‌تواند در پیوند با حوزه اجتماعی، طراحی و اجرا شود؟ روشن است مسیر حل پرسش-چالش باید از پیوندهای بین رشته‌ای و فرارشته‌ای عبور می‌نماید. «علوم توسعه پایدار به عنوان حوزه تعاملی از تحقیقات بین سامانه‌های طبیعی و اجتماعی و چگونگی اثرپذیری متقابل چالش‌های پایدار توصیف شده است. علوم توسعه پایدار در درجه اول مرتبط با علوم کشاورزی و بهداشت و مولفه‌های دانش کاربردی و با تعهد به تحرک چنین علمی درون فعالیت‌های اجتماعی وارد شده‌اند. بسیاری از سوالات پژوهش توسعه پایدار نیز نیاز به یکپارچه کردن علوم مهندسی و انسانی با روش‌ها و سنت‌های متفاوت آن‌ها دارد» (گزارش توسعه پایدار جهانی، ۱۳۹۵). به عنوان مثال، دیسپلین علمی جدیدی با عنوان «هیدرولوژی اجتماعی»^۳ شکل گرفته است که بر باهم‌نگری عوامل اجتماعی و طبیعی برای بر طرف نمودن ضعف روش‌های هیدرولوژیک تأکید دارد (جباری و حسین پور، ۱۳۹۹). باید توجه داشت این پیوندشناسی‌ها بدون تعاملات زیست‌پایه در سطوح بیولوژی و فیزیولوژی به سرانجام نخواهند رسید. به عنوان مثال، به هم پیوستگی فون و فلور و درک اکولوژیک ژرف نباید در فرایند تعاملات بین رشته‌ای و فرارشته‌ای مورد غفلت قرار گیرند. بنابراین، پرسش از چگونگی تمهید چنین پیوندی برای امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم، به جا و آینده‌نگرانه است.

- برنامه هفتم به مثابه نقطه آغاز برنامه‌ریزی اکولوژیک

برنامه هفتم به عنوان اولین برنامه پس از تصویب سند ملی آمایش سرزمین در ۱۳۹۹/۱۲/۱۱ می‌تواند آغازگر پیوند ساختاری-کارکردی حوزه‌های طبیعی و اجتماعی در فلات ایران باشد؛ یعنی طراحی توسعه‌ای آمایش پایه و آگاه به روندهای تغییرات بیوفیزیکی سرزمین در مقیاس‌های ملی و زیست‌کره انجام شود. الگویی در برنامه‌ریزی که بوم‌پایه نوشته می‌شود و بوم‌شناسی را متکی بر تنوع زیستی اعم از تنوع طبیعی و تنوع اجتماعی و تغییرات فراوری آن‌ها انجام می‌دهد. این درک اکوسیستمی در آمایش سرزمین، مبتنی بر شناسایی و ارزیابی استعدادهای طبیعی و اجتماعی است. برنامه‌ریزی‌ای که واقع‌بینانه، خلاقانه، منصفانه، عادلانه، حافظ میراث سازمان فضایی کشور و آینده‌نگرانه می‌باشد. در این صورت، امنیت‌سازی آبی و غذایی در برنامه هفتم باید با توجه به تغییرات مجتمع‌های زیستی و سازمان فضایی کشور از یک طرف و متناسب با پیش‌ران‌های تغییرات یعنی تغییرات زیستی و فناوریانه در مقیاس زیست‌کره و ظرفیت‌های بومی (طبیعی و اجتماعی) از طرف دیگر در نظر گرفته شود. امنیت‌سازی بوم‌شناختی، فراتر از مباحث تقلیل‌گرایانه آبی و غذایی است. گذر از این تقلیل‌گرایی در گرو صورت‌بندی و مفصل‌بندی جدید می‌باشد که اساساً شناخت دیگری از مسأله را موجب می‌شود که پایه جدید سازه امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم به مثابه نقطه آغاز برنامه‌ریزی اکولوژیک خواهد بود.

جهانبینی و چگونگی تعامل با محیط از یک سو و واقعیات زمینی و ژئومورفولوژیک از سوی دیگر، به‌صورتی توأمان برای مطالعه و تحلیل واقع‌بینانه امنیت آبی و غذایی کشور، ضروری هستند. همان‌طور که گفته شد مسأله امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم، در واقع، مسأله‌ای اکوسیستمی است. بنابراین، نیازمند برنامه‌ریزی و بودجه‌نویسی اکوسیستمی می‌باشد. اینکه برنامه‌ریزی و بودجه‌نویسی اساساً چه ظرفیت و سوابقی در این زمینه دشوار و دیرپا دارد، مسأله‌ای جداگانه و خارج از بحث اصلی این مقاله است. نکته مهم این است که طراحی و تدوین چنین برنامه و بودجه‌ای در گرو بهره‌مندی از اسناد مصوب (ملی و استانی) آمایش سرزمین می‌باشد. به‌این ترتیب، روشن می‌شود درک اکوسیستمی امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم به میزان و کیفیت پیوستگی این برنامه با اسناد ملی آمایش سرزمین بستگی دارد. همچنین ملاحظه اکولوژیک امنیت آبی و غذایی در برنامه، به قابلیت و توان‌مندی در بازنگری شیوه‌های رایج وابسته است. از این‌رو، بازنگری شناختی منابع طبیعی و اجتماعی و پیوند متقابل آن‌ها، مهم و حیاتی است.

باتوجه به موقعیت برنامه هفتم در بهره‌مندی از سند ملی آمایش سرزمین، کل‌نگری نسبت به منابع طبیعی و محصولات بوم پایه ایجاب می‌کند، زیست‌مایه‌ها^۵ و^۶ مورد توجه جدی قرار گیرند. آب به مثابه بُن‌مایه زیست در سطوح بیولوژی و فیزیولوژی و اکولوژی باید با تنوعی که در سرزمین دارد، شناخته شود. صورت‌های برفی و سیلابی در کنار آب‌های رودخانه‌ای و در ژرفا و زیرزمین و لابلای سنگ‌ها و کارست همگی با هم و به‌عنوان یک پیکره آبی در مقیاس سرزمین مد نظر قرار گیرند. تولید داده و اطلاعات مبتنی بر ترکیب سبب آبی و رژیم‌های مختلف آبی کشور باشد. زمین‌شناسی آب، محوریت داشته باشد. در این‌صورت، کوهستان و دره و گسل^۷ حائز اهمیت خواهند شد. این شناخت منابع آبی، شناختی صرفاً فنی-مهندسی نیست، بلکه شناختی فنی-اجتماعی و فنی-پزشکی نیز می‌باشد. به‌این ترتیب، آمایش منابع سرزمین و انتظار از آن‌ها -یعنی محصولات سلامت‌ساز بر پایه استعدادهای سرزمینی و ویژگی‌هایشان- صورت‌بندی متفاوتی از آب و غذا به‌دست خواهند داد.

هم‌پیوند و هم‌بست‌های رایج آب و غذا عبارتند از: «آب و انرژی»، «غذا و خاک»، «غذا و دارو»^۸. گفتنی است نمی‌توان از امنیت آب و غذا بدون توجه به امنیت انرژی و خاک بحث کرد. این به هم پیوستگی وقتی قابل تحلیل است که جاری شدن آب بر زمین، حرکت آب در خاک، جریان آب در سنگ و ضرورت یا تأثیر آن‌ها برای تولید غذا اعم از گیاهی و حیوانی مورد توجه قرار گیرند. به بیان فشرده، محتاج بازگشت به زمین هستیم. این بازگشت صرفاً

ابعاد فنی ندارد، بلکه بازگشتی شناختی است که به درک اجتماعی زمین وابسته است. زمین‌شناسی اجتماعی به روابط دو سویه جامعه و زمین می‌پردازد و فراتر از «علوم زمین برای جامعه»^۹ است. به‌عنوان مثال، این پیوندشناسی‌ها فرصتی فراهم می‌سازند که در حوزه امنیت آبی و غذایی، سرفصل‌های کاری و تحقیقاتی جدید و مهم مانند ژئوبوتانی^{۱۰} و^{۱۱}، اتنوبوتانی^{۱۲} و^{۱۳}، زمین‌شناسی پزشکی^{۱۴} و اتنوفارماکولوژی^{۱۵} و^{۱۶} مطرح شوند. برای حرکت در این مسیر ناهمگون و ترکیبی باید به پیوندها و تلفیق‌های اکولوژیکی رو آوریم. از این‌رو، ضروری است همبست، تک‌حوزه‌ای و محصور در حوزه طبیعی نباشد و حوزه‌های طبیعی و اجتماعی را به‌صورتی توأمان در بر گیرد. به نظر می‌رسد همبست «فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری» می‌تواند ابعاد متنوع پرسش-چالش یاد شده را به خوبی مطرح سازد و فرصت تامل و تحلیل در مورد آن‌ها را در گروه‌های مطالعاتی و تحقیقاتی بین رشته‌ای و فرا رشته‌ای فراهم سازد. در این صورت، پشتوانه مناسب دانشی برای سیاست‌گذاری بوم پایه و برنامه‌ریزی بر اساس آمایش سرزمین ساخته می‌شود. در این راستا، پرسش‌های سه لایه از سه منظر؛ فرهنگ و زیست بوم و همچنین فناوری متناسب با آن‌ها مطرح می‌شوند. پرسش‌های زیر، نمونه‌ای از این سوالات ترکیبی هستند:

- زمین‌شناسی آب از سه منظر به هم پیوسته «فرهنگ-زیست‌بوم-فناورانه» چگونه است؟
- زمین‌شناسی کشاورزی در همبست «فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری» چگونه تحلیل می‌شود؟
- زمین-گیاه‌شناسی و زمین-دام‌شناسی-مردم‌شناسی در همبست «فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری» چگونه‌اند؟
- پیوندشناسی «زمین-گیاه-انرژی» در چارچوب همبست «فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری (بومی و نو)» چه آینده‌ای را در روابط اکولوژی و انرژی رقم خواهد زد؟
با طرح پرسش-چالش‌های بالا، سازه و سامانه پرسش‌های معطوف به برنامه‌ریزی‌های توسعه از جمله برنامه هفتم فراهم می‌شود؛ پرسش‌های فوق و نظایر آن‌ها چه جایگاهی در برنامه‌ریزی و البته بودجه‌ریزی دارند؟ استعدادشناسی و اولویت‌گذاری و مأموریت‌شناسی برنامه و بودجه سالانه نسبت به زمین و بهره‌وری طبیعی و اجتماعی آن چگونه است؟ سرفصل‌های آب و غذا چگونه در برنامه و بودجه، طراحی شوند تا پایداری و مانایی اجتماعی را موجب شوند؟ قابل توجه است که دهه‌ها قبل حداقل در سطح تحقیقاتی، تأکید شد که «مطالعه کامل یک رشته تولیدی از لحاظ جغرافیای اقتصادی عمومی وقتی صورت قبول می‌پذیرد که جنبه سیاره‌ای و جهانی آن از خاطر دور نشود. در این مطالعه هرگز نباید فراموش شود که ما تا چه اندازه به زمین و در نتیجه مبانی جغرافیای طبیعی متکی هستیم (ودیکی، ۱۳۵۰). همچنین تأکید شد «شناختن زمین، نخستین گام در اداره آبخیز است» (کوثر، ۱۳۷۴).

به نظر می‌رسد حلقه‌های مفقوده‌ای چون کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی وجود دارد که ناشی از وجود خلأ دانشی، ضعف در شناخت اجتماعی پدیده‌های طبیعی و فقدان شبکه‌های پژوهشی و همکاری‌های علمی بین رشته‌ای و فرا رشته‌ای است. این وضعیت از ضرورت وضعیت‌سنجی هشجاری اجتماعی نسبت به محیط از یک سو و چگونگی محیط‌شناسی در کلان حوزه‌های علمی (علوم اجتماعی، فنی-مهندسی، علوم پزشکی و دام‌پزشکی) از سوی دیگر پرده بر می‌دارد.

ناگفته نماند که نباید پویایی زمین و عوامل متنوع و موثر بر آن، نادیده گرفته شوند. مفاهیمی چون زیست ژئومورفولوژی^{۱۸} که «روابط پیچیده و دو طرفه بین سیستم‌های بیولوژیکی، اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی را در طیف وسیعی از مقیاس‌های فضایی و زمانی مورد توجه قرار می‌دهد» (Viles, 2019) و ژئواکودینامیک^{۱۹} که «تلاش برای درک هر چه بهتر شکل زمین و رمزگشایی از پویایی آن و کاربست مفاهیم و دانش مربوط به زمین و علوم زیستی در یک ترکیب بین‌رشته‌ای»^{۲۰} (Cotterill, 2011) را مطالعه می‌نمایند، قابل توجه‌اند. اجرای پروژه‌های زمان‌بر و دشواری چون پروژه بیوژنوم زمین^{۲۱} با هدف تعیین «استانداردهای تجزیه و تحلیل»^{۲۲} برای توالی، فهرست‌بندی و مشخص کردن ژنوم‌های همه تنوع زیستی یوکاریوتی^{۲۳} زمین در طول یک دوره ده ساله^{۲۴} در همین راستا طراحی و اجرا شده‌اند. در دهه پایانی قرن بیستم با گسترش پارادایم تنوع زمینی، زمین‌شناسی فرهنگی^{۲۵} -که بخش اجتماعی علوم زمین را تشکیل می‌دهد- مطرح شد، روابط زمانی-مکانی را در ارتباط با سایر اجزاء فرهنگی بررسی می‌کند و عامل تعیین کننده در آن، تاریخ جامعه انسانی است (خوش‌رفتار، ۱۳۹۷). در قرن بیست و یکم همه مشکلات محیط زیستی، از گرم شدن هوا تا آلودگی اکوسیستم‌های زمینی، همه در یک جنبه مشترک‌اند: ضرورت پیوند بین نظام‌های اکولوژیکی طبیعی و اجتماعی برای مقابله با مدیریت نامناسب و پیچیدگی‌های اکوسیستمی از سوی انسان (بولن و هاوس، ۱۳۹۲). پژوهش‌های تنوع زیستی به آمیخته‌ای از رهیافت‌های دانش‌های طبیعی و اجتماعی استوارند (نانز و همکاران، ۱۳۸۴). تنوع زیست فرهنگی^{۲۶} به رابطه بین تنوع بیولوژیکی و فرهنگی اشاره دارد (Eriksoon, 2018). تنوع زمینی نیز که پراکنش طبیعی از پدیده‌های زمین‌شناسی (سازندها، کانی‌ها، فسیل‌ها)، ژئومورفولوژی (لندفرم‌ها، فرایندهای فیزیکی، هوازدگی) و خاک‌شناسی است، اولین بار در تاسمانیا (استرالیا) در اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی به کار برده شد. دانشمندان استرالیایی در تاسمانیا بر این امر تأکید داشتند که نوعی تطابق و هماهنگی بین تنوع زیستی و تنوع در جهان غیر زنده وجود دارد (سپهر، ۱۳۹۱). بر پایه چنین تغییرات شناختی از روابط محیطی است که درک بیوفیزیکی تغییرات، جایگزین درک فیزیکی می‌شود و آمایش سرزمین فراتر از تغییرات کالبدی و

فعالیت‌های شرکت‌های مهندسی مشاور شناخته می‌شود. «تنوع زیستی دارای اطلاعات حیاتی و راه‌حلهایی است که در مقابله با مشکلات و چالش‌های جهانی به ما کمک می‌کند و باید از آن محافظت شود» (Schaal, 2019). روشن است که تمهید امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم از مناظر پیوندی بالا، صورت‌بندی و مفصل‌بندی متفاوتی از مسأله را آشکار می‌سازد که واقع‌بینانه و آینده‌نگرانه است.

باید توجه داشت در طول تحقیقات تصاعدی در طی سالیان بسیار، «پیوند متقابل روش‌های بین رشته‌ای، تهیه داده‌های رقومی بیوفیزیکی و اجتماعی با وضوح فضایی بالا، پیشرفت‌های روزافزون محاسباتی و دورنگای تحلیل‌های پیچیده سیستم‌های انسانی-محیطی، مسبب تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر و بهتر، هم اکنون دست‌یافتنی شده‌اند. با این وجود، تحلیل سیستم تعاملی بین انسان و محیط زیست همیشه باید در زمینه خود انجام شود. مبارزه جانانه بین نظرات انسان محورانه و محیط محورانه درباره آینده سیستم کره زمین، میدان مبارزه‌ای عمده در قرن ۲۱ خواهد بود. به این جهت، زمینه و متن از اهمیت برخوردار می‌باشند» (آسپینال و جی هیل، ۱۳۹۲). لذا باید پرسید امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم بر پایه کدام چارچوب و نظریه توسعه در نظر گرفته شده است؟ از چه نوع همبست‌هایی استفاده می‌کند؟ و چه نسبتی با همبست بین حوزه‌ای و فراحوزه‌ای «فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری» دارد؟ امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم چه نسبتی با امنیت مجتمع‌های زیستی و تغییرات فناورانه یافته است؟ از آن‌جا که «تبادل و ارتباط غیر منقطع مدنی در این سرزمین، نوعی هم‌گرایی منطقه‌ای و پایداری هویتی مکانی را به وجود آورده است که سبب پیچیدگی‌های اسرارآمیز مردم ساکن در این سرزمین شده» (رامشت و بابا جمالی، ۱۳۸۸) بنابراین، برنامه هفتم نمی‌تواند امنیت آبی و غذایی را منفک از تغییرات مدنی و الزامات زیست جمعی در وسعت سرزمینی (فلات ایران) و تعاملات جهانی در نظر بگیرد. کلان‌نگری آمایش سرزمینی در تدوین برنامه هفتم ایجاب می‌کند دستیابی به امنیت آبی و غذایی در پرتو روندهای تغییرات بیوفیزیکی سیمای سرزمین و ساختار اجتماعی مکان شناخته شود.

راهبرد جایگزینی؛ جایگزینی جعبه ابزار مرکب مفهومی با جعبه سیاه

عقب‌ماندگی تحلیلی و رویکردی متأثر از غلبه پارادایم رقابت^{۲۷} در علوم اجتماعی رایج، موجب ناتوانی در شناسایی سازمان‌های کار یاریگرانه در جوامع انسانی شده است. از این‌رو، به طریق اولی طی دهه‌ها از شناخت روابط متقابل در حوزه طبیعی^{۲۸} و همچنین اندرکنش حوزه‌های طبیعی و اجتماعی بازمانده است. با تشدید تخریب سرزمین در مقیاس زیست‌کره^{۲۹} و مواجه شدن با پرسش-

چالش اصلی؛ پیوندشناسی حوزه‌های طبیعی و اجتماعی، ازجمله مسأله امنیت آبی و غذایی، ضرورت اتخاذ رویکرد کل‌نگرانه، یاریگرانه و تعریف فعالیت‌های بین رشته‌ای و فرا رشته‌ای آغاز شده است. نباید از دشواری کل‌نگری و پیوندشناسی یاریگرانه در حوزه‌های طبیعی و انسانی غافل شد زیرا «حتی در میان کسانی که بر پیوند منطقی بین اکولوژی، جامعه‌شناسی و اقتصاد تأکید دارند، تعداد اندکی بر اهمیت و اولویت پایداری برای جامعه انسانی توجه نشان داده‌اند» (بولن و هاوس، ۱۳۹۲). با این وجود، رفته رفته به تدریج اهمیت و ضرورت درک اجتماعی-اکولوژیک، محققان حوزه‌های طبیعی و اجتماعی را مجبور به بازنگری رویه‌های پیشین کرده است. پیامدهای این تغییرات رویکردی، می‌بایست در تهید امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم به مثابه برنامه‌ای آمایش پایه مد نظر قرار گیرد.

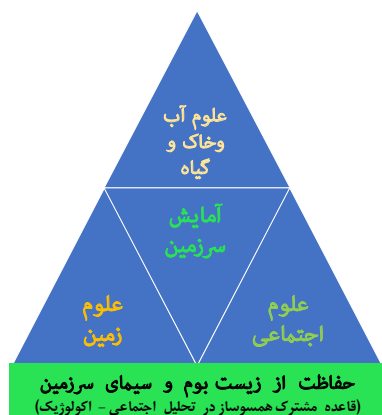
«بروز نگرانی‌های اکولوژیکی و محیط‌زیستی، و اجبار در نظر گرفتن توازن‌های سیاره‌ای توأم با ضرورت اداره «میراث گونه» هر قطعه زمین، صورت مسأله را کم و بیش به شکل تازه‌ای درآورده است» (هرویو، ۱۳۸۳). امروزه، ضرورت استقرار یک مفهوم وسیع‌تر و یک دستور کار وسیع‌تر آشکار شده است. «بحث پیرامون علم-سیاست باید به‌طور گسترده تعریف شود، این بحث نه تنها شامل علوم فیزیکی و طبیعی بلکه علوم اجتماعی را نیز در بر می‌گیرد» (گزارش توسعه پایدار جهانی، ۱۳۹۵). «آگروفاستری به‌عنوان یک سیستم پایدار بهره‌برداری از زمین با ویژگی‌های فرهنگ و اجتماعی محلی، شرایط و اکولوژیک منطقه» (چوندوات، ۱۳۸۳) مورد توجه قرار گرفته است. بهره‌برداری از زمین به شکل آگروفاستری در مناطق خشک، راه‌حلی برای مسائل جهانی نظیر امنیت غذایی، بیابان‌زدایی و حفاظت از تنوع زیستی خواهد بود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات و تحقیقات منطقه‌ای کشاورزی-اکولوژیکی جهانی^{۲۰} (فائو، ۱۳۹۳) در دستور کار قرار می‌گیرند. رهیافت اکولوژی کشاورزی تنها کاربرد اکولوژی در کشاورزی نیست. اکولوژی کشاورزی باید ابعاد انسانی و اثرات آن‌ها را بر محیط کشاورزی از دیدگاه فرهنگی مد نظر قرار دهد. سیستم‌های کشاورزی در نتیجه تکاملی که بین فرهنگ و محیط رخ می‌دهد، توسعه پیدا می‌کنند و در کشاورزی پایدار، انسان و اجزای اکولوژیکی و روابط درونی که باعث تکامل بین این دو می‌شود اهمیت خاصی دارند. یکی از نقاط ضعف تحقیقات کشاورزی رایج، نگرش محدود و سطحی آن در تحلیل مشکلات تولید می‌باشد، به‌طوری که اثرات اجتماعی و اقتصادی کشاورزی نوین^{۲۱} نادیده گرفته می‌شود. در تحقیقات اکولوژی کشاورزی اشتباه مشابهی را نباید مرتکب شد. علاوه بر آن برای توجه بیشتر به اصول اکولوژیکی که کشاورزی در نهایت به آن وابسته است، تحقیقات اکولوژی کشاورزی باید کشاورزی را در مفهوم اجتماعی آن بشناسد. شناخت اکوسیستم‌های

کشاورزی به‌عنوان سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی این اجازه را به ما خواهد داد تا کیفیت اکوسیستم‌های کشاورزی را بر اساس اثرات دراز مدت استراتژی‌های ورودی-خروجی، اهمیت عنصر انسان برای تولید و رابطه بین اقتصاد و اجزای اکولوژیکی مدیریت اکوسیستم‌های پایدار کشاورزی ارزیابی نماییم. بسیاری از موسسات تحقیقاتی و ترویج کشاورزی موجود شروع به گنجاندن مطالعات پایداری به‌عنوان بخشی از برنامه‌های خود کرده‌اند ولی این موسسات همچنان از محدود بودن روش‌های مطالعاتی در تنگنا هستند. آن‌ها معمولاً به روش‌هایی که با استفاده کمتر از انرژی و نهاده‌ها باعث افزایش عملکرد و سود حاصله در مزارع می‌شود، توجه بیشتری دارند، درحالی‌که در این مطالعات اهمیت چندان به حفاظت از محیط‌زیست خارج از مزرعه داده نمی‌شود. همچنین در این مطالعات بسیاری از شرایط پیچیده اجتماعی و اقتصادی که بر مزارع و جوامع زارعین موثر است، نادیده گرفته می‌شود. به این ترتیب، زمان آن فرا رسیده است که این موسسات با دید وسیع‌تری به سیستم‌های تولید غذا و اکولوژی کشاورزی بنگرند (آرگلیسمن، ۱۳۹۴). توجه به اهمیت مقیاس و فرا رفتن از مقیاس‌های محدود، خرد و آزمایشگاهی در تحلیل تغییرات زیستی و توسعه مفهومی اکولوژی در قالب اکولوژی اجتماعی ضروری است. به بیان دیگر، کاربست ساختار و کارکرد مرزهای زیستی (طبیعی و اجتماعی) و تداخل آن‌ها با یکدیگر در تحلیل‌ها، صورت‌بندی متفاوتی از مسأله امنیت آبی و غذایی را آشکار می‌سازد که ماهیت اجتماعی-اکولوژیک در مقیاس زیست‌کره را خواهد داشت.

کوتاهی‌های اغلب جامعه‌شناسان شاید به تاسی از اگوست کنت (۱۷۹۸-۱۸۵۷) که قائل به تفکیک جامعه‌شناسی از زیست‌شناسی بود، باعث شد جایگاه مهم مباحث زیستی و اکولوژیک در مطالعات اجتماعی و انسانی طی دهه‌ها فعالیت‌های جامعه‌شناسانه از دست برود. ناتوانی جامعه‌شناسی در شناخت محیط و به‌هم پیوستگی‌های زیستی مانع از تولید تحلیل‌های اجتماعی-اکولوژیک در مسائل مختلف از جمله مسائل آبی و غذایی شده است. شکاف خطرناک و گسست دانشی میان حوزه‌های بیولوژی و فیزیولوژی و اکولوژی، بازاندیشی‌های زیستی را بر محور همبست‌های طبیعی-اجتماعی نظیر همبست فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری، ضروری ساخته است. برای دستیابی به درک بین رشته‌ای و فرا رشته‌ای از مسائل، محققان علوم طبیعی نیز فارغ از ضرورت‌های همکاری‌های علمی با کلان حوزه علوم اجتماعی نیستند. با این وجود، غالباً به‌صورت خام و یک‌سویه به تحلیل مسائل از جمله مسائل آبی و غذایی رفته‌اند. به‌عنوان مثال در گزارش کار گروهی انجمن جامعه‌شناسان آمریکا در زمینه جامعه‌شناسی و تغییر اقلیم جهانی آورده‌اند:

«به خوبی شناخته شده است که دیدگاه‌های علوم اجتماعی در مقابله با تغییرات اقلیمی جزء ناچیزی از گزارش‌های مهم ملی و

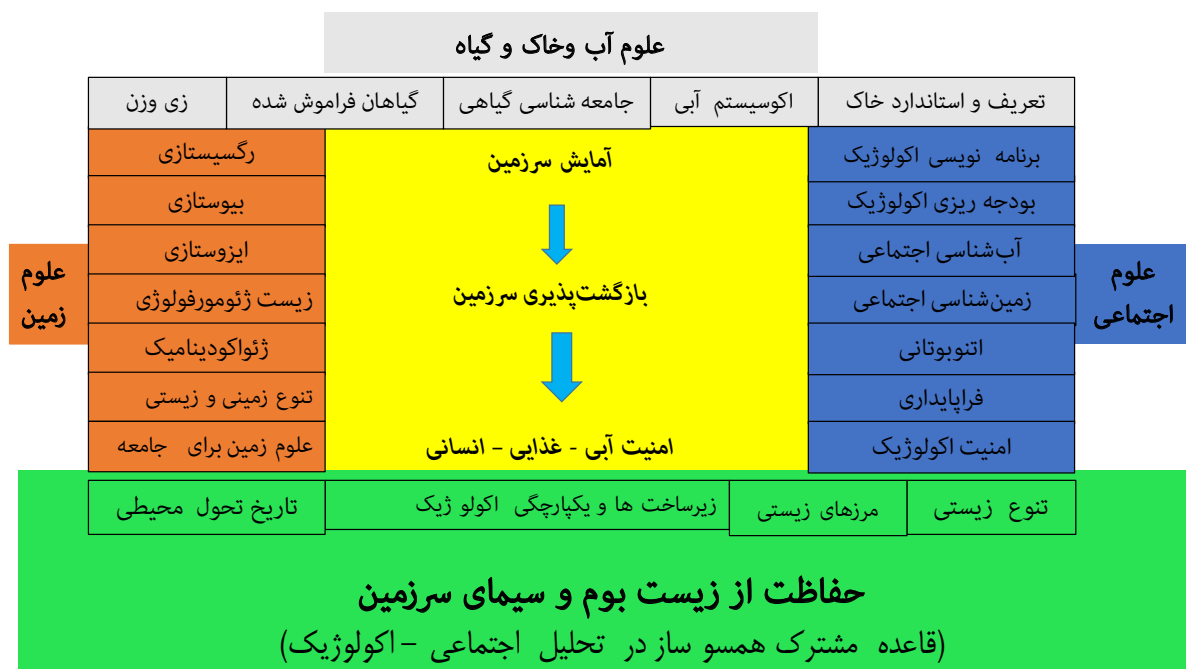
زیستی-فنی خود را بیابد. شکل (۱) طرح‌واره‌ای کلی از ارتباطات علمی با محوریت آمایش سرزمین را نشان می‌دهد.



شکل ۱- طرح‌واره کلی ارتباطات علمی با محوریت آمایش سرزمین

برای گام بعدی و عبور از این مرحله، پیشنهاد می‌شود جعبه ابزار مرکب مفهومی ساخته شود تا راه برای ساختن همبست فراهم شود. در این راستا، در شکل (۲) جعبه ابزار مفهومی مرکب «طبیعی-اجتماعی» ساخته شده است که اندرکنش آمایش سرزمین با امنیت آبی- غذایی- انسانی را نشان می‌دهد. هم‌افزایی این ارتباطات مفهومی بر پایه حفاظت از زیست‌بوم و سیمای سرزمین می‌باشد. قاعده مشترک همسوساز در تحلیل اجتماعی-اکولوژیک همانا مفاهیم مشترکی هستند که در علوم یاد شده، کاربرد و معنا دارند و پایه‌ای مهم در طراحی برنامه‌نویسی اکولوژیک و آمایش پایه مانند برنامه هفتم محسوب می‌شوند.

بین‌المللی در مورد این پدیده است. این بی‌توجهی به تحولات اقلیمی صورت گرفته به لحاظ تاریخی اصولاً ریشه در علوم طبیعی دارد. در سال ۱۹۸۲ شورای مشورتی ناسا کمیته علوم زمین را به ریاست فرانسیس برترتون^{۳۲} ژئوفیزیکست بر پا کرد. این کمیته پس از آن در سال ۱۹۸۶ یک گزارش مهم به نام «سیستم علوم زمین: برنامه‌ای برای تغییر جهانی» تهیه کرد. این گزارش شامل مدلی مفهومی است که روابط متقابل بین مولفه‌های سیستم‌های طبیعی زمین را نشان می‌دهد و در آن کارکرد سیستم زمین را در مقیاس‌های زمانی دهه‌های مربوط به قرن‌ها که نیروهای انسانی برجسته شده‌اند، مفهوم‌سازی می‌کند. این بخش گزارش سیستم زمین بسیار تأثیرگذار در توسعه برنامه‌های تحقیقاتی است که در حال حاضر زمینه جامع علم اقلیم را تشکیل می‌دهند. به‌ویژه قابل توجه است که چگونه نقش انسان مفهوم‌سازی شده است. در میان شانزده فرایند مختلف موجود در مدل (پویایی‌های اقیانوس، بیوگرافی شیمی دریایی و غیره)، تمام «فعالیت‌های انسانی» به یک منطقه واحد تحت عنوان جعبه سیاه جمع‌آوری شده است. بنابراین، از ابتدای تلاش تحقیقاتی تغییرات اقلیمی، علوم اجتماعی به حاشیه رانده شده و این در حاشیه ماندن ادامه یافته است. در نتیجه از منظر علم طبیعی، فعالیت‌های انسانی در جعبه سیاه شان باقی می‌مانند و عمدتاً غیرقابل دسترس هستند (دانلپ و جی برول، ۱۳۹۹). در چنین شرایطی، برای تأمین امنیت آبی و غذایی در برنامه‌های توسعه باید جعبه سیاه را رمزگشایی کرد و خواند. در ابتدا لازم است اصل پیوستگی حوزه‌های طبیعی و اجتماعی و وابستگی رشته‌های مرتبط به این حوزه‌ها با یکدیگر پذیرفته شود تا آمایش سرزمین ماهیت



شکل ۲- جعبه ابزار مفهومی مرکب «طبیعی- اجتماعی»

ضرورت توجه به محیط ایجاب می‌کند که در پیش‌برد راهبرد جایگزینی در طراحی برنامه هفتم به تغییرات سیاسی و سیاستی در مقیاس‌های فرا ملی توجه شود. همان‌طور که اصلاحات ادراکی و شناختی در حوزه‌های دانشی (طبیعی و اجتماعی) به پیش‌می‌روند به واسطه ارتباط علم - سیاست، از چند دهه قبل، تغییرات نهادی برای تأمین امنیت در مقیاس جهانی آغاز شده است. «بحث اصلاحات در سازمان ملل متحد به‌ویژه در دهه ۱۹۹۰ و اوایل هزاره جدید به دلیل وقوع تحولات ژرف در ساختار امنیتی بین‌المللی و روابط میان کشورها اهمیت بسزایی یافت» (بعیدی نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). در گزارش لاهه: پیش‌زمینه توسعه پایدار (از فکر تا عمل) آمده است: همین‌طور که مسائل توسعه، جنبه جهانی پیدا می‌کنند و حدود در آن عالم گیر می‌شود، نیاز مبرم برای ایجاد شورای امنیت توسعه احساس می‌شود. چنین شورایی باید به بررسی امنیت به‌صورت عام و وسیع آن بپردازد. به‌صورت امنیت برای مردم و نه فقط برای سرزمین، بلکه به تمام مسائل از جمله امنیت غذایی و امنیت اکولوژیکی بپردازد (پرانک و الحق، ۱۳۸۰). به بیان دیگر، مفهوم سرزمین نه فقط در دایره مطالعات طبیعی و لذا فیزیکی بلکه به مثابه منظومه‌ای از روابط و شبکه‌های طبیعی-اجتماعی و لذا مرزهای متداخل شناخته می‌شود که برنامه‌ریزی آمایش سرزمین را به برنامه آینده‌نگر بیوفیزیکی تبدیل می‌نماید. برنامه هفتم باید متأثر از سند ملی آمایش سرزمین و ملاحظه تغییرات مفهومی-نهادی امنیت در سطح جهانی، امنیت آبی و غذایی را در مقیاس‌های ملی و زیست‌کره به‌عنوان امنیتی فرا طبیعی و در پیوند با حوزه انسانی و اجتماعی مد نظر قرار دهد.

نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی‌های توسعه مبتنی بر تفکرات توسعه‌ای هستند و بسته به انتخاب رویکردهای مختلف در مباحث توسعه، نتایج متفاوتی را در حیات جوامع بشری و زیست‌بوم آن‌ها پدید آورده‌اند. با آشکار شدن کاستی‌های این برنامه‌ها، واگرایی‌های طبیعی و اجتماعی و نفی دانش‌ها و فناوری‌های بومی در طراحی برنامه‌های توسعه جای خود را به همگرایی‌های متنوعی داده است که در گرایش روزافزون به تحقیقات بین رشته‌ای و فرا رشته‌ای و تحلیل‌های پیوندی و همبستگی مشاهده می‌شود. مداخلات توسعه‌ای در سرزمین‌هایی که از حیات طبیعی-اجتماعی طولانی و دیرین، نظیر فلات ایران برخوردارند، پیچیدگی‌های بیشتری دارد. تأمین امنیت پایه یعنی امنیت آبی و غذایی برای استمرار و بهبود زیست در سرزمین، با اتکاء به رویه‌های پیشین در تحلیل مسئله نه تنها کافی نیست بلکه

مسیرهای اشتباهی را تجویز می‌نماید که تناسبی با بافت مجتمع‌های زیستی و تغییرات سیمای سرزمین ندارد. با درک مسئله امنیت آبی و غذایی به مثابه مسئله‌ای اکوسیستمی، چالش‌های مفهومی پیش از سایر چالش‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. برنامه هفتم می‌تواند به‌عنوان اولین برنامه برخورد از رویکرد آمایش سرزمین و اسناد مرتبط، آغازگر برنامه‌نویسی اکولوژیک در کشور باشد. این مهم در پیوند با بودجه‌ریزی اکولوژیک تحقق می‌یابد. از منظر دانشی ضروری است ارتباطات علمی بین رشته‌ای و فرا رشته‌ای با هدف‌گذاری بازگشت‌پذیری سرزمین، پرسش-چالش امنیت آبی و غذایی را در بستر و فضای تغییرات اجتماعی و فناورانه شناسایی نماید. درک آمایش سرزمین به مثابه برنامه بیوفیزیکی در طول زمان، کمک می‌کند راهبردهای پیوندی و همبستی در برنامه هفتم مورد توجه قرار گیرند. همبست فرهنگ-زیست‌بوم-فناوری می‌تواند ماتریسی از زاویه دیدهای متفاوت، ضروری و موثر در روندشناسی تغییرات آبی و غذایی را در پیوند با تغییرات اجتماعی ترسیم نماید. ابعاد به هم پیوسته مسئله امنیت آبی و غذایی در برنامه هفتم چنانچه به‌صورت اکوسیستمی صورت‌بندی شود مرزهای سیاره‌ای و زیستی و تغییرات آن‌ها بر پیش‌ران‌های تغییرات (زیستی و فناورانه) مد نظر خواهند بود. برنامه هفتم می‌تواند امنیت آبی و غذایی را جدا از تغییرات مدنی و بایستگی‌های الزامات زیست جمعی در وسعت سرزمینی (فلات ایران) و تعاملات جهانی در نظر بگیرد. از این‌رو، اهتمام به ساخت جعبه ابزار مفهومی مرکب برای درک پیوندی و همبستی امنیت آبی و غذایی کافی نیست و محیط‌شناسی برای کاربرست صحیح جعبه ابزار یاد شده ضروری است. در مقیاس ملی، ضرورت وضعیت‌سنجی هشپاری اجتماعی نسبت به محیط طبیعی و اجتماعی و چگونگی محیط‌شناسی در کلان‌حوزه‌های علمی (علوم اجتماعی، فنی-مهندسی، علوم پزشکی و دام‌پزشکی)، و در مقیاس جهانی نیز تحلیل تغییرات مفهومی-نهادی در شناسایی امنیت نظیر شورای امنیت توسعه برای طراحی برنامه هفتم به مثابه برنامه اکولوژیک پیشنهاد می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1-Nexus

2-Water-Energy-Food

۳- بازخوانی انتقادی پیوندشناسی در الگوهای همبست (Nexus) نیاز به فرصت دیگری دارد.

4-Socio-Hydrologic

5-Livelihoods

۶- مجموعه توان بالقوه و بالفعل قابل احصاء از منابع در یک فضای طبیعی و اجتماعی توسعه، زیست‌مایه‌های آن فضا را تشکیل می‌دهند (حیدریان، ۱۳۸۴).

18-Biogeomorphology

19-Geocodynamics

20-Cross-disciplinary

21-The Earth BioGenome Project (EBP)

22-Analysis standards

23-Eukaryotic

24-<https://www.earthbiogenome.org>, 2021

25-Cultural Geology

26-Biocultural diversity

۲۷- برای ملاحظه نقد رقابت‌زدگی جامعه‌شناسی و پیامدهای آن در تحلیل نظم اجتماعی بنگرید به: مهام (۱۳۹۹ الف).

۲۸- الهام‌گیری از طبیعت و پدیده‌های طبیعی در حوزه ابزارسازی و تحقیقات فناوریانه رواج دارد. مثلاً الگوریتم‌های فرا ابتکاری مثال روشنی از این الهام‌گیری برای بهینه‌سازی است. الگوریتم رقابت استعماری یکی از این نمونه‌ها می‌باشد که در گستره وسیعی از اقتصاد آب تا مکان‌یابی و مدیریت انرژی و توسعه روستایی مورد استفاده قرار گرفته است. این الگوریتم فاقد درک اجتماعی-اکولوژیک و لذا با معضل ناپایداری در طول زمان و از دست رفتن بهینگی روبه‌رو است. آسیب‌پذیری فقدان درک اجتماعی-اکولوژیک از مسائل نه فقط حوزه‌های طبیعی و اجتماعی بلکه حوزه فنی-مهندسی را نیز با آسیب روبه‌رو می‌سازد که فجایع مهندسی را به بار می‌آورد. برای نقد الگوریتم رقابت استعماری بنگرید به: مهام (۱۳۹۹ ب).

29-Biospher

30-Global Agro-ecological Zones study (GAEZ)

۳۱- یادآوری می‌شود که کشاورزی مدرن و تک‌کشتی به نام «انقلاب سبز» آسیب‌های فراوان اجتماعی-اکولوژیک به بار آورد و اکنون بحث از تناسب با زیست‌بوم و کشاورزی پایدار یعنی انقلاب آبی است. بنگرید به: مرشدی، ع (۱۳۹۳).

32-Francis Bretherton

منابع

آرگلیسمن، ا. ۱۳۹۴. اگر واکولوژی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. چاپ هفتم. مشهد، ایران.
آسپینال، ر. و جی هیل، م. ۱۳۹۲. تغییر کاربری زمین: علم، سیاست و مدیریت. مترجمان: مجتبی رفیع‌یان، مهران محمودی، و سمیه خالقی. انتشارات آذرخش. چاپ اول. تهران، ایران.
اسلامی، ز.، جنت‌رستمی، س. و اشرف‌زاده، ا. ۱۳۹۸. کاربرد مدل‌سازی در مدیریت رابطه پیوندی آب، غذا و انرژی. آب و توسعه پایدار، ۶(۲): ۸-۱. [10.22067/JWSD.V6I2.74126](https://doi.org/10.22067/JWSD.V6I2.74126)
بعیدی‌نژاد، ح.، دریایی، م. و علی‌آبادی، م. ۱۳۸۴. تحول در ساختار نظام ملل متحد. چاپ اول. تهران، ایران.

۷- برای ملاحظه تحلیلی مرکب از در هم تنیدگی ویژگی‌های طبیعی و اجتماعی در فلات ایران (گسل و زیست جمعی در ایران) بنگرید به: خسروی و همکاران (۱۳۹۱).

۸- یادآوری می‌شود با وجود آنکه امروزه بیشتر داروها به‌صورت مصنوعی در کارخانه‌ها تولید می‌شوند، برخی اقلام دارویی مهم، نظیر مرفین و کینین، هنوز مستقیماً از گیاهان به‌دست می‌آیند. تخمین زده‌اند که بیش از ۲۵٪ از کل داروهای پزشکی امروز از گیاهان گرمسیری به‌دست می‌آید. چهار پنجم جمعیت جهان از داروهای سنتی استفاده می‌کنند. بیش از ۴۰٪ کل داروهای موجود در ایالات متحده آمریکا هنوز از منابع طبیعی تأمین می‌شوند (پیتون و همکاران، ۱۳۸۰). گیاه به مثابه غذا و دارو و اهمیت تنوع گیاهی در تنوع کشاورزی و دام‌پروری و نهایتاً پیوند تنوع زمین-گیاه با تنوع غذایی نیازمند مباحث و فرصت دیگری است.

9-Earth Science For Society (ESFS)

10-Geobotany

۱۱- مطالعات ژئوبوتانی «ادغام‌کننده فرآیندهای فیزیکی و بیولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند» (Ustin و همکاران، ۱۹۹۹).

12-Ethnobotany

۱۳- اتنوبوتانی یا «قوم‌گیاه‌شناسی»، مطالعه ارتباط‌های دو سویه بین اقوام ابتدایی معاصر و گیاهان است. اگر چنین مطالعه‌ای برای بازسازی گیاهان در دوران‌های گذشته انجام شود، دیرین گیاه‌شناسی (Paleobotany) خوانده می‌شود (علی‌زاده، ۱۳۸۰).

14-Geomedicine

۱۵- در یک نگاه زمین‌شناسی پزشکی را می‌توان پیامدهای اثرات پروسه‌های طبیعی موجود در هر منطقه به‌خصوص بر روی سلامت انسان و سایر جانداران تعریف نمود. علاوه بر اثرات متداول در طی پروسه‌های زمین‌شناختی، همچنین شامل تأثیرپذیری سلامت انسان از فاکتورهایی مانند تشعشعات خورشیدی و کیهانی، موقعیت‌های متنوع آب و هوایی، جابجایی مواد شیمیایی در اتمسفر می‌شود. فرآیندهای فوق عملاً به این دلیل مورد توجه قرار می‌گیرند که می‌توانند با دخالت در ساختار خاک بر روی سلامت انسان تأثیر بلامنازع بر جای گذارند (صادقی مطلق، ۱۳۹۴).

16-Ethnopharmacology

۱۷- اتنوفارماکولوژی، مشاهده، شناسایی، توصیف و بررسی تجربی اجزای سازنده و اثرات بالینی داروهای بومی دانست. اتنوفارماکولوژی یک میدان پژوهش چند تخصصی است که شالوده آن بر گیاه‌شناسی، فارماکولوژی، زهرشناسی، فیتوشیمی و شیمی قرار دارد ولی با رشته‌های دیگر علوم همچون مردم‌شناسی و بوم‌شناسی هم در ارتباط است. دانش اتنوفارماکولوژی ایجاد یک فرصت را برای همکاری میان رشته‌ای و چندرشته‌ای در بین پژوهشگران گیاه‌شناسی، فارماکولوژی، سم‌شناسی، شیمی، آنترپولوژی و جامعه‌شناسی فراهم می‌آورد (نبی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰).

بولن، پ. و هاوس، گ. ۱۳۹۲. مدیریت پایدار اگرواکوسیستم: تلفیقی اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی. مترجمان: هادی ویسی، حسین صباحی، حسین محمودی، و کورس خوشبخت. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. چاپ اول. تهران. ایران.

پرانک، ژ. و الحق، م. ۱۳۸۰. گزارش لاهه: پیش‌زمینه توسعه پایدار (از فکر تا عمل). مترجم: مصطفی مهاجرانی. محیط‌شناسی، ۲۷(۲۸): ۸۵-۹۹. [10.1001.1.10258620.1380.27.28.9.9](https://doi.org/10.1001.1.10258620.1380.27.28.9.9)

پوستل، س. ۱۳۸۳. آخرین آبادی. مترجم: امیر عباس صدیقی و مسعود سلطانی. نشر نی. چاپ اول. تهران. ایران.

پیتون، ب.، کامپا، ه. و وینترستاین، ا. ۱۳۸۰. تنوع زیستی. مترجم: محمد دانش. انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست. چاپ اول. تهران. ایران.

جباری، آ. و حسین‌پور، ب. ۱۳۹۹. مروری بر مطالعات هیدرولوژی اجتماعی در جهان. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۶(۳): ۲۲۲-۲۴۴. [10.1001.1.17352347.1399.16.3.16.4](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1399.16.3.16.4)

چونداوات، گ. ۱۳۸۳. مبانی آگروفاستری. مترجمان: یعقوب راعی، عادل دباغ محمدی‌نسب، فرید شکاری، و عزیز جوانشیر. انتشارات دانشگاه زنجان. چاپ اول. زنجان. ایران.

حیدریان، ا. ۱۳۸۴. ده گام برای توسعه مدیریت مشارکت‌مدار. انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. چاپ اول. تهران. ایران.

خسروی، ق.، رامشت، م.، ثروتی، م. و فورس، ا. ۱۳۹۱. تکنیک جنبه، انسان، مدنیت. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۴(۳): ۱۷-۳۸. [10.22059/JPGR.2012.29212](https://doi.org/10.22059/JPGR.2012.29212)

خوش‌رفتار، ر. ۱۳۹۷. ژئومورفولوژی فرهنگی: نقش ژئوسایت‌های کارستی در باورها و فولکلور (مطالعه موردی: استان زنجان). پژوهش‌های دانش زمین، ۹(۳۴): ۱۲۹-۱۴۴. [10.29252/ESRJ.9.2.129](https://doi.org/10.29252/ESRJ.9.2.129)

سپهر، ع. ۱۳۹۱. وراثت ژئومورفولوژیک: مخاطرات محیطی و تنوع زمینی. مقالات اولین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی و زیست‌گاه انسان (فرصت‌ها و محدودیت‌ها). خانه اندیشمندان علوم انسانی، تهران. ایران. <https://search.ricest.ac.ir/dl/search/defaultta.aspx?DTC=36&DC=113803>

سازمان ملل متحد، ۱۳۹۵. گزارش توسعه پایدار جهانی. مترجم: محمدرضا مهربان. انتشارات انجمن حسابداران خبره با همکاری انتشارات رشید. چاپ اول. تهران. ایران.

صفایی، و.، داوری، ک. و پورمحمد، ی. ۱۳۹۹. ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا براساس برنامه استراتژیک توسعه پایدار. آب و توسعه پایدار، ۶(۲): ۹-۱۴. [10.22067/JWSD.V6I2.72591](https://doi.org/10.22067/JWSD.V6I2.72591)

دانلپ، ر. و جی برول، ر. ۱۳۹۹. تغییرات اقلیمی و جامعه (گزارش کارگروهی انجمن جامعه‌شناسی آمریکا در زمینه جامعه‌شناسی و تغییر اقلیم جهانی). مترجمان: عادل ابراهیمی لویه، سلیمان

میرزایی راجعونی، انتشارات لویه. چاپ اول. تهران. ایران.

رامشت، م. و بابا جمالی، ف. ۱۳۸۸. استثنائاتی در هویت فضای مدنی ایران، جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱(۱): ۷-۱۳.

صادقی مطلق، م. و طهرانی، م. ۱۳۹۴. نقش خاک‌ها در گستره زمین‌شناسی پزشکی: عناصر کمیاب. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. چاپ اول. کرج. ایران.

علی‌زاده، ع. ۱۳۸۰. تئوری و عمل در باستان‌شناسی (با فصل‌هایی در زیست‌شناسی تحولی و معرفت‌شناسی). انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور. چاپ اول. تهران. ایران.

فائو، ۱۳۹۳. کشاورزی در جهان به سوی ۲۰۳۰-۲۰۵۰. مترجمان: رویا محمدزاده و سمانه قلی‌پور. انتشارات موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. چاپ اول. تهران. ایران.

کریمی، ح.، کرمی، غ. و موسوی، م. ۱۳۹۸. بررسی ویژگی و زمینه‌های توسعه جنگل-زراعی. فصلنامه انسان و محیط‌زیست، ۱۷(۴۹): ۷۹-۹۰. [10.1001.1.15625532.1398.17.2.6.6](https://doi.org/10.1001.1.15625532.1398.17.2.6.6)

کوثر، آ. ۱۳۷۴. مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آن‌ها (آبیاری سیلابی، تغذیه مصنوعی، بندهای کوتاه خاکی. انتشارات وزارت جهاد سازندگی. چاپ اول. تهران. ایران.

مرشدی، ع. ۱۳۹۳. کشاورزی پایدار در زیست‌بوم‌های مناطق خشک (انقلاب آبی)، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. تهران. ایران.

مهام، م. ۱۳۹۹ الف. رقابت و نظم اجتماعی (نقد جامعه‌شناسی گسسته‌گرا بر مبنای انسان‌شناسی یاریگری. راهبرد فرهنگ، ۱۳(۵۰): ۵۳-۸۴. [10.22034/JSFC.2020.119939](https://doi.org/10.22034/JSFC.2020.119939)

مهام، م. ۱۳۹۹ ب. الگوریتم‌های فرا ابتکاری و الگوی اندرکنش «الگوی اندرکنش» حوزه‌های طبیعی و انسانی (مطالعه موردی: الگوریتم رقابت استعماری). دومین همایش ملی ریاضیات زیستی. دانشکده علوم ریاضی دانشگاه تبریز، تبریز. ایران.

نانز، پ.، واندربگ، ج.، و نیکامپ، پ. ۱۳۸۴. اقتصاد اکولوژیکی تنوع زیستی (کاربرد روش‌ها و سیاست‌ها). مترجم: مجید مخدوم. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول. تهران. ایران.

نبی‌پور، ا.، رستگار، م.، مرادی، ل.، زیرایی، م.، لوری، ن.، آل ابراهیم، ع.، امیربندی، ا.، ابولزاده، س. و زینب حسینی، س. ۱۴۰۰. اتنوفارماکولوژی گیاهان داوریی استان بوشهر. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر. چاپ اول. بوشهر. ایران.

ودیدی، ک. ۱۳۵۰. جغرافیای کشاورزی عمومی. انتشارات دهخدا. چاپ دوم. تهران. ایران.

هرویو، برتران. ۱۳۸۳. حق مردم در خودبسندهایی غذایی. مترجم: بهروز صفدری. انتشارات آگاه. چاپ اول. تهران. ایران.

- Eriksoon O. 2018. What is biological cultural heritage and why should we care about it? An example from Swedish rural landscapes and forests. *Nature Conservation*, 28(5): 1-32. [10.3897/natureconservation.28.25067](https://doi.org/10.3897/natureconservation.28.25067)
- Viles H.A. 2019. Biogeomorphology: past, present and future. *ELSEVIER, Geomorphology*, 366(1):106809. [10.1016/j.geomorph.2019.06.022](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.06.022)
- Cotterill F.P.D. 2011. Geocodynamics and the Kalahari Epeirogeny: Linking its Genomic Record, Tree of life and palimpsest into a unified narrative of landscape evolution. *South African Journal of Geology*, 114(3-4): 489-514. [10.2113/gssajg.114.3-4.489](https://doi.org/10.2113/gssajg.114.3-4.489)
- Schaal B. 2019. Plants and people: Our shared history and future, *Plants, People, Planet*, 1(1): 14– 19. [10.1002/ppp3.12](https://doi.org/10.1002/ppp3.12)
- Ustin, Susan L, Stéphane Jacquemoud, Michel M. Verstraete .1999. Geobotany: Vegetation Mapping for Earth Sciences. In book: Remote Sensing for the Earth Sciences, Manual of Remote Sensing. Volume 3: 189-248. Publisher: John Wiley and Sons. Third Edition. New Jersey, united.States. https://www.researchgate.net/publication/271904290_Geobotany_Vegetation_Mapping_for_Earth_Sciences

Analyzing the Upstream Water Documents in the Third and Fourth Development Plans with an Interdisciplinary Approach (Time Frame: 2000-2009)

L. Bonyad¹, A. Zare Shahabadi^{2*}

1- Ph.D in Sociology, Economic Development, and Researcher at the Water and Environment Think Tank of Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Sociology, Faculty of Social Sciences, University of Yazd, Yazd, Iran.

*(Corresponding Author Email: a_zare@yazd.ac.ir)

Received: 04-04-2023

Revised: 11-06-2023

Accepted: 13-06-2023

Available Online: 21-09-2022

واکاوی اسناد بالادستی آب در برنامه‌های سوم و چهارم توسعه با رویکردی میان رشته‌ای (بازه زمانی: ۱۳۷۹-۱۳۸۸)

لیلی بنیاد^۱، اکبر زارع شاه آبادی^{۲*}

۱- دکترای جامعه‌شناسی گرایش توسعه اقتصادی و پژوهشگر اندیشکده آب و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. ۲- دانشیار گروه جامعه‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: a_zare@yazd.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

Abstract

Water resource management has always played a crucial role in sustaining human life. Wherever water exists, civilization has flourished. Analysis of laws, programs and policies, and guidelines in the field of water is one of the topics that has attracted a lot of attention among humanities experts. The aim of the current research is to analyze the discourse of upstream water documents in the time period (2000-2009), the statistical population in this study consists of eight documents from upstream water resources. The current research follows the discourse analysis methodology using the Laclau and Mouffe approach. The findings demonstrate that the dominant discourse during this period is centered around protective and participatory discourse, which serves as the main theme and focal point of these documents. This discourse manifests itself by contrasting the governmental and non-participatory discourse with the protective and participation-oriented privatization discourse in these documents. The main and floating signifiers such as the discourse of qualitative support for projects and programs versus quantitative growth, the discourse of reducing government control and promoting public participation, the discourse of multi-dimensional approach to water resource management, the discourse of privatization of projects, the discourse of resource management change and decentralization, the discourse of environmental protection, and the discourse of technology advancement and knowledge production all contribute to this discourse.

Keywords: Discourse Analysis, Third and Fourth Development Plans, Upstream Documents, Water.

چکیده

همواره مدیریت منابع آب نقش مهمی در ادامه زندگی انسان داشته است. هر کجا آب وجود داشته، آبادی هم شکل گرفته است. تحلیل قوانین، برنامه‌ها و سیاست‌گذاری‌ها و دستورالعمل‌ها در حوزه آب از موضوعاتی است که توجه زیادی را در میان صاحب‌نظران علوم انسانی به سمت خود جلب کرده است. هدف پژوهش حاضر تحلیل گفتمان اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۸ است. جامعه آماری در این پژوهش شامل هشت سند از اسناد بالادستی آب است. روش پژوهش حاضر تحلیل گفتمان به روش لاکلاو و موفه است. یافته‌ها نشان داد گفتمان اصلی حاکم بر این دوره گفتمان حفاظتی و مشارکت-محور است که دال اصلی و نقطه ثقل این اسناد به حساب می‌آید. این گفتمان با غیریت‌سازی گفتمان دولتی و غیرمشارکتی در مقابل گفتمان خصوصی‌سازی حفاظتی و مشارکت محور در این اسناد خود را نمایان می‌سازد. دال‌های اصلی و شناوری مثل گفتمان حمایت کیفی از طرح‌ها و برنامه‌ها در مقابل رشد کمی، گفتمان کاهش تصدی دولت و مشارکت مردم، گفتمان نگاه چند بعدی به مدیریت منابع آب، گفتمان واگذاری طرح‌ها به بخش خصوصی، گفتمان تغییر در مدیریت منابع و تمرکززدایی، گفتمان حفاظت محیط‌زیستی و گفتمان ارتقا فناوری و تولید دانش موید این گفتمان می‌باشند. **واژه‌های کلیدی:** تحلیل گفتمان، برنامه‌های سوم و چهارم توسعه، اسناد بالادستی، آب.

در طول تاریخ منابع آب نقش مهمی در توسعه کشورها داشته است. در سال‌های اخیر جوامع، صاحب‌نظران و سیاستگذاران توسعه و مصرف‌کنندگان منابع آب در سراسر جهان در مورد اثرات بی‌برنامه و بی‌رویه استفاده از این منابع گران‌بها احساس نگرانی کرده‌اند. واقعیت‌های سخت رقابت برای منابع کمیاب آب در سراسر جهان منجر به اختلاف نظر بر سر اهداف و میزان دستیابی به اهداف از طریق مدیریت صحیح منابع آب شده است (Jonathan و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین درک معنایی علوم انسانی از آب به‌عنوان موضوعی میان رشته‌ای در چند سال اخیر گسترش یافته است. در این میان تحلیل قوانین، برنامه‌ها، سیاستگذاری‌ها و دستورالعمل‌ها در حوزه آب از موضوعاتی است که توجه زیادی را در میان صاحب‌نظران علوم انسانی به خود جلب کرده است (مرادی طادی، ۱۳۹۶؛ بدیسار و احمدی، ۱۳۹۶؛ روح الامینی، ۱۳۹۷؛ طالبی صومعه سربابی و همکاران، ۱۴۰۰؛ باقری و همکاران، ۱۴۰۰؛ اقبالی و همکاران، ۱۳۹۹؛ جمالی و عبداللهی، ۱۴۰۰؛ خانیکی و همکاران، ۱۴۰۰؛ ملکی و همکاران، ۱۴۰۱؛ زارع شاه‌آبادی و بنیاد، ۱۴۰۱؛ زارع شاه‌آبادی و بنیاد، ۱۴۰۲). سیاستگذاری آب نیز از جمله موضوعات بین رشته‌ای است که می‌تواند به درک بهتر قوانین، اسناد، برنامه‌ها و سیاست‌های مرتبط با مدیریت منابع آب به تصمیم‌سازان، مدیران و کارشناسان کمک کند تا در سطوح کلان، میانه و خرد به شناسایی دقیق مسائل مرتبط با آب بپردازند. نتایج پژوهش امیری و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد مسأله‌شناسی دیرهنگام، ضعف در اتفاق نظر در خصوص تعریف بحران آب، گسستگی بین مرحله اجرا و تصمیم‌گیری و ضعف شدید در ارزیابی فرآیند سیاستگذاری آب، سبب شده راه‌حل‌های ارائه شده و اتخاذ تصمیمات جدی در خصوص مسئله آب، نه تنها مشکل را برطرف نکرده، بلکه برداشت بیشتر از منابع، افزایش تقاضا و بحران آب در کشور را تشدید کرده است. پژوهش حاضر^۱ به تحلیل گفتمان حاکم بر اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و ۱۳۸۸-۱۳۸۴^۲ پرداخته است. به‌منظور ارائه حداکثر کمک به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در مواجهه با چالش‌های پیچیده و دشوار، در حوزه مدیریت صحیح منابع آب، شناخت دقیق اسناد و مدارک مربوط به حوزه آب ضروری به نظر می‌رسد. در خصوص سیاست‌های برنامه، اول و دوم باید گفت سیاست‌های تعدیل اقتصادی در دوره سازندگی (برنامه اول و دوم توسعه) سبب بروز نارضایتی‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی شده بود که در نهایت منجر به پیروزی سید محمد خاتمی در انتخابات سال ۱۳۷۶ شد. بنابراین رویکرد دولت در این زمینه از رشد اقتصادی محض به توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی همه‌جانبه تغییر یافت. توجه به توسعه اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، توجه به آزادی‌های مشروع و بازنگری در سیاست‌های تعدیل اقتصادی که در دوره اول و دوم (۱۳۷۸-۱۳۶۸) مطرح شد،

از مولفه‌های گفتمانی دوره‌های چهارم و پنجم به حساب می‌آید. در تحلیل گفتمان اسناد بالادستی آب تلاش شده کلیه اسناد بالادستی به چهار بازه زمانی در قالب برنامه قبل از انقلاب تا پایان جنگ (۱۳۶۷-۱۳۵۷)، برنامه اول و دوم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۷۸-۱۳۶۸)، برنامه سوم (۱۳۸۳-۱۳۷۹) و چهارم (۱۳۸۸-۱۳۸۴) توسعه جمهوری اسلامی ایران و برنامه پنجم (۱۳۹۴-۱۳۹۰) و ششم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۰-۱۳۹۶) تقسیم‌بندی شود. پس از آن هر کدام از اسناد بالادستی باتوجه به زمانیکه مورد تصویب قرار گرفته در یکی از این برنامه‌های توسعه جای گرفته است. به دلیل حجم بالای مطالب در تحلیل گفتمان هر بخش از اسناد بالادستی مجموع مطالب جمع‌آوری شده در قالب چهار مقاله تهیه شده است (زارع شاه‌آبادی و بنیاد، ۱۴۰۱؛ زارع شاه‌آبادی و بنیاد، ۱۴۰۲). در پژوهش‌هایی که تاکنون مرتبط با تحلیل اسناد بالادستی آب انجام شده تمام برنامه‌های توسعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند (طالبی صومعه سربابی و همکاران، ۱۴۰۰؛ شعبانعلی فمی و همکاران، ۱۴۰۰)، درحالی‌که هر کدام از این اسناد در دوره‌های زمانی مختلف انجام شده و گفتمان‌های متفاوتی بر دولت‌ها حاکم بوده که لازم است بازه زمانی بررسی این اسناد و تغییرات گفتمانی مورد توجه قرار گیرد. بنابراین نوآوری این مقاله و سلسله مقاله‌های نگارنده این بوده است که هر کدام از برنامه‌های توسعه، قوانین، دستورالعمل‌ها و طرح‌ها در ظرف زمانی خود به تفکیک و جداگانه بررسی شوند. همچنین این پژوهش، از روش تحلیل گفتمان انتقادی لاکلو و موفه استفاده نموده است که در سایر پژوهش‌ها مورد توجه قرار نگرفته است. مزیت این روش این است که مشخص می‌کند ذهنیت حاکم در تدوین این برنامه‌ها چه سیاست‌ها، اندیشه‌ها و نظریاتی بوده است. باتوجه به توضیحاتی که ارائه شد در این مقاله اسناد بالادستی آب در برنامه سوم و چهارم بررسی می‌شود و نویسندگان در تلاش هستند به این سه سوال پاسخ دهند: ۱- گفتمان حاکم بر سیاست‌های کلان نظام در برنامه سوم و چهارم در حوزه آب چه بوده است؟ ۲- دال‌های مرکزی، مولفه‌های گفتمانی، زنجیره هم‌ارزی و غیریت‌سازی حاکم که نشان‌دهنده این گفتمان بوده‌اند، چه بوده است؟ و ۳- از چه نظریه‌ای به‌منظور تبیین گفتمان حاکم بر این سیاست‌ها استفاده شده است؟

حساسیت نظری پژوهش

پیش از آنکه به بحث در خصوص ادبیات نظری پژوهش پرداخته شود باید گفت در پژوهش‌هایی با رویکرد کیفی مانند روش تحلیل گفتمان از ادبیات نظری پژوهش به‌عنوان "حساسیت نظری" تعبیر می‌شود. حساسیت نظری به ویژگی بصیرت و مهارت محقق در معنی‌دار نمودن داده‌ها، درک و قدرت تجزیه و تحلیل عناصر مربوط از عناصر نامربوط اطلاق می‌شود؛ که باید در تمام روند تحقیق به‌عنوان یک اصل کلی رعایت شود. توجه به بازاندیشی، کیفیت فرآیندها و نتایج را

ارتقا داده و حساسیت محقق را در ارتباط با شرکت کنندگان افزایش می‌دهد (جوادی پاشاکی و درویش پور، ۱۳۹۸). این مفاهیم حساس پژوهشگر را قادر می‌سازند در قالب واژه‌های نظریه اکولوژی سیاسی^۲ (بوم‌شناسی سیاسی) درک عمیق‌تری از اسناد، قوانین و برنامه‌های مورد بررسی داشته باشد. واژه اکولوژی سیاسی دامنه‌ای از تعاریف مختلف را در برمی‌گیرد. هر کدام از این تعاریف بعد ویژه‌ای را مهمتر دانسته و به علت کاوی (تبیین) آن بعد پرداخته‌اند. برخی بر اقتصاد سیاسی تأکید دارند، گروهی به نهادهای سیاسی رسمی، شماری نیز بر تغییرات محیطی و پاره‌ای هم بر (فرا) روایت‌های موجود درباره این تغییرات تأکید دارند. بسیاری از این تعاریف در مجموع پیشنهاد می‌کنند اکولوژی سیاسی گزینه مناسبی در تبیین ابعاد "سیاسی" جستارهای اکولوژی است (کاویانی‌راد، ۱۳۸۸). به نظر می‌رسد رویکرد بوم‌شناسی سیاسی یکی از نظریاتی است که می‌تواند در قالب رویکردهای محیط‌زیستی بررسی شود. بوم‌شناسی سیاسی به‌طور گسترده‌ای به روابط متقابل بین طبیعت، فرهنگ، قدرت و سیاست می‌پردازد. در واقع بوم‌شناسی سیاسی "رویکردی است که به سیاست محیط‌زیستی اشاره می‌کند و امکان ترکیب موفقیت‌آمیز تحلیل سیاسی را با شکل‌گیری و رواج دادن فهم دقیقی از واقعیت محیط‌شناسی فراهم می‌آورد" (Forsyth, ۲۰۰۳). بوم‌شناسی در دهه‌های ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ در زمینه نقد اقتصاد سیاسی در بوم‌شناسی فرهنگی و بوم‌شناسی سیستم‌ها پدیدار شد. این نقد اساساً استدلال می‌کند برای توضیح علت تخریب محیط‌زیست (مثلاً فرسایش خاک) باید شیوه‌های مدیریت منابع در جهان در حال توسعه، از طریق اقتصاد سیاسی اجرا شود (Basset و Peimer, ۲۰۱۵).

بوم‌شناسی سیاسی رویکردی است که حدود ۱۵ سال است در مرکز مطالعات پیرامون محیط‌زیست و توسعه^۴ مورد توجه قرار گرفته است. بوم‌شناسی سیاسی اساساً مبتنی بر تجزیه و تحلیل قدرت و مبارزات قدرت در زمینه مدیریت محیط‌زیست است که باعث می‌شود انسان‌ها تمرکز خود را بر روی کنشگران مختلف در بخش محیط‌زیست و دفاع از علاقه‌مندی آنها حفظ کنند. چالش اصلی در بوم‌شناسی سیاسی به درک علل تضاد منابع طبیعی و محیط‌زیستی بازمی‌گردد. این رویکرد به‌جای اینکه به تحلیل‌های محدود و منحصر به فرد بپردازد، بر آن است تا درک عمیق‌تری مبتنی بر ترکیبی از عناصر موجود و رویکردهای گوناگون ارائه دهد، که تلاش برای در نظر گرفتن پارامترهای طبیعی و اجتماعی دارند. در بوم‌شناسی سیاسی علاوه بر چشم‌انداز بازیگران و قدرت آنها، مطالعه چگونگی تأثیر شرایط محلی از ساختارها و فرآیندهای جهانی مهم است. بوم‌شناسی سیاسی دارای یک چشم‌انداز ساختاری است. این علم (بوم‌شناسی سیاسی) از ادغام دیدگاه‌های بوم‌شناسی اقتصادی و بوم‌شناسی فرهنگی در جغرافیای آنگلفون به وجود آمده است (Blaikie و Brookfield, ۱۹۸۷). رویکرد بوم‌شناسی سیاسی همچنین فرض می‌کند که فرد تحولات محیط و علل آنها را در

درازدت بررسی می‌کند و دو مؤلفه دارد (Benjaminsen و Svarstad, ۲۰۰۹). اول، تلاش شده است داده‌های محیطی که طولانی‌ترین دوره زمانی ممکن را پوشش می‌دهند، جمع‌آوری شوند تا بتوانیم روند فعلی (حاکم بر مسائل محیط‌زیستی) را درک و استنباط کنیم. به عبارت دیگر، هرچه این دوره‌های زمانی طولانی‌تر باشد، شانس نتیجه‌گیری مربوط به تغییرات منابع طبیعی با گذشت زمان بیشتر می‌شود. دوم اینکه، رویکرد بوم‌شناسی سیاسی به بررسی تعارضات مربوط به منابع طبیعی و اتخاذ یک رویکرد تاریخی برای درک چگونگی شکل‌گیری این چالش‌ها می‌پردازد. اکولوژی سیاسی اغلب با تمرکز روی ارزش‌هایی مانند عدالت و حقوق بشر، یک دیدگاه هنجاری، به‌ویژه در مقایسه با برخی از گروه‌های حاشیه‌ای را مدنظر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، این گرایش تلاش می‌کند نشان دهد محققان چگونه می‌توانند برای گروه‌های انسانی ضعیف، حاشیه‌ای یا مظلوم اقداماتی انجام دهند (Benjaminsen و Svarstad, ۲۰۰۹).

روش‌شناسی پژوهش

تحلیل گفتمان، رویکردی میان‌رشته‌ای است که ریشه در زبان‌شناسی دارد. هدف عمده تحلیل گفتمان این است که تکنیک و روش جدیدی را در مطالعه متون، رسانه‌ها، فرهنگ‌ها، علوم، سیاست، اجتماع و مواردی مانند آن به‌دست آورد. بنابراین تحلیل گفتمان جزء روش‌های تحقیق کیفی بوده که جهت کشف معنای به‌کار رفته در متن یا سخن به‌کار می‌رود و از آن در زمینه‌های مختلف مانند سیاست، رسانه‌ها و ... استفاده می‌شود (کلانتری و همکاران، ۱۳۸۸). جامعه آماری پژوهش، هشت سند از اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و ۱۳۸۴-۱۳۸۸ است که شامل: قانون تأمین منابع مالی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی یا سرمازدگی (۱۳۸۳)، برنامه سوم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۳-۱۳۷۹)، قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (۱۳۸۹)، راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲)، سیاست‌های کلی برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۲)، برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۸-۱۳۸۴)، قانون تشویق سرمایه‌گذاری در طرح‌های آبی کشور (۱۳۸۱) و سیاست‌های کلی نظام در مورد منابع آب (۱۳۷۸)، می‌باشد. نمونه‌گیری از نوع تمام شماری است. ابزار گردآوری داده‌ها نیز اسناد و قوانینی بوده که در کتابخانه و یا سایت مجلس شورای اسلامی وجود داشته است. اجزای تحلیل گفتمان "لاکلاو موفه"^۵ عبارتند از: عناصر و وقته‌ها، دال مرکزی، مفصل بندی، غیریت یا ضدیت، قابلیت اعتبار، زنجیره هم‌ارزی و تفاوت (حقیقت، ۱۳۹۴). به‌منظور روشن شدن اجزای تحلیل گفتمان هر کدام از اجزا جداگانه بررسی شدند.

"وقته‌ها"^۶ دال و عناصری که در درون یک گفتمان مفصل‌بندی شده‌اند و موقتاً به هویت و معنایی دست یافته‌اند. این معانی

پیش از آنکه به بیان بخش استنباطی پژوهش بپردازیم باید اشاره کنیم از دیدگاه تحلیل گفتمانی لاکلاو و موفه، هر اقدام و عملی در صورتی دارای مفهوم و معنا بوده و قابل تبیین است که در قالب گفتمانی که طی آن به وقوع پیوسته است دیده شده و تبیین شود. اگر تحولات محیط‌زیستی و به ویژه تحولات مرتبط با اسناد بالادستی آب، با رویکرد تحلیل گفتمان لاکلاو و موفه در نظر گرفته شود، باید این موضوع که چه اتفاق و تحولی و چگونه باعث تغییر گفتمان غالب می‌شود، بررسی شود (ازک و بهرامی، ۱۴۰۰). بنابراین بررسی مولفه‌های گفتمانی اسناد بالادستی آب نشان می‌دهد در بازه زمانی مورد بررسی چه تفکری بر سیاست‌گذاران و تصمیم‌سازان در خصوص مدیریت منابع آب، حاکم بوده است.

۱. مولفه‌های گفتمانی اثرگذار بر اسناد بالادستی مدیریت منابع آب در ایران در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و ۱۳۸۸-۱۳۸۴

الف) تسلط گفتمان حمایت کیفی از طرح‌ها و برنامه‌ها در مقابل رشد کمی: وجود رویکردهای حمایتی دولت در قالب بسته‌های اقتصادی، تولیدی، توزیعی و سرمایه‌گذاری یکی از مولفه‌های مهم در سیاست‌های بالادستی بازه زمانی مورد نظر است. حمایت دولت در قالب برنامه‌هایی چون طرح‌های آب‌خیزداری، تأمین نهاده‌های کشاورزی، کود، سموم شیمیایی و سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی به کمک صندوق‌های غیردولتی از مواردی است که می‌تواند در تسلط گفتمان حمایت محور و جبران‌کننده بررسی شود. به دنبال رشد بخش کشاورزی در دولت‌های پنجم و ششم، سیاست‌های تعدیل اقتصادی در دولت هفتم و هشتم نیز ادامه پیدا کرد. در جدول (۱) عناصر گفتمانی مرتبط با موضوع حمایت کیفی از طرح‌ها و برنامه‌ها در مقابل رشد کمی که در متن اسناد به آن اشاره شده ذکر می‌شود.

ب) تسلط گفتمان کاهش تصدی دولت و افزایش مشارکت مردم: بررسی برنامه‌ها و قوانین بالادستی حوزه آب در این بازه زمانی نشان از شکل‌گیری نوعی رویکرد مشارکت محورانه میان سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه آب دارد که با رویکردی جدید به دنبال کاهش تصدی دولت و افزایش مشارکت مردم و بخش خصوصی هستند؛ همچنین در این گفتمان بر افزایش مشارکت ذی‌نفعان در فرایند برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌وری از منابع آب تأکید می‌شود. ارتقا آگاهی عمومی یکی از راه‌های جلب مشارکت در برنامه‌ها است که از مهمترین عناصر گفتمان برنامه‌های سوم و چهارم توسعه محسوب می‌شود. در جدول (۲) عناصر گفتمانی مرتبط با کاهش تصدی دولت ذکر شده است.

ج) تسلط گفتمان نگاه چند بعدی به مدیریت منابع آب: یکی از موضوعاتی که در اسناد بالادستی آب در بازه زمانی مورد نظر

و هویت کاملاً تثبیت شده نیستند و امکان تغییر آنها از طریق مفصل‌بندی‌های تازه وجود دارد و دال‌های شناوری که هنوز در قالب یک گفتمان قرار نگرفته‌اند، "عناصر"^۷ خوانده می‌شوند (تاجیک و روزخوش، ۱۳۸۷). "مفصل‌بندی"^۸ هر عملی است که میان عناصر پراکنده ارتباط برقرار کند، به نحوی که هویت و معنای این عناصر در نتیجه این عمل اصلاح و تعدیل شود (فوزی و نریمان، ۱۳۹۱). دال مرکزی^۹، نشانه یا نشانه‌هایی هستند که سایر نشانه‌ها حول آن نظم می‌گیرند. هسته مرکزی منظومه گفتمانی را دال مرکزی تشکیل می‌دهد. نیروی جاذبه این هسته سایر نشانه‌ها را به خود جذب می‌کند و سامان می‌دهد، به عبارتی دیگر، مفاهیمی که در یک گفتمان مفصل‌بندی می‌شوند، حول یک مفهوم یا دال مرکزی شکل پیدا می‌کنند (شقایق شهری، ۱۳۹۷). "دال شناور"^{۱۰} نشانه‌ای است که بر سر انتخاب معنای آن، رقابت وجود دارد؛ زیرا دال شناور به روی انتخاب معنای گوناگون باز است و هر گفتمان تلاش می‌کند به شیوه‌های خاص، معنایی سازگار با خود را برگزیند. در مفصل‌بندی، دال‌های اصلی با یکدیگر در "زنجیره هم‌ارزی"^{۱۱} ترکیب می‌شوند. این دال‌ها نشانه‌هایی بی‌محتوایند؛ یعنی به خودی خود بی‌معنایند تا اینکه از طریق زنجیره هم‌ارزی با سایر نشانه‌هایی که آن‌ها را از معنا پر می‌کنند، وارد فرایند هم‌نشینی و ترکیب می‌شوند و در مقابل، هویت‌های منفی دیگری قرار می‌گیرند که به نظر می‌رسد تهدیدکننده آن‌ها باشند. گفتمان‌ها از راه زنجیره هم‌ارزی، تفاوت‌ها را می‌پوشانند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۶). "منطق تفاوت" به ویژگی متکثربودن جامعه اشاره دارد و بر تمایزها و تفاوت‌های میان نیروهای اجتماعی تأکید می‌کند. منطق تفاوت می‌کوشد از راه تأکید بر تفاوت‌ها و تنوعات و به تبع آن اختلافات موجود در عرصه اجتماعی، زنجیره هم‌ارزی موجود را به هم ریزد (کسرای و پوزش شیرازی، ۱۳۸۸). ایجاد غیریت و فرض ضدیت‌های اجتماعی از سه جهت برای نظریه گفتمان واجد اهمیت است: نخست اینکه، احداث یک نسبت متضاد و خصمانه که به تولید یک "غیر" یا "دیگر" منجر می‌شود برای تأسیس مرزهای گفتمان ضروری است. دوم اینکه، تأسیس روابط و مرزهای تضادآمیز برای تثبیت بخشی از هویت صورت‌بندی‌های گفتمانی و کارگزاران اجتماعی، امری محوری است و سوم اینکه، تجربه ضدیت نمونه‌ای است که حدوثی بودن هویت را نشان می‌دهد (داودی، ۱۳۸۹). از اجزای دیگر تحلیل گفتمان "تخاصم و جابه‌جایی" است. تخصص و جابه‌جایی هم‌ارز میان مواضع سوژگی متمایز در دو شکل بروز می‌کند: نخست تردید در روابط انقیادی که از قبل موجود بوده است؛ مثلاً به دلیل جابه‌جایی تصور دموکراتیک، این روابط در قالب روابط سرکوب مفصل‌بندی می‌شوند؛ دوم مفصل‌بندی عصری تازه در گفتمان(های) موجود - که اشکال جدیدی از نابرابری را- پدید می‌آورد و می‌تواند مواضع سوژگی را جایگاه تخصص کند (نیکدار اصل و فتحی فتح، ۱۳۹۵).

(۱۳۷۹-۱۳۸۸) به عنوان یک تحول در اسناد می توان بررسی شود؛ نگاه چند بعدی و چند لایه ای به موضوع آب است با این مفهوم که در کنار رویکرد سنتی و هیدرولیکی به آب نگاهی سیاسی، اقتصادی، امنیتی و اجتماعی هم در سطح کلان، هم در سطح خرد و هم در سطح میانی به موضوع آب بوده است. یکی از این عوامل در نظر گرفتن حوضه های آبریز به عنوان قلمرو در برنامه های توسعه استانی است از دیدگاه برخی صاحب نظران تقسیم بندی های آبی هر استان وابسته به تقسیمات سیاسی است که این مسئله ممکن است منجر به ظهور چالش هایی در خصوص همکاری های قلمرویی منابع آب میان ذی نفعان و بهره برداران، شود. نمونه هایی از عناصر گفتمانی مرتبط با نگاه چند بعدی به مدیریت منابع آب در جدول (۳) ذکر شده است.

ح) تسلط گفتمان واگذاری طرح ها به بخش خصوصی: ارزیابی اسناد مربوط به بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۸ نشان می دهد زیرساخت ها به لحاظ فنی مهیا می باشد و دولت تلاش می کند با سرمایه گذاری بخش خصوصی موافقت کند و در مواردی چون طرح های تأمین آب، ایجاد شبکه های آبیاری، زهکشی و طرح های آب و خاک نگاه دولت به بخش خصوصی نوعی نگاه تقسیم مدارانه، مشارکت محورانه و ترکیبی در کنار بخش خصوصی باشد؛ البته نگاهی به بندهایی از قانون منابع مالی برای جبران خسارت ناشی از خشکسالی و یا سرمازدگی (۱۳۸۳) نشان می دهد در کنار واگذاری طرح ها به بخش خصوصی همچنان دولت خود را موظف به انجام رسالت حمایتی، در ارتباط با نظارت بر اعتبارات پیش بینی شده و یا قوانین تأمین دیگر در خصوص مصرف کننده بخش کشاورزی می داند. در جدول (۴) نمونه هایی از عناصر گفتمانی مرتبط با واگذاری طرح ها به بخش خصوصی در اسناد بالادستی آب، ذکر شده است.

ط) تسلط گفتمان تغییر در مدیریت منابع و تمرکززدایی: یکی از تغییراتی که می توان آن را در اسناد بالادستی آب در بازه زمانی (۱۳۷۹-۱۳۸۸)، به عنوان نوعی چرخش اجرایی و مدیریتی در قوانین، برنامه ها، سیاست ها و دستورالعمل ها ملاحظه کرد، بحث تمرکززدایی در مدیریت منابع آب است، در واقع تغییر رویکرد دستوری و از بالا به پایین که رگه هایی از آن را می توان از زمان تدوین اولین سیاست ها و برنامه های حوزه آب بعد از انقلاب ۱۳۵۷ مشاهده کرد، نشان از چرخش دیدگاه سیاست گذاران نسبت به وجود رویکرد حکمرانی منابع آب و جایگزینی آن با رویکرد مدیریت منابع آب در اسناد بالادستی است. استفاده از نیروهای متخصص و کارآفرین در جهت حمایت از تولیدات روستایی، نگاه هم زمان و ترکیبی به بحث عرضه و تقاضا و اتخاذ رویکرد جامع نگری و کاهش میزان مصرف آب در بخش کشاورزی از ۹۲ درصد به ۸۷ درصد در بیست سال آینده، از مهمترین موضوعاتی است که در تدوین برنامه سوم توسعه (۱۳۷۹-۱۳۸۳)، راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب (۱۳۸۲) و سیاست های نظام در حوزه آب

(۱۳۷۸) باید مورد توجه قرار گیرد. در جدول (۵) توضیحاتی مبنی بر عناصر گفتمانی تغییر در مدیریت منابع و تمرکززدایی در اسناد بالادستی آب اشاره شده است.

ه) تسلط گفتمان حفاظت محیط زیستی: یکی از موضوعاتی که در تحلیل گفتمان اسناد بالادستی آب، در بازه زمانی ۱۳۶۷-۱۳۵۷ (قبل از انقلاب تا جنگ تحمیلی) و در بخش غیریت سازی گفتمان بهره بردارانه از آن تحت عنوان گفتمان حفاظت و ترمیم؛ یاد شد، در بررسی اسناد بالادستی بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۸ به عنوان یکی از مولفه های گفتمانی بررسی شود و این مسئله نشان از نوعی چرخش در رویکرد سیاست گذاران می باشد. این رویکرد حفاظتی و ترمیمی در قالب سیاست ها و برنامه ها، اقدامات فنی و احداث زیرساخت ها و همچنین تدوین برنامه هایی است که در راستای حفاظت از منابع آب بوده است. از جمله راهبردهای مهم در سند توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲)، موضوع بهره برداری از منابع آب کشور به اندازه ظرفیت تحمل آنها است. مدیریت فعالیت های مصرف کنندگان مختلف آب به ویژه بحث توجه به شاخص های کیفی آب و توجه به استانداردهای ملی حفاظت کیفی، نقش بسیاری در شکل گیری یک چرخش فکری داشته است. از دیگر موضوعاتی که در اسناد بالادستی در بازه زمانی مورد بررسی قابل توجه است، مهار رواناب هایی است که در فصولی از سال و در بخش هایی از کشور دیده می شود؛ و در جهت استحصال آب در محل وقوع بارش مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین توجه دولت به بیمه محصولات کشاورزی در برابر خشکسالی و سرمازدگی از جمله اقدامات حمایتی دولت است که در قالب گفتمان حفاظت محیط زیستی قابل بررسی است. توجه به مدیریت محله محور و از پایین به بالا در مدیریت منابع آب از جمله موضوعاتی است که برای اولین بار در برنامه ها، سیاست ها و قوانین بالادستی در این بازه زمانی به آن پرداخته شده است. در جدول (۶) عناصر گفتمانی مرتبط با حفاظت محیط زیستی در اسناد بالادستی آب ذکر شده است.

م) هژمونی گفتمان ارتقا فناوری و تولید دانش: ارتقا فناوری و تکنولوژی از عوامل مهم در مدیریت منابع آب به ویژه در بخش کشاورزی و صنعت است. تجهیز و تکمیل شبکه های اندازه گیری کمی و کیفی منابع و مصارف آب به ویژه در بخش شرب- بهداشت، نقش مهمی در کاهش مصرف آب دارد. فرسودگی لوله های انتقال آب و نشت آب در زیرزمین از عوامل مهم مصرف نامتعارف و بدون درآمد آب، قطعی آب و هدررفت آن به ویژه در بخش شرب محسوب می شود. یکی از مهمترین مسائلی که در راستای تغییر فناوری و تکنولوژی آبی باید مورد توجه سیاست گذاران قرار گیرد؛ تغییرات حقوقی-اجتماعی است، به گونه ای که مطابق و هم راستا با تغییرات فنی باشد و از طرف دیگر بازدارندگی این تغییرات در سیاست ها، قوانین و برنامه ها انعکاس یابد. نمونه ای از این عناصر گفتمانی در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول ۱- عناصر گفتمانی حمایت کیفی از طرح‌ها و برنامه‌ها در مقابل رشد کمی در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
قانون تأمین منابع مالی	ماده ۱-۱	اجرای طرح‌های تأمین آب با اولویت استان‌هایی که شدت خسارت در آنها بیشتر از مبلغ ششصد میلیارد ریال است.
برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی و یا سرمازدگی	ماده ۱-۲	جبران بخشودگی آب‌بها و حق‌النظاره آب‌های کشاورزی تا مبلغ سیصد میلیارد ریال به میزان صددرصد (۱۰۰٪) از طریق پرداخت به شرکت‌های آب منطقه‌ای استان‌ها و شرکت آب و برق خوزستان و شرکت سهامی سازمان آب استان زنجان.
برنامه سوم توسعه	ماده ۱۰۹	الف- تأمین ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی و بهبود مدیریت بهره‌برداری از ماشین‌ها و تجهیزات تا رفع بحران مکانیزاسیون. ه- حمایت از ایجاد تعاونی‌های تولید کشاورزی و تشکلهای بهره‌برداران آب و خاک و منابع طبیعی با اولویت تعاونی‌های ایثارگران.
	بند الف و ۵	
	ماده ۴۷	یارانه نهاده‌های کشاورزی مانند کود، سم و بذر در طی سال‌های برنامه حفظ و ادامه می‌یابد و دولت وظیفه دارد قیمت تضمینی کالاهای اساسی را به نحوی تعیین کند که در پایان سال سوم برنامه، قیمت خرید داخلی آنها با هزینه خرید این کالاها از خارج برابر شود.
قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی	ماده ۲۴	وزارت نفت مکلف است همه ساله مبالغ ریالی صرفه‌جویی سوخت ناشی از برقی کردن چاه‌های آب کشاورزی را به حسابی که در خزانه‌داری کل افتتاح می‌شود، واریز نماید تا برای برقی کردن چاه‌های کشاورزی اختصاص یابد و به مصرف برسد. وزارت نیرو و شرکت‌های توزیع برق استانی موظفند با درخواست جهاد کشاورزی شهرستان‌ها، برق چاه‌ها را تأمین نمایند.
سیاست‌های کلی نظام در بخش «کشاورزی»	ماده ۸	-تخصیص یارانه هدفمند به بخش کشاورزی در جهت تحقق خودکفایی، حمایت از ساخت زیربناها، مراعات معیارهای محیط‌زیستی، قابلیت انعطاف در شرایط محیطی مختلف و ارتقا قدرت رقابت در بازارهای داخلی و بین‌المللی.
برنامه چهارم توسعه	ماده ۳ تبصره ۱	نفت گاز برای تأمین آب بخش کشاورزی با قیمت نفت سفید یارانه‌ای به صورت سهمیه‌ای عرضه خواهد شد.

جدول ۲- عناصر گفتمانی کاهش تصدی دولت و مشارکت مردم در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
سیاست‌های کلی محیط‌زیست	بند ۱۴	گسترش سطح آگاهی، دانش و بینش محیط‌زیستی جامعه و تقویت فرهنگ و معارف دینی مشارکت و مسئولیت‌پذیری اجتماعی به‌ویژه امر به معروف و نهی از منکر برای حفظ محیط‌زیست در تمام سطوح و اقشار جامعه.
	ماده ۱۰۷	به دولت اجازه داده می‌شود به منظور اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی و هدایت مصرف‌کنندگان آب کشاورزی برای بهره‌برداری بهینه، آب را در انهار و شبکه‌های آبیاری و ایستگاه‌های پمپاژ و چاه‌های عمیق و نیمه عمیق براساس الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی نسبت به تدوین و اجرای نظام بهره‌برداری، مشارکت بخشی غیردولتی (حقابه‌داران و مالکان) و ایجاد تشکلهای بهره‌برداری آب و خاک اقدام نماید و برای اینگونه مصرف‌کنندگان، براساس قانون تثبیت نرخ آب‌بهای زراعی قیمت‌گذاری نموده و تحویل دهد.
	ماده ۱۰۹	ه - حمایت از ایجاد تعاونی‌های تولید کشاورزی و تشکلهای بهره‌برداران آب و خاک و منابع طبیعی با اولویت تعاونی‌های ایثارگران.
قانون تأمین منابع مالی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی و سرمازدگی	ماده ۳ و ماده ۴	از ابتدای سال ۱۳۸۴ دریافت هرگونه وجهی از فعالیت‌های بخش کشاورزی و دامداری به عنوان حق‌النظاره آب ممنوع است. آیین‌نامه اجرایی این قانون در مدت یک ماه به پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت کشور به تصویب هیأت وزیران می‌رسد. دولت موظف است حداکثر ظرف سه ماه از تاریخ تصویب این قانون که از زمان تصویب لازم‌الاجراء است، گزارش عملکرد اجرایی مواد مختلف این قانون را به تفکیک استان‌های کشور به کمیسیون برنامه و بودجه و محاسبات و کمیسیون کشاورزی، آب و منابع طبیعی مجلس شورای اسلامی ارسال نماید.

برنامه سوم توسعه	ماده ۲	به منظور کاهش تصدی‌ها و تقویت اعمال حاکمیت و نظارت دولت و فراهم نمودن زمینه توسعه مشارکت مؤثر مردم، بخش خصوصی و بخش تعاونی در اداره امور، تبیین دقیق وظایف واحدهای ملی و استانی در برنامه‌ریزی، اجرا و فراهم نمودن زمینه تحقق مطلوب اهداف برنامه سوم.
برنامه چهارم توسعه	ماده ۶۷ بند الف	برنامه مدیریت زیست‌بومی در زیست‌بوم‌های حساس، به‌ویژه دریاچه ارومیه تهیه و به مرحله اجرا درمی‌آید. سازمان حفاظت محیط‌زیست با همکاری سازمان‌مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی، آیین‌نامه اجرایی این‌ماده را تهیه و به تصویب هیأت‌وزیران می‌رساند.
ماده ۶۹ بند ی		بهره‌برداری از جنگل صرفاً براساس تعدیل اکولوژیک و ضروریات حفظ جنگل صورت می‌گیرد. آیین‌نامه اجرایی این بند توسط وزارت جهاد کشاورزی با همکاری سازمان حفاظت محیط‌زیست تهیه و به تصویب هیأت وزیران خواهد رسید.

جدول ۳- عناصر گفتمانی نگاه چند بعدی به مدیریت منابع آب در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
سیاست‌های کلی برنامه چهارم	ماده ۴۰	- توجه به ارزش اقتصادی، امنیتی، سیاسی و محیط‌زیستی آب در استحصال، عرضه، نگهداری و مصرف آن. - مهار آب‌هایی که از کشور خارج می‌شود و اولویت استفاده از منابع آب‌های مشترک.
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۴	- مدیریت آب کشور باید ارزش اقتصادی آب، شامل ارزش ذاتی آن در هر یک از حوضه‌های آبریز، متناسب با شرایط طبیعی و اقلیمی دسترسی به آب، ارزش سرمایه‌گذاری‌های تأمین، انتقال، توزیع و بازیافت آب برای بخش‌های مختلف مصرف را تعیین و اعلام نماید تا در برنامه‌های توسعه بخش‌های مصرف منظور شود.
	ماده ۷	باتوجه به نقش آب در توسعه ملی و ارزش اقتصادی آن در بازارهای منطقه با لحاظ منافع ملی و براساس طرح جامع آب کشور، مبادله آب با کشورهای همجوار با رعایت توجیهات فنی، اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی در برنامه‌های توسعه لحاظ شود.

جدول ۴- عناصر گفتمانی واگذاری طرح‌ها به بخش خصوصی در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
برنامه سوم توسعه	ماده ۱۰۶ بند الف	به دولت اجازه داده می‌شود: الف - به منظور جلب منابع مالی بیشتر جهت سرمایه‌گذاری و تسریع در اجرای طرح‌های تأمین آب و خاک کشاورزی، شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی طرح‌های کوچک آبی و احیا قنوات و چشمه‌سارها، دام و طیور و دامپزشکی و شیلات، منابع طبیعی (جنگل، مرتع و بیابان) آبخیزداری، نوغانداری، زراعت و باغداری اعتبارات لازم را در بودجه‌های سالانه منظور و از طریق وزارتخانه ذی‌ربط در اختیار بانک کشاورزی قرار دهد.
قانون تشویق سرمایه‌گذاری در طرح‌های آبی کشور	ماده واحده	به منظور تشویق سرمایه‌گذاران خصوصی (حقیقی و حقوقی) و تعاونی برای سرمایه‌گذاری در طرح‌های تأمین آب و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی و طرح‌های آب و خاک به وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی حسب مورد و در چارچوب وظایف قانونی، اجازه داده می‌شود، اجرای طرح‌های ذکر شده که حداکثر سی درصد (۳۰٪) عملیات اجرایی آنها خاتمه یافته و نیز طرح‌هایی که مطالعات مرحله دوم آنها تصویب شده باشد.
قانون تأمین منابع مالی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی و یا سرمازدگی	ماده ۱	به منظور کاهش مشکلات استانهایی که از خشکسالی و یا سرمازدگی متحمل خسارت شده‌اند، دولت موظف است در سال ۱۳۸۳ علاوه بر اعتبارات پیش‌بینی شده در قانون بودجه سال ۱۳۸۳ مبلغ یک هزار میلیارد (۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰) ریال از محل اعتبار ماده (۱۰) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت مصوب ۱۳۸۰ برای اجرای طرح‌های تأمین آب، جبران بخشودگی آب‌بها و حق‌النظاره آب‌های کشاورزی به میزان صد درصد (۱۰۰٪) و توسعه بیمه محصولات باغی در برابر سرمازدگی به صورت صد درصد (۱۰۰٪) اختصاص دهد.

جدول ۵- عناصر گفتمانی تغییر در مدیریت منابع و تمرکززدایی در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
سیاست‌های کلی منابع آب	-	ایجاد نظام جامع مدیریت در کل چرخه آب براساس اصول توسعه پایدار و آمایش سرزمین در حوضه‌های آبریز کشور
برنامه سوم توسعه	ماده ۱۰۷ تبصره	به‌منظور بهره‌برداری اصولی از آب و حفظ ارزش واقعی آن و سهولت در نقل و انتقال آن، دولت موظف است نسبت به تهیه و صدور اسناد آب به حقیقه‌داران و مالکان اقدام نماید.
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۱۰۸ بند الف	الف- به‌منظور استفاده از نیروهای متخصص و کارآفرینان بخش آب و کشاورزی با اولویت ساکنین روستاها، دولت مجاز است اراضی بزرگ با مقیاس اقتصادی را در عرصه‌های منابع طبیعی که قابل احیا و بهره‌برداری کشاورزی می‌باشند، با شرایط مناسب در اختیار آنان قرار دهد و حمایت‌های لازم را از قبیل ایجاد زیربناها و پرداخت تسهیلات به عمل آورد.
	ماده ۱	مدیریت ملی آب کشور باید براساس مدیریت توأمان عرضه و تقاضا، جامع‌نگری در کل چرخه آب و اصول توسعه پایدار و آمایش سرزمین در حوضه‌های آبریز کشور و مشترک، تقویت شده و به‌منظور تحقق مدیریت یکپارچه (جامع) منابع آب هماهنگی‌های متقابل بین بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیربنایی و خدماتی با بخش آب فراهم شود.
	ماده ۳	اصلاح ساختار مصرف آب در کشور، به‌گونه‌ای که سهم مصارف آب کشاورزی از نود و دو درصد (۹۲٪) در وضع فعلی با احتساب سایر نیازها به حداکثر هشتاد و هفت درصد (۸۷٪) در بیست سال آینده تغییر یابد و در عین حال با افزایش راندمان آبیاری و تخصیص آب به محصولات با ارزش اقتصادی بیشتر، بازدهی آب در بخش کشاورزی به‌ازای یک متر مکعب آب از وضع فعلی به دو برابر در بیست سال آتی افزایش یابد. اولویت تخصیص‌های جدید آب به‌ترتیب به مصارف شرب و بهداشت، صنعت و خدمات، باغداری و زراعت خواهد بود.
	ماده ۱۰	ساختار مدیریت آب کشور در جهت تمرکززدایی در اجرا و بهره‌برداری با افزایش نقش مشارکت مردم و سازمان‌های محلی و جامع‌نگری در چرخه آب و با لحاظ نمودن حوضه‌های آبریز به‌عنوان واحدهای طبیعی مدیریت آب و واحدهای استانی برای عملیات اجرایی و مشارکت بهره‌داران، با رعایت قوانین و مقررات بهبود یافته و اصلاح شود.
	ماده ۱۸	هماهنگی سیاستگذاری‌ها در زمینه تأمین، توزیع و مصرف آب، مطابق ماده (۱۰) قانون تشکیل وزارت جهاد کشاورزی - مصوب ۱۳۷۹- با شورای عالی آب خواهد بود.

جدول ۶- عناصر گفتمانی حفاظت محیط‌زیستی در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
سیاست‌های کلی منابع آب	-	تدوین برنامه جامع به‌منظور رعایت تناسب در اجرای طرح‌های سد، آبخیزداری، آبخوان‌داری، و شبکه‌های آبیاری و تجهیز و تسطیح اراضی و حفظ کیفیت آب و مقابله با خشکسالی و پیشگیری از سیلاب و بازچرخانی و استفاده از آب‌های غیرمستعارف و ارتقای دانش و فنون و تقویت نقش مردم در استحصال و بهره‌برداری مهار آب‌هایی که از کشور خارج می‌شود و اولویت استفاده از منابع آب مشترک
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۲	بهره‌برداری از منابع آب کشور در هر یک از حوضه‌های آبریز با رعایت ظرفیت تحمل آنها به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که میزان استحصال از آب‌های زیرزمینی حسب مورد (بیان منفی) از میزان فعلی تجاوز نکرده و اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای برای تعادل بخشی آنها و تأمین نیازهای جدید کشور صورت گیرد، به‌طوری‌که سهم بهره‌برداری از منابع آب سطحی از رقم چهار و شش درصد (۴۶٪) فعلی به حدود پنجاه و پنج درصد (۵۵٪) در بیست سال آتی افزایش یابد و حداقل نیاز محیط‌های طبیعی آبی به طور پایدار تأمین شود.
	ماده ۵	- مدیریت فعالیت‌های مصرف‌کنندگان مختلف آب، به‌گونه‌ای اعمال شود که ابتدا آلودگی‌های منابع آب ناشی از فعالیت‌های این بخش‌ها کنترل و سپس شاخص‌های کیفی آب به تدریج ارتقا یابد. برای تحقق این هدف رعایت استانداردهای ملی حفاظت کیفی منابع آب، توسط مصرف‌کنندگان برای پساب خروجی الزامی است.
	ماده ۱۵	مهار آب‌های خروجی، استفاده از آب‌های مشترک و ساماندهی رودخانه‌های مرزی با رعایت جنبه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی تحقق یابد.

قانون تأمین منابع مالی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی و یا سرمازدگی	ماده ۱ بند ۳	توسعه بیمه محصولات کشاورزی در برابر خشکسالی و سرمازدگی به میزان یکصد میلیارد ریال از طریق پرداخت به صندوق بیمه محصولات کشاورزی. تبصره - استفاده از اعتبارات این ماده جهت خرید تجهیزات اداری و اتومبیل و ساختمان و زمین ممنوع است.
برنامه سوم توسعه	ماده ۱۰۶ تبصره ۲	به منظور حفاظت و سامان دهی نظام های بهره برداری از منابع آب کشور وزارت نیرو موظف است در طول برنامه اقدامات زیربنایی زیر را به انجام برساند: ۱- توسعه و تجهیز شبکه های آماربرداری از منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی، ۲- ایجاد و توسعه شبکه های اندازه گیری منابع آلوده کننده آب و تقویت مبنای مدیریت کیفی آب، ۳- تقویت بازارهای محلی آب، ۴- ایجاد و توسعه شبکه های اندازه گیری مصارف آب در بخش کشاورزی، ۵- تقویت مبنای حقوقی آب متناسب با تحولات مدیریتی و فن آوری، ۶- ایجاد مبنای لازم به منظور استقرار نظام های بهره برداری مناسب مبتنی بر تقویت مدیریت های محلی آب.
برنامه چهارم توسعه	ماده ۱۸ بند ۱	ایجاد انگیزه برای جذب متخصصین توسط تولیدکنندگان و بهره برداران به منظور گسترش آموزش و ترویج با استفاده از خدمات فنی بخش خصوصی و تعاونی به میزان حداقل سی درصد (۳۰٪) تولیدکنندگان و بهره برداران و توسعه تحقیقات کاربردی کشاورزی به میزان دو برابر شرایط سال پایه.
ماده ۶۱ بند ۱		فرمولاسیون و مصرف کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی از جهت تأثیرات محیط زیستی را توسط وزارتخانه های جهاد کشاورزی، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سازمان حفاظت محیط زیست و مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و به تصویب هیأت وزیران برساند.
ماده ۸۵		کاهش مخاطرات تهدیدکننده سلامتی در محیط کار، آلاینده های هوا، آب، خاک، محصولات کشاورزی و دامی و تعریف مصادیق، میزان و نحوه تعیین و وصول عوارض و جرائم جبرانی و چگونگی مصرف منابع به دست آمده از آن.

جدول ۷- عناصر گفتگمانی ارتقا فناوری و تولید دانش در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتگمان
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۸	در تهیه طرح های توسعه کالبدی و آمایش سرزمین، محدودیت منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی و توزیع مکانی و زمانی آن به لحاظ هزینه فرصت و ارزش ذاتی آب مورد توجه و عمل قرار گرفته و برنامه های توسعه بخش های آب و کشاورزی، صنعت و معدن، انرژی، عمران شهرها و روستاها و سایر بخش ها در هر يك از حوضه های آبریز با رعایت ظرفیت تحمل آنها تهیه و به اجرا در آید.
	ماده ۱۶	تجهیز و تکمیل شبکه های اندازه گیری های کمی و کیفی منابع و مصارف آب و نیز تکمیل سامانه های اطلاعاتی و اطلاع رسانی مورد توجه قرار گیرد.
برنامه سوم توسعه	ماده ۱۰۶ تبصره ۲ بند ۵	تقویت مبنای حقوقی آب متناسب با تحولات مدیریتی و فن آوری
سیاست های کلی منابع آب	ماده ۴	تدوین برنامه جامع به منظور رعایت تناسب در اجرای طرح های سد، آبخیزداری، آبخوانداری، و شبکه های آبیاری و تجهیز و تسطیح اراضی و حفظ کیفیت آب و مقابله با خشکسالی و پیشگیری از سیلاب و بازچرخانی و استفاده از آب های غیرمعارف و ارتقای دانش و فنون و تقویت نقش مردم در استحصال و بهره برداری مهار آب هایی که از کشور خارج می شود و اولویت استفاده از منابع آب مشترک

۲. زنجیره هم ارزی گفتگمان مشارکت محورانه-ترمیمی در مقابل گفتگمان متمرکز و دولتی

در گفتگمان مشارکت محورانه- ترمیمی حاکم بر اسناد بالادستی آب در بازه زمانی مورد نظر (۱۳۷۹-۱۳۸۸) مجموعه ای از مواردی وجود دارد که به وضوح می تواند ایده گفتگمان مشارکت محورانه- ترمیمی را در مقابل گفتگمان متمرکز و دولتی تقویت کند، یکی از این موارد مطابق با بررسی اسناد بالادستی آب توجه به ایجاد برنامه های

خشکسالی و سیلاب است که نشان دهنده مشارکت دولت در نقش ناظر به منظور کاهش آسیب پذیری کشاورزان و باغداران در خصوص حوادث طبیعی و انسان محور است. توجه به برنامه های مشارکت محورانه- ترمیمی مانند طرح های مربوط به بخش خشکسالی و سیلاب در برنامه های توسعه نشان دهنده تقویت بنیه روستاییان و توجه به توسعه و رفاه آنان است، توسعه بیمه محصولات کشاورزی در برابر خشکسالی و سرمازدگی، به میزان یکصد میلیارد ریال از

طریق پرداخت به صندوق بیمه محصولات کشاورزی؛ گامی در جهت مشارکت دولت و تضمین سلامت محصولات کشاورزی و ترمیم و بازسازی این محصولات در صورت آسیب است.

از دیگر عواملی که در قالب زنجیره هم‌ارزی گفتمان مشارکت محورانه- ترمیمی می‌توان به آن اشاره داشت؛ ایجاد نظام جامع مدیریت آب در کل چرخه آب بر اساس اصول توسعه پایدار و آمایش سرزمین است که از اصول مهم سیاست‌های کلی نظام در زمینه آب (۱۳۷۸) محسوب می‌شود، اتخاذ نگاه چندبعدی به مدیریت منابع آب نقش مهمی در محدود کردن فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی به‌ویژه در مناطق با اقلیم گرم و خشک دارد و باعث توسعه بوم‌آورد می‌شود. توسعه بوم‌آورد اساساً در راستای پایداری و پیشرفت حرکت می‌کند و به برقراری روابط هماهنگ بین انسان و طبیعت می‌انديشد. این مهم از رهگذر برقراری روابط متعادل‌تر بین انسان‌ها به‌دست می‌آید (عنبری و همکاران، ۲۰۱۴). توجه به نظام جامع مدیریت آب در کل چرخه آب، عامل مهمی در عدم اختلال در اکولوژی منطقه مورد نظر است. توجه به حقوق ذی‌نفعان و حقابه‌داران و همچنین توجه به امر مشارکت ذی‌نفعان در بهره‌برداری‌ها و تأکید بر کاهش تصدی دولت و تمرکززدایی در مدیریت منابع آب، عامل مهمی در استفاده مشارکتی از منابع آب محسوب می‌شود. اتخاذ رویکردهای محله محور و از پایین به بالا نقش مهمی در شکل‌گیری همکاری‌های قلمرویی میان افراد در تقسیم‌بندی منابع آب دارد. برخی پژوهشگران معتقدند تقویت اعتماد و مشارکت اجتماعی روستای علی‌آباد (شهرستان ریگان، استان کرمان) برای افزایش سرعت گردش اطلاعات و منابع و همچنین افزایش یگانگی و اتحاد در بین ذی‌نفعان الزامی است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۶).

یکی دیگر از موارد مهمی که در برنامه‌ها، سیاست‌ها و قوانین مربوط به اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۸ قابل بررسی است؛ توجه به بحث ضایعات و پسماند است، که در قالب گفتمان مشارکت محورانه- ترمیمی به آن اشاره شده است. تصفیه آب کارخانه‌ها و نقش آن در مدیریت بهینه منابع آب از زمان تدوین راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب در سال ۱۳۸۲ بسیار مورد توجه قرار گرفته است. موضوعاتی چون مصرف زیاد آب در صنایع، بازچرخانی آب، مدیریت مصرف آب و جلوگیری از احداث صنایع آب‌بر از موضوعات مهمی است که در قالب بحث ضایعات و پسماند در طرح‌های آبی قابل بررسی است. این موضوع از آنجا تبدیل به مسئله می‌شود که صنایع آب‌بر مانند صنایع فولاد، کاغذ، کاشی-سرامیک و نساجی در شهرها و استان‌هایی با اقلیم گرم و خشک احداث می‌شود؛ به‌گونه‌ای که در استانی مانند یزد کارشناسان و مدیران به‌منظور تأمین مصارف آب بخش صنعت ناچار به انتقال آب از خلیج فارس به میزان ۲۵۰ میلیون مترمکعب در سال شده‌اند (کانون تفکر آب، ۱۳۹۸).

اولویت دادن به تأمین آب شرب و بهداشت مردم و اصلاح ساختار آب با تغییر سبک زندگی از اولویت‌های اصلی وزارت نیرو و شرکت‌های وابسته به آن است. تعیین نرخ آب و تأمین نیازهای پایه آب شرب-بهداشت مردم به‌صورت ترجیحی^{۱۲} نیز از دیگر موضوعاتی است که در ماده ۶ راهبرد توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲) به آن اشاره شده است.

اجرای پروژه‌های آبرسانی به شهرها و روستاها- حتی روستاهای دوردست- و ارتقا سطح زندگی کیفی روستاییان گامی در جهت اجرای تکلیف وزارت نیرو و از دیگر تبصره‌های مرتبط با اولویت دادن به تأمین آب شرب و بهداشت است. در واقع ساختار مدیریت آب کشور به‌گونه‌ای است که سهم بخش کشاورزی از میزان ۹۲ درصد به ۸۷ درصد کاهش یابد؛ مطابق ماده ۳ راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲)، افزایش راندمان آبیاری و تخصیص آب به محصولات با ارزش اقتصادی بیشتر؛ باید به‌ازای یک متر مکعب آب از اندازه فعلی به دو برابر در بیست سال آینده افزایش یابد.

توجه به ارزش آب در توسعه ملی در برنامه‌ها، قوانین و اسناد بالادستی مربوط به بازه زمانی ۱۳۸۴-۱۳۷۹ نشان می‌دهد سیاست‌گذار با تغییر دیدگاه‌های گذشته خود، برای اولین بار به ارزش سیاسی، اقتصادی، امنیتی و محیط‌زیستی آب توجه نشان داده است. توجه به ارزش آب^{۱۳} از آن جهت مهم است که برنامه‌های توسعه از اولین برنامه توسعه قبل از انقلاب در سال ۱۳۲۷ تا به امروز آب-محور بوده و این مسأله نقش مهمی در توسعه ملی داشته است. به‌ویژه بعد از انقلاب به واسطه تخریب و بازسازی خرابی‌های به‌دست آمده از جنگ، بخش صنعت و بخش خدمات تا حد زیادی به‌صورت نیمه تعطیل درآمد، بنابراین از اولین برنامه‌های بعد از جنگ در سال ۱۳۶۸ تمرکز بسیار بر گسترش بخش کشاورزی و تأمین آب مورد نیاز این بخش صورت گرفته است. یافته‌های نویسندگان در خصوص تحلیل اسناد بالادستی آب از سال ۱۳۵۷-۱۴۰۰ (زارع شاه‌آبادی و بنیاد، ۱۴۰۱؛ زارع شاه‌آبادی و بنیاد، ۱۴۰۲) نشان داد هر چه از سال ۱۳۵۷ به سمت جلو پیش می‌رود نقش منابع آب نه تنها به‌عنوان نقش اقتصادی و طبیعی بلکه به‌عنوان یک کالای غیرقابل جایگزین بیشتر شده است. توجه به ارزش آب در توسعه کشورهای در حال توسعه که عموماً اقتصادی مبتنی بر کشاورزی و آب محور داشته‌اند، تا جایی است که در سیاست‌ها، قوانین، اسناد و برنامه‌های توسعه به‌ویژه راهبرد توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲) اولویت بعد از تأمین آب شرب-بهداشت، به تأمین آب بخش صنعت و خدمات، اختصاص داده شده است. در جدول (۸) نمونه‌ای از عناصر زنجیره هم‌ارزی گفتمان مشارکت محورانه- ترمیمی در مقابل گفتمان متمرکز و دولتی در اسناد بالادستی آب نشان داده شده است.

جدول ۸- عناصر زنجیره هم ارزی گفتمان مشارکت محورانه- ترمیمی در مقابل گفتمان متمرکز و دولتی

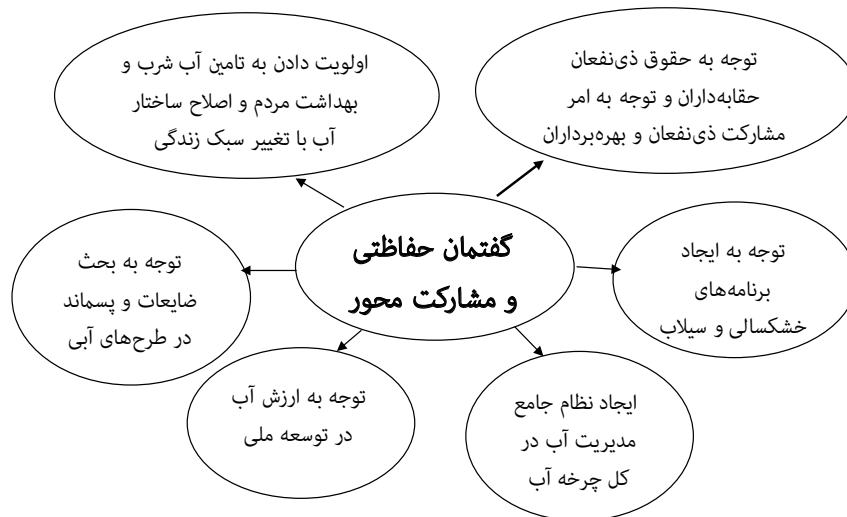
نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
سیاست‌های نظام در حوزه منابع آب		- تدوین برنامه جامع به منظور رعایت تناسب در اجرای طرح‌های سد، آبخیزداری، آبخوان‌داری و شبکه‌های آبیاری و تجهیز و تسطیح اراضی و حفظ کیفیت آب و مقابله با خشکسالی. - ایجاد نظام جامع مدیریت در کل چرخه آب بر اساس اصول توسعه پایدار و آمایش سرزمین در حوضه‌های آبریز کشور. - طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای از دیدگاه توسعه پایدار، با رعایت حقوق ذی‌نفعان و برای تأمین نیازهای مختلف مصرف مشروط به توجیهات فنی، اقتصادی، اجتماعی و منافع ملی مورد نظر قرار گیرد.
برنامه سوم توسعه	ماده ۱۰۷	براساس الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی نسبت به تدوین و اجرای نظام بهره‌برداری، مشارکت بخشی غیردولتی حقابه‌داران و مالکان) و ایجاد تشکلهای بهره‌برداری آب و خاک اقدام نماید.
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۵	مدیریت فعالیتهای مصرف‌کنندگان مختلف آب، به‌گونه‌ای اعمال شود که ابتدا آلودگی‌های منابع آب ناشی از فعالیتهای این بخش‌ها کنترل و سپس شاخص‌های کیفی آب به تدریج ارتقا یابد. برای تحقق این هدف رعایت استانداردهای ملی حفاظت کیفی منابع آب، توسط مصرف‌کنندگان برای پساب خروجی الزامی است.
	ماده ۱۰	ساختار مدیریت آب کشور در جهت تمرکززدایی در اجرا و بهره‌برداری با افزایش نقش مشارکت مردم و سازمان‌های محلی و جامع‌نگری در چرخه آب و با ملحوظ نمودن حوضه‌های آبریز به‌عنوان واحدهای طبیعی مدیریت آب و واحدهای استانی برای عملیات اجرایی و مشارکت بهره‌برداران، با رعایت قوانین و مقررات بهبود یافته و اصلاح شود.
	ماده ۳	اولویت تخصیص‌های جدید آب به‌ترتیب به مصارف شرب و بهداشت، صنعت و خدمات، باغداری و زراعت خواهد بود. باتوجه‌به نقش آب در توسعه ملی و ارزش اقتصادی آن در بازارهای منطقه با لحاظ منافع ملی و براساس طرح جامع آب کشور، مبادله آب با کشورهای همجوار با رعایت توجیهات فنی، اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی در برنامه‌های توسعه لحاظ شود.
		اصلاح ساختار مصرف آب در کشور، به‌گونه‌ای که سهم مصارف آب کشاورزی از نود و دو درصد (۹۲٪) در وضع فعلی با احتساب سایر نیازها به حداکثر هشتاد و هفت درصد (۸۷٪) در بیست سال آینده تغییر یابد و درعین حال با افزایش راندمان آبیاری و تخصیص آب به محصولات با ارزش اقتصادی بیشتر، بازدهی آب در بخش کشاورزی به‌ازای یک متر مکعب آب از وضع فعلی به دو برابر در بیست سال آتی افزایش یابد.

۳. گفتمان حفاظتی و مشارکت محور به مثابه دال مرکزی و اصلی اسناد بالادستی آب

در بحث مدیریت منابع آب در کشور از همان سال‌های ابتدایی برنامه سوم و چهارم و اسناد مربوط به این بازه‌زمانی (۱۳۷۹-۱۳۸۸) که در حوزه منابع آب تدوین شده؛ گفتمان حفاظتی و مشارکت محور خود را نشان می‌دهد. این نوع گفتمان در مدیریت منابع آب حاکی از نوعی رویکرد حمایتی و مشارکت محورانه دولت است، که در قالب اجرای طرح‌های آبیاری، توسعه بیمه محصولات کشاورزی، مدیریت جامع منابع آب بر اساس اصول پایه و همچنین بهره‌وری باتوجه‌به وضعیت تحمل حوضه آبریز خود را نشان می‌دهد. اگرچه اتخاذ رویکرد حفاظتی و مشارکت‌محورانه نقش پررنگی در بازسازی و ترمیم شاخص‌های مرتبط با مدیریت منابع آب داشته است؛ اما دولت خود به‌عنوان یک عامل تاثیرگذار در شکل‌گیری این رویکرد دخالت دارد. به‌عبارت دیگر، رویکرد حفاظتی و مشارکت محورانه در برنامه‌های چهارم و پنجم توسعه، دولت محور است. در رویکردهای دولت محور باوجود مشارکت همه ذی‌نفعان، تکالیف اساسی حفاظت از محیط‌زیست بر عهده دولت است. در این رویکرد اساساً حفاظت از محیط‌زیست امری است

معطوف به امور حاکمیتی که نیازمند مداخله دولت و همراهی آن است، در واقع در این رویکرد فرض بر این است که بازار و بخش خصوصی در حفاظت از محیط‌زیست و مقابله با پیامدهای منفی محیط‌زیستی ناشی از فعالیتهای اقتصادی؛ ناتوان بوده و این دولت است که اساساً مسئولیت اصلی حفاظت از محیط‌زیست را به‌عنوان یک کالای عمومی بر عهده دارد (مشهدی، ۱۳۹۵). در رویکردهای حفاظتی دولت محور، دولت به‌منظور جلوگیری از فعالیتهای مخرب صنعتی محیط‌زیستی اقداماتی چون به حداقل رساندن ضایعات، تطبیق مشخصات فنی با ضوابط محیط‌زیستی، حفاظت و سازماندهی نظام بهره‌وری و همچنین رفع آلودگی آب ناشی از فعالیتهای مصرف‌کنندگان را انجام می‌دهد. در جدول (۹) نمونه‌هایی از عناصر گفتمان حفاظتی و مشارکت محور در اسناد بالادستی آب ذکر شده است.

همانطور که در شکل (۱) نشان داده شد در مفصل‌بندی گفتمان دال اصلی باتوجه‌به تحلیل‌های صورت گرفته براساس روش لاکلاو و موفه و مدل تحلیل ارائه شده در قسمت حساسیت نظری، به‌طور مشخص می‌توان ضدیتهای ترسیم کرد که این مفصل‌بندی را ممکن می‌سازد.



شکل ۱- مفصل بندی گفتمان حاکم بر اسناد بالادستی در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و ۱۳۸۸-۱۳۸۴

جدول ۹- عناصر موید گفتمان حفاظتی و مشارکت محور در اسناد بالادستی آب

نوع برنامه	ماده	نمونه گفتمان
قانون تشویق سرمایه‌گذاری در طرح‌های آبی کشور	ماده واحد	به منظور تشویق سرمایه‌گذاران خصوصی (حقیقی و حقوقی) و تعاونی برای سرمایه‌گذاری در طرح‌های تأمین آب و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی و طرح‌های آب و خاک به وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی حسب مورد و در چارچوب وظایف قانونی، اجازه داده می‌شود اجرای طرح‌های فوق‌الذکر که حداکثر سی درصد (۳۰٪) عملیات اجرایی آنها خاخمه یافته و نیز طرح‌هایی که مطالعات مرحله دوم آنها تصویب شده باشد.
قانون تأمین منابع مالی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی و یا سرمازدگی	ماده ۳	توسعه بیمه محصولات کشاورزی در برابر خشکسالی و سرمازدگی به میزان یکصد میلیارد ریال از طریق پرداخت به صندوق بیمه محصولات کشاورزی. تبصره - استفاده از اعتبارات این ماده جهت خرید تجهیزات اداری و اتومبیل و ساختمان و زمین ممنوع است.
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۱	مدیریت ملی آب کشور باید براساس مدیریت توأمان عرضه و تقاضا، جامع‌نگری در کل چرخه آب و اصول توسعه پایدار و آمایش سرزمین در حوضه‌های آبریز کشور و مشترک، تقویت شده و به منظور تحقق مدیریت یکپارچه (جامع) منابع آب هماهنگی‌های متقابل بین بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیربنایی و خدماتی با بخش آب فراهم شود.
برنامه چهارم توسعه	ماده ۱۸ بند ز	ز- ایجاد صندوق تثبیت درآمد کشاورزان با مشارکت درآمدی دولت و کشاورزان جهت سیاست‌های حمایتی درآمدی کشاورزان به نحوی که خطرپذیری حاصل از تغییر قیمت‌ها و عملکرد تولید را به منظور تثبیت درآمد کشاورزان کاهش دهد. اساسنامه صندوق یاد شده ظرف مدت شش ماه پس از تصویب این قانون به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.
راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور	ماده ۲	بهره‌برداری از منابع آب کشور در هر یک از حوضه‌های آبریز با رعایت ظرفیت تحمل آنها به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که میزان استحصال از آب‌های زیرزمینی حسب مورد (بیان منفی) از میزان فعلی تجاوز نکرده و اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای برای تعادل بخشی آنها و تأمین نیازهای جدید کشور صورت گیرد، به طوری که سهم بهره‌برداری از منابع آب سطحی از رقم چهل و شش درصد (۴۶٪) فعلی به حدود پنجاه و پنج درصد (۵۵٪) در بیست سال آتی افزایش یابد و حداقل نیاز محیط‌های طبیعی آبی به طور پایدار تأمین شود.

۴. غیریت‌سازی گفتمان دولتی و غیرمشارکتی در مقابل خصوصی‌سازی حفاظتی و مشارکت محور اسناد بالادستی آب

پیش از پرداختن به مفهوم غیریت‌سازی باید گفت مطابق با اهداف پژوهش (ذکر شده در انتهای بخش مقدمه و بیان مسأله)، نویسندگان به دنبال بررسی و تحلیل انتقادی گفتمان حاکم بر اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و

۱۳۸۸-۱۳۸۴ بوده‌اند؛ که شامل دال‌های مرکزی، مولفه‌های گفتمانی، زنجیره هم‌ارزی و غیریت‌سازی می‌باشد. غیریت‌سازی گفتمان یا گفتمان غیر، در روش تحلیل گفتمان، گفتمان مقابل و غیرهمسو با گفتمان حاکم را بررسی می‌کند. غیریت‌سازی در واقع این امکان را بررسی می‌کند که اگر قرار باشد گفتمانی به طور مشخص در مقابل گفتمان حاکم قرار گیرد کدام گفتمان

است؟ و قرار است چگونه در مقابل گفتمان حاکم قد علم کند؟ و آیا می‌توان نمونه‌هایی از گفتمان غیر را نشان داد؟ در واقع پژوهشگر در غیریت‌سازی گفتمان، با نگاهی انتقادی گفتمان حاکم را بررسی می‌نماید. بررسی اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و ۱۳۸۸-۱۳۸۴ نشان از شکل‌گیری نوعی گفتمان دولتی و غیرمشارکتی در میان برنامه‌ها، قوانین و سیاست‌های بالادستی آب، داشته است. بنابراین گفتمان غیرحاکم بر اسناد بالادستی آب همان گفتمان خصوصی‌سازی حفاظتی و مشارکت محور در سیاست‌ها، برنامه‌ها و اسناد در کنار ترمیم زیرساخت‌ها به منظور جبران و رفع مشکلات گذشته است. در برنامه‌ها، قوانین و سیاست‌های مربوط به بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ تنها در ۳ مورد از برنامه‌های سوم توسعه به بحث مشارکت موثر مردم، بخش خصوصی و تعاونی، مشارکت تولیدکنندگان و بهره‌برداران بخش کشاورزی جهت سرمایه‌گذاری، مشارکت غیردولتی -حقاب‌داران و مالکان- و ایجاد تشکلهای بهره‌برداری آب و خاک، اشاره شده است. اما درخصوص ترمیم و بازسازی زیرساخت‌های فیزیکی، فنی، حقوقی و اجرایی به طور مستقیم در میان مواد و تبصره‌های موجود، مطلبی وجود ندارد. بنابراین گفتمان خصوصی‌سازی حفاظتی و مشارکت محور را می‌توان به عنوان گفتمان غیر، در اسناد بالادستی آب بررسی کرد. البته در برخی موارد سیاست‌گذار به صورت غیرمستقیم به این موضوع اشاره داشته است. مثلاً زمانی که سیاست‌گذار در بند دوم قانون راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲) به بحث بهره‌برداری باتوجه به وضعیت تحمل حوضه آبریز اشاره می‌کند، در واقع منظور آن است که برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب‌های زیرزمینی باعث کاهش سطح منابع آب، افزایش فرونشست زمین و منفی شدن بیلان آب خواهد شد.

جمع‌بندی

در این بخش به تحلیل گفتمان اسناد بالادستی در بازه زمانی ۱۳۸۳-۱۳۷۹ و ۱۳۸۸-۱۳۸۴ پرداخته شد. در این بازه زمانی هشت سند تدوین شده است، که شامل: قانون تأمین منابع مالی برای جبران خسارات ناشی از خشکسالی یا سرمازدگی (۱۳۸۳)، برنامه سوم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۳-۱۳۷۹)، قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (۱۳۸۹)، راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور (۱۳۸۲)، سیاست‌های کلی برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۲)، برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۴-۱۳۸۸)، قانون تشویق سرمایه‌گذاری در طرح‌های آبی کشور (۱۳۸۱) و سیاست‌های کلی نظام در مورد منابع آب (۱۳۷۸) می‌باشد. هدف از این تحقیق پاسخ به سه سوال اساسی بوده است: گفتمان حاکم بر

اسناد بالادستی آب چه بوده است؟ دال‌های مرکزی، مولفه‌های گفتمانی، زنجیره هم‌ارزی و غیریت‌سازی حاکم که نشان‌دهنده این گفتمان بوده‌اند، چه بوده است؟ و از چه نظریه‌ای به منظور تبیین گفتمان حاکم بر این اسناد استفاده شده است؟ نظریه بوم‌شناسی سیاسی، آمیزه‌ای از نقش عوامل و زمینه‌های اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و مدیریتی را در تغییرات زیست‌بوم مؤثر می‌داند، پیامدهای این تغییرات گستره‌ای از مقیاس‌های محلی تا کلان را در بر می‌گیرد. باتوجه به اینکه تحولات پیش‌گفته عمدتاً سوگیری تخریبی داشته و تداوم حیات متأثر از پوشش‌های انسانی را به چالش کشانده و حساسیت گروه‌ها، جوامع و حاکمیت را برانگیخته، بوم‌شناسی نیز ابعاد سیاسی یافته است (کاوایی راد، ۱۳۸۸). برخی از پژوهشگران همچون Robbinz (۲۰۰۴) معتقد هستند یکی از برداشتهایی که می‌توان از بوم‌شناسی سیاسی داشت آن است که بوم‌شناسی سیاسی آمیزه‌ای از نسبت اقتصاد سیاسی، توزیع قدرت و تأثیر آن بر فعالیت‌های تولیدی در ارتباط با مناسبات محیط‌زیستی است و هدف آن تبیین مناسبات میان اجتماع با پیچیدگی‌های زیستی- سیاسی، فرهنگی و طبیعت انسان‌زده است (کاوایی راد، ۱۳۸۸). سرخوردگی از سیاست‌های تعدیل اقتصادی در دوره سازندگی، تغییر سیاست‌های دولت در برنامه‌های توسعه و همچنین اسناد آب، فاصله گرفتن دولت از سیاست‌های بهره‌بردارانه و گفتمان‌های تخریب محور و غیرمشارکتی در حوزه مدیریت منابع آب؛ شرایط را برای چرخشی معنادار در رویکردهای سیاست‌گذاران در بخش آب فراهم آورد، تحلیل اسناد در بازه زمانی ۱۳۸۸-۱۳۷۹ نشان داد گفتمان اصلی حاکم بر این دوره گفتمان حفاظتی و مشارکت محور است که دال اصلی و نقطه ثقل این اسناد به حساب می‌آید و نشان از حمایت همه جانبه دولت و دستگاه‌های دولتی از منابع طبیعی و محیط‌زیستی کشور با استفاده از تدوین قوانین فنی، سیاسی- اجرایی، مدیریتی، اجتماعی و ملی دارد و این گفتمان با غیریت‌سازی گفتمان دولتی و غیرمشارکتی در مقابل گفتمان خصوصی‌سازی حفاظتی و مشارکت محور در این اسناد خود را نمایان می‌سازد. در رویکرد بوم‌شناسی سیاسی که به رابطه بین فرهنگ، قدرت، سیاست و طبیعت پرداخته می‌شود می‌توان به وضوح نقش قدرت را در سیاست‌گذاری‌های مرتبط با مدیریت منابع آب مشاهده کرد. نگاه چند بعدی به مدیریت منابع آب و گفتمان حفاظتی و مشارکتی دقیقاً از سال ۱۳۷۹ و شروع برنامه سوم آغاز شد. ظهور این تفکر که آب صرفاً یک موضوع محیط‌زیستی نیست، بلکه ابعاد اقتصادی، فرهنگی، امنیتی، کالبدی و به‌ویژه سیاسی نیز دارد، بحث نفوذ و قدرت را به عنوان یک متغیر تاثیرگذار در اتخاذ تصمیمات نشان می‌دهد. نگاه سیاسی به مقوله مدیریت منابع آب،

بحث قدرت صاحبان صنایع و مدیران را در مقابل کشاورزان، کارشناسان و سایر صاحب نظران مطرح می‌کند. اینکه تا چه حد تدوین سیاست‌ها و تصمیمات متأثر از قدرت صاحبان منافع است و نه تحت تاثیر گزارش‌های علمی و فنی- تخصصی، باید در اجرای این سیاست‌ها، قوانین، برنامه‌ها و دستورالعمل‌ها جستجو کرد. در خصوص موضوع پژوهش حاضر مورد مشابهی که در همین بازه زمانی انجام شده باشد و نویسندگان مقاله بتوانند آن را مبنای مقایسه با این پژوهش قرار دهند؛ وجود نداشت. اما نتایج پژوهش زارع شاه آبادی و بنیاد (۱۴۰۱) در تحلیل اسناد بالادستی آب در بازه زمانی ۱۳۶۷-۱۳۵۷ نشان داد در آن بازه زمانی گفتمان اصلی حاکم بر اسناد؛ گفتمان بهره‌بردارانه و بهره‌گیری تمام عیار از منابع آبی کشور با استفاده از تکنولوژی و مکانیزاسیون روش‌های تولید است، درحالی‌که در برنامه سوم و چهارم توسعه (۱۳۷۹-۱۳۸۸) چرخشی معنادار به سمت رویکردهای حفاظتی و مشارکت محور مشاهده می‌شود. نتایج پژوهش Heydari و Moradi (۲۰۲۰) نشان داد در تحلیل اسناد بالادستی در برنامه ششم توسعه، بیشترین مضامین مورد توجه "بهبود تاب‌آوری و ظرفیت سازگاری" و "واکنش به تغییرات در دسترس بودن آب" بود. کمترین مضامین مورد توجه نیز "پاسخ به افزایش نیاز آبیاری" و "پاسخ به تغییرات کاربری اراضی کشاورزی" بود. به‌طورکلی برنامه پنج ساله ششم توسعه مطابقت قابل قبولی را با معیارهای ارزیابی شده نشان می‌دهد. همانطور که در بخش حساسیت نظری پژوهش اشاره شد، هدف از به‌کارگیری نظریه بوم‌شناسی سیاسی استفاده از مفاهیم حساس مانند فراتر رفتن از درک‌های سطحی و مرسوم، توجه به عاملان (کنشگران) محیط‌زیستی، توجه به متغیرهای قدرت، فرهنگ و سیاست در کنار متغیرهای طبیعی و محیط‌زیستی و همچنین توجه بیش از پیش به اقتصاد سیاسی در تحلیل‌های محیط‌زیستی است. یکی از دلایل مهم انتخاب این نظریه آن است که باوجود تحلیل رابطه قدرت، فرهنگ، سیاست و طبیعت با رویکردی انتقادی به این ارتباط توجه می‌کند و با این رویکرد تلاش می‌کند به تجزیه و تحلیل قدرت و مبارزات قدرت در زمینه مدیریت محیط‌زیست بپردازد. در همین راستا نتایج پژوهش شعبانعلی فمی و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد مدیریت سازمانی و اداری بخش آب بیش از قوانین و سیاست‌های این بخش بر عملکرد مدیریت آب تأثیرگذار است. در پژوهش حاضر نیز توجه به حقوق ذی‌نفعان، حق‌آبه‌داران و توجه به مشارکت ذی‌نفعان و بهره‌برداران از نتایج عناصر موید گفتمان حفاظتی و مشارکت محور بودند چرا که تعامل بین‌سازمانی و بین‌بخشی نقش بسیار مهمی در اجرای صحیح اسناد بالادستی ایفا می‌کند. از نتایج پژوهش حاضر در بخش دال‌های شناور؛ گفتمان ارتقا فناوری و تولید دانش در مدیریت منابع آب کشور می‌باشد.

نتایج پژوهش شفيعی و همکاران (۱۴۰۱) هم نشان می‌دهد که در ایران بین تولیدکنندگان داده‌ها (کارشناسان) و مصرف‌کنندگان داده‌ها (سیاست‌گذاران) در حوزه مدیریت منابع آب شکاف شناختی و اطلاعاتی قابل توجهی وجود دارد، بنابراین به کمک سیاست‌گذاری کلان، میانه و خرد در قالب ارائه راهبردها و استراتژی‌های متناظر با آنها، توسعه سامانه‌های مدیریت اطلاعات و اطلس‌های دیجیتال در تمامی سطوح مدیریتی آب کشور می‌توان تا حدود زیادی این شکاف اطلاعاتی را تقلیل داد. همچنین نتایج پژوهش Zarezadeh و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد رویکردهای موجود در اسناد بالادستی آب پتانسیل بهبود پایداری منابع آب را دارند. بااین‌حال، ظرفیت آنها ناکافی بود و موفقیت آنها به موضوعاتی مانند توانایی تخصیص موثر آب و کنترل اثرات برگشتی و همچنین جبران زیان اقتصادی بستگی داشت.

پی‌نوشت

۱- منظور پژوهش در دست نوشتار است که بخشی از پایان‌نامه دکتری با عنوان "مطالعه جامعه شناختی حکمرانی منابع و مصارف آب در یزد" است.

۲- این مقاله بخشی از رساله دکتری است (بنیاد، ۱۴۰۱) که به تحلیل گفتمان حاکم بر اسناد بالادستی آب در چهار بازه زمانی قبل از انقلاب تا پایان جنگ ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۸، برنامه اول و دوم توسعه (۱۳۶۸-۱۳۷۲)، برنامه سوم و چهارم توسعه (۱۳۷۹-۱۳۸۸) و برنامه پنجم (۱۳۹۴-۱۳۹۰) و ششم (۱۴۰۰-۱۳۹۶) توسعه پرداخته است و هر کدام از مقالات به‌ترتیب در فصلنامه‌های مختلف به چاپ رسیده است.

3- Political Ecology (PE)

4 - Center for Environment and Development Studies

5- Laclau and Mouffe

6- Moments

7- Elements

8- Articulation

9- Nodal point

10- Floating signifier

11- Chain of equivalence

۱۲- تعیین نرخ آب در مصارف مختلف به‌گونه‌ای انجام شود تا نیازهای پایه آب شرب و بهداشت مردم (در چارچوب الگوی مصوب برای شهر و روستا) به‌صورت ترجیحی تأمین شود و برای مصارف فراتر از آن و سایر مصارف با توجه به تأمین منابع مالی و تنوع بخشی به این منابع، در مرحله اول هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری پوشش داده و در مراحل بعدی باز یافت هزینه‌های سرمایه‌گذاری را تأمین نماید.

۱۳- ماده ۷ راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور

مطبوعات ایران طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳. جامعه‌شناسی

- نهادهای اجتماعی، ۴(۹): ۷۷-۴۳. [SSL.2017.1559/10.22080](https://doi.org/10.22080/SSL.2017.1559)
- روح‌الامینی، م. ۱۳۹۷. آسیب‌شناسی قوانین ایران در خصوص حفاظت و صیانت از منابع آب سطحی و زیرزمینی. مطالعات حقوق و انرژی، ۴(۱): ۶۱-۹۰. [JRELS.2018.224991.99/10.22059](https://doi.org/10.22059/JRELS.2018.224991.99/10.22059)
- زارع شاه‌آبادی، ع. و بنیاد، ل. ۱۴۰۱. تحلیل گفتمان حاکم بر مدیریت منابع آب در اسناد بالادستی کشور (بازه زمانی: ۱۳۵۸-۱۳۶۷). مجله تحقیقات منابع آب، ۱۸(۱): ۵۴-۶۷. [20.1001.1.17352347.1401.18.1.4.2](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1401.18.1.4.2)
- زارع شاه‌آبادی، ع. و بنیاد، ل. ۱۴۰۲. تحلیل گفتمان برنامه اول و دوم توسعه جمهوری اسلامی ایران در بخش آب. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۱۱(۴۲): ۳۸۱-۴۰۰. [IJMS.2022.356491.2473/10.30507](https://doi.org/10.30507/IJMS.2022.356491.2473/10.30507)
- شفیعی، م.، قلی‌زاده سرابی، ش.، جودوی، ع.ا.، مجیدی خلیل‌آباد، م. و قبادی حمزه‌خانی، ف. ۱۴۰۱. تدوین اطلس دیجیتال منابع آب ایران: ضرورت، چشم انداز و راهبردهای کلان، آب و توسعه پایدار، ۹(۲): ۱۳۴-۱۲۷.
- شقایق شهری، و. ۱۳۹۷. تحلیل برنامه پنجم توسعه از منظر اهداف اقتصادی در سند آینده. مجلس و راهبرد، ۲۵(۹۴): ۲۰۹-۲۳۷.
- شعبانعلی فمی، ج.، مهدوی، ا. و اسدی، ع. ۱۴۰۰. تحلیل محتوای مؤلفه‌های مدیریت آب کشاورزی در اسناد بالادستی توسعه کشور، مجله تحقیقات و توسعه کشاورزی ایران، ۲۵ خرداد ۱۴۰۰. [IJAEDR.2020.294907.668864/10.22059](https://doi.org/10.22059/IJAEDR.2020.294907.668864/10.22059)
- فوزی، ی. و نریمان، س. ۱۳۹۱. اساس اندیشه سیاسی در حوزه دهه اول انقلاب. سیاست معاصر، ۹۱-۱۱۴.
- کسرای، م.س. و پوزش شیرازی، ع. ۱۳۸۸. نظریه گفتمان لاکلا و موف: ابزار دقیق و کارآمد در درک پدیدارشناسی سیاسی. سیاست، ۳۹(۳): ۳۳۹-۳۶۰.
- طالبی صومعه سرابی، م.، زارعیان، م.، فرخ نیا، ع. و روزبهرانی، ر. ۱۴۰۰. سیر تحول برنامه‌ریزی و سیاستگذاری آب در دوران قبل و بعد از انقلاب اسلامی ایران. مطالعات میان رشته‌ای در علوم انسانی، ۱۴(۱): ۱۵۸-۱۷۱. <https://doi.org/10.22035/isih.2022.4556.4516>
- قربانی، م.، راسخی، س. و کرمی، ع. ۱۳۹۶. تحلیل ویژگی‌های ساختاری سرمایه اجتماعی در استقرار مدیریت روستایی جامعه محور (مطالعه موردی: شهرستان ریگان، استان کرمان). فصلنامه تحقیقات روستایی، ۸(۲): ۲۲۸-۲۴۱.
- کاوایی‌راد، م. ۱۳۸۸. بوم‌شناسی سیاسی. فصلنامه مطالعات راهبردی، ۱۲(۳): ۷-۲۶. [20.1001.1.17350727.1388.12.45.1.7](https://doi.org/10.1001.1.17350727.1388.12.45.1.7)
- کانون تفکر آب. ۱۳۹۸. مصرف آب در صنعت و معدن. یزد: دانشگاه یزد.

- ازک، م. و بهرامی، س. ۱۴۰۰. نقش رشد طبقه متوسط جامعه در تغییر گفتمان غالب جامعه ایران از ۱۳۳۲ تا ۱۳۵۷ (با تأکید بر نظریه تحلیل گفتمان لاکلاو و موف)، مطالعات بین رشته‌ای دانش راهبردی، ۱۱(۴۳): ۷-۳۸.
- اقبال، ج.، کلانتری، خ.، اسدی، ع. و جاوید، م. ۱۳۹۹. تحلیل محتوای یک قرن قانون‌گذاری آب در ایران. مدیریت آب و آبیاری، ۱۰(۱): ۱۱۳-۱۲۹. [JWIM.2020.291284.723/10.22059](https://doi.org/10.22059/JWIM.2020.291284.723/10.22059)
- امیری، ع.، شانه‌چی، م. و گلشنی، ع. ۱۳۹۹. تأثیر فرآیند سیاستگذاری عمومی بر بحران آب در جمهوری اسلامی ایران. پژوهشنامه علوم سیاسی، ۱۵(۴): ۴۵-۷۲. [IPSA.2020.417/10.22034](https://doi.org/10.22034/IPSA.2020.417/10.22034)
- باقری، ر.، شیاری، ع.، احدی، ص. و اسماعیل‌زاد، ع. ۱۴۰۰. حکمرانی و سیاستگذاری در خصوص بحران منابع آب در جمهوری اسلامی ایران. تحقیقات روابط بین‌الملل، ۱۱(۱): ۲۴۹-۲۷۰. [IRR.2021.134322/10.22034](https://doi.org/10.22034/IRR.2021.134322/10.22034)
- بدیسار، س. و احمدی، س. ۱۳۹۶. بررسی صلاحیت‌های کمیسیون آب زیرزمینی در حقوق آب ایران. مطالعات حقوق و انرژی، ۲(۲): ۲۱۳-۲۲۸. [jrels.2016.62721/10.22059](https://doi.org/10.22059/jrels.2016.62721/10.22059)
- بنیاد، ل. ۱۴۰۱. مطالعه جامعه شناختی حکمرانی منابع و مصارف آب در یزد. پایان نامه دکترا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه یزد.
- تاجیک، م. و روزخوش، م. ۱۳۸۷. تحلیل نهمین دوره انتخابات ریاست جمهوری از منظر تحلیل گفتمان. مجله مسائل جامعه‌شناسی ایران، ۵(۵): ۸۳-۱۲۷. [20.1001.1.24766933.1387.1387.5.3.0](https://doi.org/10.1001.1.24766933.1387.1387.5.3.0)
- جمالی، س. و عبداللهی، م. ۱۴۰۰. موانع قانونی حکمرانی آب در ایران؛ نگاهی به قانون توزیع عادلانه آب. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۷(۳): ۳۸-۴۸. [20.1001.1.17352347.1400.17.3.2.7](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1400.17.3.2.7)
- جوادی پاشاکی، ن. و درویش پور، آ. ۱۳۹۸. مروری بر مفاهیم حساسیت نظری و بازاندیشی در تحقیق کیفی. تحقیقات کیفی در علوم سلامت، ۸: ۶۵-۵۷.
- حقیقت، س. ص. ۱۳۹۴. روش‌شناسی علوم سیاسی، انتشارات دانشگاه مفید. چاپ چهارم. قم، ایران.
- خانیک، ح.، زردار، ز. و موسوی، س. ۱۴۰۰. صورت‌بندی‌های گفتمانی مسئله آب ایران در روزنامه‌های سراسری دهه ۹۰. مطالعات میان رشته‌ای در علوم انسانی، ۱۴(۱): ۸۹-۱۲۱. <https://doi.org/10.22035/isih.2022.4414.4412>
- داودی، ع. ا. ۱۳۸۹. نظریه گفتمان و علوم سیاسی. مطالعات سیاسی، ۲(۸): ۵۳-۷۶.
- ذوالفقاری، ا.، صابر دمیرچی، ح. و باقری بونجار، ع. ر. ۱۳۹۶. بازفای جامعه مدنی در مطبوعات: تحلیل گفتمانی جامعه مدنی در

- کلانتری، س.، عباس زاده، م.، سعادت، م.، پورمحمد، ر. و پورمحمد، ن. ۱۳۸۸. تحلیل گفتمان: با تأکید بر گفتمان انتقادی به عنوان روش تحقیق کیفی. مطالعات جامعه‌شناسی، (۳۴): ۷-۲۸.
- مرادی طادی، م. ۱۳۹۶. آب و سیاست: نگاهی به روند سیاسی شدن آب. مطالعات میان رشته ای علوم انسانی، ۹(۴): ۷۱-۹۰.
<https://doi.org/10.22631/isih.2017.1981.2512>
- مشهدی، ع. ۱۳۹۵. دولت و محیط زیست: از رویکردهای غیردولتی تا رویکردهای مشارکتی. فصلنامه مطالعات دولت، ۲(۸): ۵۹-۸۰.
<https://doi.org/10.22054/tssq.2017.7198>
- ملکی، ع.، صالحی، س.، کریمی، ل. و شبیری، س. ۱۴۰۱. تحلیل گفتمانی قانون توزیع عادلانه آب در ایران. آب و توسعه پایدار، ۹(۱): ۶۴-۷۱.
[JWSD.V9I1.2110.1088/10.22067](https://doi.org/10.22067/JWSD.V9I1.2110.1088.10.22067)
- نیکدار اصل، م.ج. و فتحی فتح، ذ. ۱۳۹۵. تحلیل گفتمان انقلاب اسلامی ایران با استفاده از مفهوم دموکراسی کثرت گرای رادیکال لاکلاو و موفه، فصلنامه رهیافت انقلاب اسلامی، ۳۵: ۱۴۰-۱۲۳.
- Basset T. and Peimer A. 2015. Political ecological perspectives on socio-ecological relations. *Natures Sciences Société*, 165-175
- Blaikie P. and Brookfield H. 1987. *Land Degradation and Society*. Edited By Piers Blaikie, Harold Brookfield London.
- Benjaminsen T.A. and Svarstad S. 2009. Qu'est-ce que la "political ecology"? *Natures Sciences Sociétés*, 17(1): 3-11.
- Forsyth T. 2003. *Critical political ecology: the politics of environmental science*. London and New York.
- Jonathan D., Schad T. and Sherk G. 2001. Water policy in the United States: a perspective. *Water Policy*, 3(3): 175-192. [10.1016/S1366-7017\(01\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(01)00011-3)
- Heydari N. and Moradi S. 2020. Water and agricultural policies in Iranian macro-level documents from the perspective of adaptation to climate change. *Irrigation and Drainage*, 69(5): 1012-1021.
- Robbinz P.F. 2004. *Political Ecology: A Critical Introduction*. Malden. Publisher: Blackwell Pub ISBN: 1405102659.
- Zarezadeh M., Delavar M., Moradi S. and Abbasi H. 2023. Evaluating the effectiveness of macro-level water-saving policies based on water footprint sustainability indicators. *Agricultural Water Management*, 282. [10.1016/j.agwat.2023.108272](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108272)

Sustainable Food Security with the Help of Sustainable Aquaculture Using Modern Aquaculture Systems (part 1): The Role of Upstream Laws and Documents

S. Zahedi^{1*}, M. Barkhordar², M. Taherpoor³

1- Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 2- Assistant Professor, Department of Animal Science, Agricultural Research, Education and Extension Organization Center, Khorasan Razavi, Mashhad, Iran. 3- Ph.D Student, Department of Fisheries, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: saeedzahedi@um.ac.ir)

Received: 26-03-2023

Revised: 03-06-2023

Accepted: 07-06-2023

Available Online: 20-06-2023

امنیت غذایی پایدار به کمک آبی پروری پایدار با استفاده از سامانه‌های نوین آبی پروری (قسمت اول): نقش قوانین و اسناد بالادستی

سعید زاهدی^{۱*}، محسن برخوردار^۲، مجید طاهرپور^۳

۱- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. ۲- استادیار گروه علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران. ۳- دانشجوی دکترا، گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: saeedzahedi@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

Abstract

Formulation of suitable strategies in the agricultural sector, considering the limitations of water resources, can ensure the food security of the country and reduce the country's food needs abroad. Aquatic production, as a healthy and nutritious protein source, can play an important role in employment, providing health and sustainable food security for society. In this regard, the use of modern aquaculture systems that have high productivity and less water consumption can be very valuable in achieving sustainable aquaculture. In this article, while investigating the current situation of aquaculture in the world, the amount of aquaculture production in our country will be presented. We will also discuss the role and importance of aquaculture in achieving sustainable food security. Finally, in addition to reviewing the tasks and performance of the Iranian Fisheries Organization in the sixth economic, social and cultural development program of the country, the obstacles to achieving the goals of development programs in the field of aquaculture in Iran will be discussed.

Keywords: Food Security, Development Program, Modern Aquaculture Systems.

چکیده

تدوین استراتژی‌های راهبردی در بخش کشاورزی باتوجه به محدودیت‌های منابع آبی، می‌تواند امنیت غذایی کشور را تامین و از نیاز غذایی کشور به خارج بکاهد. تولید آبزیان به عنوان یک منبع پروتئینی سالم و مغذی، می‌تواند نقش مهمی در اشتغال، تأمین سلامت و امنیت غذایی پایدار جامعه بازی کند. در این راستا، استفاده از سامانه‌های نوین آبی پروری که توان تولیدی بالا و مصرف آب کمتری دارند، می‌تواند در رسیدن به آبی پروری پایدار بسیار مفید باشد. در این مقاله، ضمن بررسی وضعیت کنونی آبی پروری در جهان، میزان تولیدات آبی پروری در کشور ارائه خواهد شد. همچنین، به نقش و اهمیت آبی پروری در رسیدن به امنیت غذایی پایدار خواهیم پرداخت. در پایان، علاوه بر مرور تکالیف و عملکرد سازمان شیلات ایران در برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، موانع تحقق اهداف برنامه‌های توسعه‌ای در زمینه آبی پروری در ایران بحث خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، برنامه توسعه، سامانه‌های نوین آبی پروری.

سازمان خوار و بار جهانی (فائو)، خود را متعهد به ابتکاری به نام "انقلاب آبی یا تحول آبی" در جهان می‌داند که هدف نهایی از آن، مقابله با چالش‌های امنیت غذایی و پایداری محیط‌زیست است. در نقشه راه "تحول آبی"، به درک اهمیت سامانه‌های آبی‌پروری به عنوان محرک‌های اشتغال، رشد اقتصادی، توسعه اجتماعی و احیای محیط‌زیست تأکید شده است. هدف از این نقشه راه، تحول به سمت دستیابی به سامانه‌های پرورش آبزیان پایدارتر، تاب آورتر و فراگیرتر برای تحقق اهداف چهارگانه از پیش تعیین شده (تولید بهتر، تغذیه بهتر، محیط‌زیست بهتر و زندگی بهتر) است (FAO، ۲۰۲۲). توسعه آبی‌پروری جهانی تنها با الگویی از افزایش تولید محقق می‌شود که این الگو، منطبق بر واقعیت‌های تغییر اقلیم جهانی، تحولات اقتصادی جهان و همراه با کاهش اثرات محیط‌زیستی فعالیت‌های آبی‌پروری و نیز، کم‌رنگ‌تر نمودن ردپای آبی‌پروری در منابع طبیعی باشد. جایی‌که، سامانه‌های تولید آبزیان، با توان ایجاد رد پای کربنی کمتر به ازای هر کیلوگرم از محصول تولیدی و نیز، نشر کمتر نیتروژن و فسفر در مقایسه با سامانه‌های دامپروری، می‌توانند بسیار کارساز باشند (The WorldFish Center، ۲۰۱۱).

آبی‌پروری در ایران

ایران با داشتن تجربه‌ای در حدود پنجاه سال در آبی‌پروری، در رتبه دوم کشورهای منطقه خاورمیانه و نوزدهم کشورهای جهان قرار دارد (عبدالحی و عسگری، ۱۳۹۹). میزان تولیدات آبی‌پروری کشور در سال ۱۳۵۷، معادل ۴۹۳۹ تن و در سال ۱۴۰۰، به رقم ۵۵۶۰۰۰ تن رسیده است (حدود ۱۱۲ برابر) (عبدالحی و عسگری، ۱۳۹۹). بررسی آمار مربوط به میزان تولیدات شیلاتی اعم از صید و صیادی و آبی‌پروری در ایران طی شش ساله اخیر (بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰)، افزایش ۱۵٪ را نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از این افزایش، متعلق به فعالیت‌های آبی‌پروری است. در بازه زمانی مذکور، میزان صید در آب‌های جنوب از ۶۰۰۸۰۲ به ۶۷۲۵۹۶ تن (افزایشی در حدود ۱۲٪) و در آب‌های شمال از ۳۳۳۹۶ به ۲۹۸۶۴ تن (کاهشی در حدود ۱۰٫۵٪) رسیده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰). در مقابل، آبی‌پروری طی این بازه زمانی، از ۴۵۹۵۲۱ به ۵۵۶۰۰۰ تن رسیده است که افزایش ۲۱٪ را نشان می‌دهد. به‌طور خلاصه، پرورش ماهیان گرمابی از ۲۰۱۰۹۷ به ۲۱۶۹۵۲ تن (رشد ۷٫۸٪)، تیلپیا از صفر به ۷۳۶ تن، ماهیان سردابی از ۱۶۳۳۲۵ به ۱۸۹۹۳۲ تن (رشد ۱۶٪)، خاویاری از ۲۱۴۶ به ۳۱۴۴ تن (رشد ۴۶٪)، میگوی آب شور از ۲۱۳۳۱ به ۵۷۷۹۹ تن (رشد ۱۷۰٪)، میگوی آب شیرین و شاه میگو از ۶۹ به ۲۴ تن (کاهش ۶۵٪)، سیست و بیومس آرتمیا از صفر به ۵۲ تن، پودر خشک ریزجلبک از صفر به ۳۰ تن، پرورش ماهیان دریایی در

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ میلادی به آستانه ۹٫۵ میلیارد نفر خواهد رسید. پیش‌بینی می‌شود نیاز پروتئینی این جمعیت با افزایش ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلیون تنی تولیدات، قابل تأمین باشد (Tacon و همکاران، ۲۰۲۲). در همین راستا، آبی‌پروری، به عنوان پویاترین بخش تولید غذای مورد نیاز مردم جهان، می‌تواند جایگاه ویژه‌ای را در تأمین نیازهای پروتئینی آبی بشر، با اتخاذ استراتژی‌های پایدار و دوستدار محیط‌زیست داشته باشد (FAO، ۲۰۲۲). بی‌تردید، بدون فعالیت‌های آبی‌پروری، تأمین غذاهای دریایی با کیفیت، تنها با تکیه بر منابع دریایی موجود، ممکن نخواهد بود (Vormedal، ۲۰۱۷). در حال حاضر، آبی‌پروری بیش از نصف ماهی مورد مصرف در سطح جهان را تأمین می‌گماید. این مقدار در آینده نیز، با توجه به کاهش ذخایر طبیعی دریایی و رشد تقاضا برای مصرف آبزیان، افزایش خواهد داشت. پیش‌بینی می‌شود که سهم مصرف انسانی از محصولات آبی‌پروری از ۵۲٪ (میانگین سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۸) به ۵۸٪ در سال ۲۰۲۸ فزونی یابد (FAO، ۲۰۲۰).

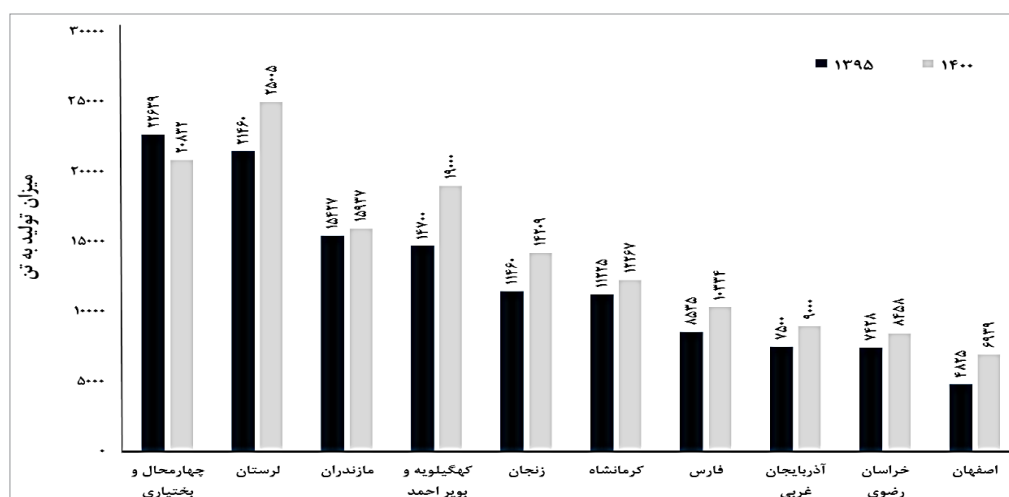
طی سه دهه گذشته، تولید ماهی در جهان ۱۲ برابر شده است و رشد سالانه‌ای به میزان ۸٪ داشته است. تولیدات جهانی به‌دست آمده از صید و صیادی و آبی‌پروری در سال ۲۰۲۰، به رکورد ۲۱۴ میلیون تن در سال رسیده است. سهم جانوران آبی از این مقدار، ۱۷۸ میلیون تن و سهم جلبک‌ها، ۳۶ میلیون تن برآورد شده است که رشدی معادل ۴۱٪ را طی بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰، نشان می‌دهد. براساس برآوردهای موجود، تولید آبزیان در سال ۲۰۳۰، بدون احتساب جلبک‌ها به میزانی حدود ۲۰۲ میلیون تن خواهد رسید (FAO، ۲۰۲۲). در نتیجه گسترش فعالیت‌های آبی‌پروری، تولید ماهیان در آب شیرین رشد قابل توجهی را طی سال‌های اخیر داشته و از حدود ۲۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ (۱۹٪ از کل) به ۵۸ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ (۳۳٪ از کل) رسیده است. این تولید به‌طور عمده در استخرها، دریاچه‌ها، کانال‌های انتقال آب و مخازن پرورشی صورت پذیرفته است (FAO، ۲۰۲۲).

امروزه، رشد چشمگیر آبی‌پروری در بسیاری از کشورها به‌خوبی مشهود است. در حال حاضر، بیش از ۶۵۰ گونه آبی در سرتاسر دنیا و در سامانه‌های مختلف پرورش داده می‌شوند که تنوع منحصر به فردی در مقایسه با سایر سامانه‌های تولید غذا است. این موضوع، نشان‌دهنده توان و ظرفیت بالای آبی‌پروری برای توسعه و پیشرفت است (FAO، ۲۰۲۰). آسیا، به عنوان پرجمعیت ترین قاره جهان، نقش عمده‌ای در رشد کلی تولیدات صید و صیادی و نیز، آبی‌پروری ایفا نموده به‌نحوی که، در سال ۲۰۰۰ میلادی، ۵۷٪ و در سال ۲۰۲۰، ۷۰٪ از کل تولیدات را به خود اختصاص داده است (FAO، ۲۰۲۲).

استخرهای خاکی از صفر به ۴۸۱ تن و تولیدات ماهی منابع آبی طبیعی و نیمه طبیعی از ۶۱۳۹۱ به ۷۷۷۶۴ تن (رشد ۲۶,۷٪) رسیده است. باوجود تمام تلاش و حمایتی که طی این شش سال، پیرامون فعال نمودن پتانسیل کشور برای پرورش ماهی در قفس‌های دریایی صورت پذیرفت، مقدار تولید کاهش ۱۰,۶٪ (۱۰۱۶۲ به ۹۰۸۶ تن) را نشان داد (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰).

با اندکی تأمل در آمار ارائه شده توسط سازمان شیلات ایران، مشاهده می‌شود پرورش ماهیان سردابی باوجود تجربه چند دهه‌ای، رشدی کمتر از ۲,۷٪ در سال را تجربه نموده است. حال آنکه، در برخی از استان‌های دارای منابع آبی فراوان و همچنین، مستعد برای پرورش قزل‌آلای رنگین کمان، رشد قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود و یا حتی در مواردی نیز، با کاهش تولید

مواجه هستیم. به‌طورمثال، در استان چهارمحال و بختیاری که همواره یکی از استان‌های پرتولید در زمینه ماهیان سردابی در کشور قلمداد می‌شود، در بازه زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰، تولید از ۲۲۶۳۹ به ۲۰۸۳۲ تن رسیده است (شکل ۱). در همین راستا، تولیدات سردابی در استان پربارشی همچون گیلان نیز روند کاهشی را سپری نموده است و از ۴۲۹۹ به ۳۳۰۰ تن رسیده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰). تولید تیلپایا به‌عنوان یکی از گونه‌های پرورشی جدید و آینده‌دار که از سال ۱۳۹۸ آمار رسمی دارد، افزایش قابل توجهی را نشان نداده است. تولید این گونه در استان سمنان از ۷۵ به ۱۰۲ تن، استان قم از ۲۱۰ به ۳۰۰ تن، استان یزد از ۲۶۴ به ۳۰۶ تن و خراسان جنوبی از ۸۰ تن به صفر رسیده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰).



شکل ۱- مقایسه میزان تولید قزل‌آلای رنگین کمان در ۱۰ استان پر تولید کشور در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰

نقش آبرزی پروری در امنیت غذایی پایدار

کامل‌ترین تعریف پیرامون امنیت غذایی را می‌توان تعریف ارائه شده در اجلاس جهانی غذا دانست که به شرح زیر مطرح شد: دسترسی به غذای کافی، سالم و مغذی در تمام اوقات زندگی به‌منظور داشتن زندگی فعال مطابق با ترجیحات غذایی (FAO، ۲۰۱۸). یعنی زمانی امنیت غذایی وجود دارد که همه مردم، در تمامی اوقات، دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به مواد غذایی کافی و سالم داشته باشند که نیازهای غذایی و ترجیحات غذایی آنها را برای یک زندگی فعال و سالم فراهم کند (سیدحمزه و دمازی، ۱۳۹۶). براساس گزارش سازمان ملل متحد، در سال ۲۰۲۲ میلادی، جمعیت کره زمین از مرز ۸ میلیارد نفر گذشت (Hung و Kumara، ۲۰۲۳). این رشد فزاینده جمعیتی در شرایطی رخ داد که کشورهایی که رشد بالای جمعیتی را تجربه کرده بودند، متناسب با آن، افزایشی در تولید مواد غذایی نداشتند. لذا امروزه چالش‌هایی همچون افزایش گرسنگی در سطح جهان،

عدم تعادل در رژیم غذایی روزانه افراد، تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی و ...، باعث شده که موضوع امنیت غذایی به یکی از مهمترین مسائل جوامع بشری تبدیل شود (مرتضوی، ۱۳۹۱). به همین جهت، امنیت غذایی و حق دسترسی به غذا، در کنوانسیون‌ها و معاهدات مختلف سازمان ملل مورد تأکید قرار گرفته و نقض آن، تهدیدی برای صلح و امنیت بین‌المللی توصیف شده است (اسفندیاری و میرعباسی، ۱۳۹۱).

با شناسایی برخی از مهمترین چالش‌های تحقق امنیت غذایی در جهان (همچون افزایش قیمت جهانی مواد غذایی، تغییر اقلیم، تخریب منابع طبیعی، کاهش اراضی زیر کشت، جهانی شدن اقتصاد و نظام‌های تولید، فرسایش منابع پایه و بحران‌های محیط‌زیستی (اسفندیاری و میرعباسی، ۱۳۹۱))، به نظر می‌رسد باتوجه‌به توان و ظرفیت‌های موجود در آبرزی پروری و به شرط استفاده صحیح از آن، بتوان در راه تقلیل برخی از این چالش‌ها قدم گذارد و به پر کردن شکاف تأمین غذا برای جمعیت روبه‌رشد جهان کمک نمود. در دهه‌های اخیر، آبرزی پروری بخش مهمی از فعالیت‌های کشاورزی

پتانسیل‌های سامانه‌های نوین پرورشی در رسیدن به آبزی‌پروری پایدار و مصرف بهینه آب

آبزی‌پروری پایدار نوعی از آبزی‌پروری است که بر پایداری محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی تمرکز دارد تا ظرفیت‌سازی را بهبود بخشیده و استفاده موثر از زمین را در زیربخش آبزی‌پروری مقدور سازد. هدف نهایی از آبزی‌پروری پایدار، تأمین مستمر آبزیان پرورشی مفید برای تغذیه انسان و کمک در رسیدن به امنیت غذایی پایدار بدون آسیب رساندن به بوم سازگان‌های موجود یا بهره‌برداری بیش از توان کره زمین در تجدید منابع طبیعی لازم برای تولید آبزیان است (Boyd و همکاران، ۲۰۲۰). آبزی‌پروری اثرات محیط‌زیستی مستقیمی همچون پر تولید شدن بوم سازگان‌های آبی (رهاسازی مواد مغذی مثل نیتروژن، فسفر و مواد معلق) و استفاده زیاد از آب، زمین و انرژی دارد (Wilfart و همکاران، ۲۰۱۳). از اثرات محیط‌زیستی غیرمستقیم آبزی‌پروری می‌توان به تولید خوراک به‌ویژه برای گونه‌های گوشت خواری همچون قزل‌آلای رنگین کمان اشاره نمود که بر تغییر اقلیم اثر دارد (Parker و Tyedmers، ۲۰۱۲). البته وابستگی بالای آبزی‌پروری به منابع محدودی همچون آرد ماهی و روغن ماهی نیز، نباید از نظر دور نگه‌داشته شود (Papatriphon و همکاران، ۲۰۰۴).

رشد پایدار آبزی‌پروری نیازمند استراتژی‌هایی است که علاوه بر اینکه افزایش محصول را موجب شود، توسعه بازار آبزیان را نیز ممکن سازد و مستلزم در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به تغییرات اقلیمی (و محدودیت‌های آبی)، حفظ محیط‌زیست، امنیت زیستی و سلامت آبزیان است. از مهمترین استراتژی‌های معرفی شده به‌منظور رسیدن به آبزی‌پروری پایدار، استفاده از سامانه‌های نوین پرورشی موثر و پربازده است (Khanjani و Sharifinia، ۲۰۲۰). به‌عنوان نمونه، سامانه‌های پرورش ماهی در قفس می‌تواند پیشران بسیار مهمی در توسعه پایدار آبزی‌پروری باشد. البته در پرورش ماهی در قفس‌های دریایی، نباید موضوعات مهمی همچون مهندسی قفس‌ها، امنیت زیستی، استانداردهای محیط‌زیستی و مکان‌یابی کارشناسانه آنها نادیده گرفته شود چراکه به‌دلیل هزینه‌های بالای نصب و راه‌اندازی و تولید آبزی در قفس‌ها، بدون اعمال مدیریت بسیار دقیق، آینده این صنعت دچار ابهامات بزرگی خواهد شد (حسین جانی و همکاران، ۱۳۹۶).

در همین راستا، افزایش میزان تولید در استخرهای پرورشی در رشد پایدار آبزی‌پروری بسیار مهم است. در اینجا، مکانیابی صحیح، مهندسی صحیح سامانه، افزایش راندمان و بهره‌وری از آب و انرژی از موضوعات کلیدی است و اولویت، توسعه سامانه‌هایی است که مصرف آب و زمین اندک و آلودگی محیط‌زیستی ناچیزی دارند. بهره‌گیری از سامانه‌های نوین آبزی‌پروری همچون سامانه‌های بازگردشی نسبی (نیمه

بوده که کاهش فشار بر منابع و ذخایر طبیعی آبزیان را موجب شده است (FAO، ۲۰۱۸). همچنین استفاده از اراضی کم ارزش از لحاظ کشاورزی برای تولید آبزیان، علاوه بر کاهش فشار بر اراضی مستعد کشاورزی، امکان اشتغال اقشار فقیر و کم درآمد بومی و نیز، دسترسی ایشان به منابع سالم پروتئینی را می‌افزاید و ارتقاء سلامت ایشان را در پی دارد. از طرفی، آبزی‌پروری با تأمین منابع غذایی ارزان، نقش بسیار مهمی در امنیت غذایی فقرا در سطح جهان دارد که بیشتر در معرض سوء تغذیه هستند (FAO، ۲۰۱۸). به‌این‌منظور، سازمان خوار و بار جهانی همواره، توسعه آبزی‌پروری را برای برخورداری جمعیت‌های کم درآمد کشورهای کمتر توسعه یافته یا در حال توسعه از این منابع با ارزش غذایی، در دستور کار خود داشته است (FAO، ۲۰۲۲).

آبزی‌پروری کمترین اثرات محیط‌زیستی را در بین فناوری‌های تولید مواد غذایی دارد (Knowler، ۲۰۰۷). راندمان بالاتر در تولید پروتئین آبزیان در مقایسه با پروتئین دامی کاملاً مشهود است. راندمان جذب پروتئین در آبزیانی مانند ماهی سالمون، به‌طور قابل توجهی بیشتر از حیوانات خشکی زی همچون گاو و خوک است. مثلاً، ماهی سالمون به‌ازای هر واحد پروتئین تغذیه شده، دو برابر گاو، پروتئین تولید می‌کند. علاوه بر آن تولید هر کیلوگرم ماهی سالمون، کاهش ۲۷ کیلوگرمی در تولید گاز دی اکسید کربن در محیط را در مقایسه با تولید گوشت گاو موجب می‌شود و در نتیجه، تولید گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد (جدول ۱) (Boyd و همکاران، ۲۰۲۰).

به‌طورکلی، صید و صیادی و آبزی‌پروری، سهم بزرگی در رفع مشکل امنیت غذایی در جهان دارد، چراکه ماهی‌ها منبع اصلی پروتئین حیوانی برای حدود ۱ میلیارد نفر از ساکنین کره زمین هستند. همچنین، در سطح جهانی، ماهی‌ها حدود ۱۶٪ از پروتئین حیوانی مصرفی توسط انسان را تأمین می‌کنند و منبع ارزشمندی از مواد معدنی و اسیدهای چرب ضروری همچون امگا ۳ می‌باشند (Boyd و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۱- عوامل محیطی مرتبط با تولید گوشت از گونه‌های مختلف

گونه	مصرف آب	ردپای کربن	گوشت قابل	تثبیت
جانوری	شیرین	(کیلوگرم CO ₂ به ازای هر	مصرف به	پروتئین
	(لیتر به ازای هر	کیلوگرم گوشت)	ازای هر	(%)
	کیلوگرم گوشت		۱۰۰ کیلوگرم	
	(خوراکی)		خوراک	
گاو	۱۵۴۰۰	۳۰	۴-۱۰	۱۵
خوک	۶۰۰۰	۵,۹	۱۷	۱۸
مرغ	۴۳۰۰	۲,۷	۲۱	۲۱
ماهی	۲۰۰۰	۲,۹	۶۱	۳۱
سالمون				

مدار بسته) و کامل (مدار بسته)، آکواپونیک، بیوفلاک و فلاک پونیک می‌تواند به افزایش محصول در واحد سطح (به جهت افزایش تراکم نگهداری) یا تنوع بخشی به آن کمک نماید. تولید بالای چنین سامانه‌هایی و تنوع محصول آنها، توجیه اقتصادی سرمایه‌گذاری در چنین فعالیت‌هایی را بیشتر می‌کند (Love و همکاران، ۲۰۱۴؛ Liu و همکاران، ۲۰۱۹؛ Yep و Zheng، ۲۰۲۲؛ Radhakrishnan و Arakkal Thaiparambil، ۲۰۲۲؛ Khanjani و همکاران، ۲۰۲۳).

بیشتر سامانه‌های نوین همچون سامانه‌های بازگردشی، نیاز آبی بسیار ناچیزی دارند و میزان تولید به ازای هر لیتر آب ورودی در آنها، بیشتر از سامانه‌های باز (مثل استخرهای آبراهه‌ای) می‌باشد (زاهدی و همکاران، ۱۳۹۹). اتلاف آب در این سامانه‌ها به دلیل استفاده از سازه‌های بتنی، فایبرگلاس، پلاستیک فشرده و ورق‌های ژئوممبران (پلی تنی) و نیز، بازگردش آب درون لوله‌های پی وی سی و پلی اتیلنی، بسیار ناچیز است. در همین راستا، به دلیل ورودی کمتر آب به چنین سامانه‌هایی، حجم کمی پساب تولیدی نیز کمتر است که در صورت استفاده از فناوری‌های به روز و کارآمد تصفیه آب، کاهش هزینه‌های تصفیه پساب و کاهش ورود مواد مغذی به محیط و در نتیجه، کاهش یوتریفیکاسیون (پرغذایی) محیط‌های آبی طبیعی و آلودگی‌های محیط‌زیستی را در پی دارد (Timmons و Ebeling، ۲۰۱۲). سامانه‌هایی همچون سامانه‌های بازگردشی، بیوفلاک و آکواپونیک را می‌توان در نقاط شهری یا نزدیک به شهر احداث نمود که در نتیجه، کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز و انتقال محصول و نیز، امنیت غذایی شهری از نکات مثبت آن است (De Zeeuw و همکاران، ۲۰۱۱). در پایان، محیط کنترل شده این سامانه‌ها، افزایش امنیت زیستی و ایجاد شرایط کاملاً کنترل شده برای رسیدن به بیشینه تولید را در پی داشته و امکان تولید محصولات ارگانیک را ممکن می‌سازد (خانجانی و جمال الدینی، ۱۳۹۹). در قسمت دوم این مقاله، به شرح دقیق فرصت‌ها و چالش‌های فراروی توسعه این سامانه‌ها در کشور پرداخته خواهد شد.

آبزی‌پروری و برنامه ششم توسعه

سازمان خوار و بار جهانی، جمعیت ایران را در سال ۲۰۳۰ حدود ۸۸/۵۲۹ میلیون نفر و در سال ۲۰۵۰ حدود ۹۲/۲۱۹ میلیون نفر پیش‌بینی می‌کند و براین اساس، ۲۱ امین کشور پرجمعیت جهان خواهیم بود. در مطالعه کشوری سمپات، نشان داده شد که تقریباً نیمی از استان‌های کشور در طیف نسبتاً ناامن غذایی تا بسیار ناامن غذایی قرار گرفته‌اند. در این میان، هفت استان کشور در وضعیت ناامن (خوزستان، کرمان، ایلام و بوشهر) تا بسیار ناامن (هرمزگان، کهگیلویه و بویر احمد، سیستان و بلوچستان) از لحاظ غذایی قرار دارند (کلاهدوز و نجفی، ۱۳۹۱). به جهت

اینکه دسترسی به غذای کافی و مطلوب و سلامت تغذیه‌ای از محورهای اصلی توسعه و سلامت جامعه است، موضوع تأمین و حفظ خودکفایی و امنیت غذایی و الزامات آن، در بسیاری از اسناد و قوانین بالادستی کشور مورد تأکید قرار گرفته است (سیدحمزه و دمار، ۱۳۹۶؛ مرکز پژوهش‌ها مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۰).

اسناد بالادستی در هر کشوری تعیین کننده مسیر توسعه و پیشرفت و جهت حرکت آن کشور می‌باشد و چشم‌انداز جامعه را برای مدیران اجرایی مشخص و آنان را در برابر مردم متعهد می‌سازد. از آنجایی که مجموعه قوانین و مقررات تدوین شده بعدی در کشور، الزام به هماهنگی با این اسناد را دارند، به این اسناد، سند بالادستی گفته می‌شود. داشتن اسناد بالادستی دقیق و کارشناسانه و اجرای درست آنها، آثار منفی نظرات سلیقه‌ای ای مدیران اجرایی و قانون‌گذاران را کمتر می‌کند. همچنین، به برنامه‌ریزان، فرصت برنامه‌ریزی بسیار دقیقی تری می‌دهد و کارایی برنامه‌های بهبود را افزایش می‌دهد. همچنین اینگونه اسناد ابزار داور بهتری به دست مدیران کلان جامعه، نظام قضایی و مردم می‌دهد تا با آن در مورد مدیران اجرایی موضع‌گیری کنند. در حال حاضر در کشور، اسناد بالادستی زیادی وجود دارد به‌طوری‌که در هر حوزه می‌توان به اسناد بالادستی آن حوزه استناد کرد. قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی، سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴، برنامه‌های توسعه، قانون بودجه سالانه کشور و از مهمترین اسناد بالادستی مشترک در همه حوزه‌ها به‌شمار می‌رود (مرکز پژوهش‌ها مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۰). در همین راستا، پیرامون موضوع بسیار مهم امنیت غذایی، در اصول «سوم» و «چهل و سوم» قانون اساسی، در بند «چهارم» از سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران و بندهای «۱۲» و «۳۲» از سیاست‌های کلی نظام در دوره چشم‌انداز، برخورداری جامعه ایرانی از سلامت، رفاه و نیز، تأمین امنیت غذایی کشور با تأکید بر خودکفایی نسبی در تولید محصولات کشاورزی تکلیف شده است. همچنین، در بندهای «۶» و «۷» از سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، بندهای «۲» و «۸» از سیاست‌های کلی نظام در بخش کشاورزی، قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور (ماده ۶۱)، قانون برنامه ششم توسعه، قانون تمرکز وظایف و اختیارات مربوط به بخش کشاورزی در وزارت جهاد کشاورزی (ماده ۳) و قانون تشکیل وزارت جهاد کشاورزی (ماده ۱)، موضوع تحقق خودکفایی و امنیت غذایی، در بین تکالیف حوزه کشاورزی و منابع طبیعی، نقش محوری دارد (مرکز پژوهش‌ها مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۰). از طرفی، سازمان خوار و بار جهانی اعلام کرده است که آبزی‌پروری پتانسیل مستمیری برای ایجاد اهداف توسعه‌ای برای اقتصاد کشورها و رفاه بهتر انسان‌ها

دارد که می‌تواند امنیت غذایی را بالا برده و از فقر جلوگیری نماید (صادقی و شکوری، ۱۴۰۱). بنابراین باید توجه ویژه‌ای به آبی‌پروری در اسناد و قوانین بالادستی کشور بشود. ایران طی سال‌های اخیر با چالش بزرگ عدم تحقق اهداف توسعه‌ای قانون برنامه بر اساس سندهای مصوب مواجه بوده است (اسمعیلی، ۱۴۰۱). به‌عنوان مثال، می‌توان از عدم تحقق رشد اقتصادی متوسط سالانه ۸٪ و ضریب جینی (۰/۳۴) پیش‌بینی شده در سند برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۶-۱۴۰۰) نام برد. این سند، به‌عنوان سند راهبردی توسعه کشور، در دو جزء فرابخش و بخش تهیه شده بود که همراه با تأیید در هیئت دولت، باید مبنای

تهیه برنامه عملیاتی دستگاه‌های اجرایی می‌بود. در بخش ۷، ماده «۳۱» برنامه ششم توسعه، دولت موظف شده بود که برای حصول اهداف بندهای ششم و هفتم سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، برای تأمین امنیت غذایی و رسیدن به خودکفایی ۹۵٪ در محصولات اساسی زراعی، دامی و آبی در پایان اجرای قانون برنامه و افزایش تولیدات کشاورزی به‌ویژه محصولات دارای مزیت صادراتی، رسیدن به تراز تجاری مثبت، تقویت و تکمیل زنجیره‌های تولید و توسعه صادرات و ارتقای بهره‌وری از آب و خاک کشاورزی، اقداماتی را برای رسیدن به شاخص‌های کمی مدنظر انجام دهد که در حوزه صید و صیادی و آبی‌پروری، به شرح جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه اهداف کمی راهبرد امنیت غذایی، سلامت و غنی‌سازی محصولات کشاورزی در برنامه ششم (آبزیان)
با عملکرد ارائه شده توسط سازمان شیلات ایران

هدف کمی	وضعیت در پایان سال ۱۳۹۳	سال اول برنامه	سال دوم برنامه	سال سوم برنامه	سال چهارم برنامه	سال پنجم برنامه	عملکرد در سال ۱۴۰۰	میزان عدم تحقق در سال پایانی برنامه (%)	عنوان	
									واحد	
صید و صیادی	۳۹۶۴۷	۴۰۰۳۸	۴۰۵۳۶	۴۱۰۳۴	۴۱۵۳۲	۴۲۰۰۰	۲۹۸۱۶۴	۲۸/۹	تن	آب‌های شمال
آبی‌پروری	۵۳۵۸۶۵	۵۴۰۰۰۰	۵۵۷۸۰۰	۵۹۰۹۰۰	۶۱۹۲۰۰	۶۵۸۰۰۰	۶۷۲۵۹۶	-۲/۲	تن	آب‌های جنوب
آبی‌پروری	۳۷۱۷۱۷	۴۷۱۲۵۰	۵۳۴۲۰۰	۶۱۸۸۳۰	۷۱۲۳۷۰	۸۱۱۰۰۰	۵۵۶۰۰۰	۳۱/۴	تن	آبی‌پروری (با تأکید بر پرورش ماهی در قفس در آب‌های آزاد)
رهاسازی بچه ماهی و میگو جهت بازسازی ذخایر	۳۶۲	۳۴۵	۳۸۰	۴۳۰	۴۷۵	۵۰۰	۳۱۴.۱۹۸	۳۷/۱	میلیون قطعه	

همچنین، در بخش ۸، ماده «۳۵»، دولت مکلف شده بود که به‌منظور مقابله با بحران کم‌آبی، رهاسازی حقایق‌های محیط‌زیستی برای پایداری سرزمین، پایداری و افزایش تولید در بخش کشاورزی، تعادل بخشی به سفره‌های زیرزمینی و ارتقای بهره‌وری و جبران تراز آب، اقداماتی را به عمل آورد که یکی از آنها ایجاد زیرساخت مورد نیاز برای پرورش دویست هزار تن ماهی در قفس تا پایان اجرای قانون برنامه ششم و توسعه فعالیت‌های شیلاتی و ایجاد تاسیسات زیربنایی در سواحل کشور بود.

همانطور که مشاهده می‌شود، باوجود ظرفیت‌های خوب نرم افزاری و سخت افزاری شیلات کشور، میزان تحقق برنامه ششم در زیر بخش شیلات در سال پایانی برنامه (۱۴۰۰)، کمتر از میزان مورد انتظار و تا حدی بهتر از سایر زیربخش‌های بخش کشاورزی بوده است. نمونه بارز آن، عدم نیل به توسعه مطلوب در پرورش ماهیان دریایی در قفس (آب‌های آزاد) است به‌نحوی که گزارش سازمان برنامه و بودجه، درصد تحقق ماده ۳۱ بند «ز» را برای آبی‌پروری با تأکید بر پرورش ماهی در قفس در آب‌های آزاد، ۹۳٪ و برای رهاسازی بچه ماهی و میگو جهت بازسازی ذخایر ۹۰٪ تا پایان

سال ۱۳۹۸ گزارش نموده است (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۹). در قسمت دوم این پژوهش، به‌طور کامل‌تری پیرامون علل عدم توفیق در زمینه پرورش ماهی در قفس بحث خواهد شد.

بحث

۱- بخش تولید

باتوجه به آمار ارائه شده، عوامل متعددی را از منظر تولیدی می‌توان برای عدم دستیابی به رشد مناسب در میزان تولیدات آبی‌پروری کشور موثر دانست. در مورد تولید ماهیان سردابی کشور، قطعاً، محدودیت‌های اقلیمی همچون محدودیت‌های آبی (همچون کاهش دبی منابع آب‌های سطحی ناشی از کاهش بارندگی‌ها) نقش مهمی را در این زمینه داشته‌اند؛ به‌ویژه که ماهیان سردابی به‌طور عمده، در سامانه‌های پرورشی باز و با تکیه بر منابع آب‌های سطحی تولید می‌شوند (زاهدی و همکاران، ۱۳۹۹). لازم به ذکر است آلودگی روز افزون منابع آب‌های جاری و بلایای طبیعی همچون سیلاب‌های مخرب سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ را نباید نادیده

گرفت. علاوه بر آن، کمبود برق به ویژه در تابستان که منجر به قطع برق طبق جدول زمانبندی شده در کشور می شود، باتوجه به وابستگی شدید صنعت سردابی به آن (با عنایت به ضرورت تأمین مداوم برق مورد نیاز برای دستگاه های هوادهی و پمپاژ آب)، لطمات جبران ناپذیری را به تولید مزارع وارد نموده است. در چنین شرایطی، بیشتر پرورش دهندگان برای جلوگیری از تلفات ماهیان، مجبور به قطع خوراک دهی (یا کاهش آن) می شوند، این موضوع، دوره پرورش را طولانی و هزینه های آن را می افزاید.

علاوه بر عوامل بیان شده، افزایش هزینه های تولید به جهت افزایش قیمت نهاده ها (به ویژه اقلام غذایی وارداتی مورد نیاز برای تهیه خوراک ماهیان سردابی همچون سویا)، کاهش کیفیت خوراک (و به طبع آن کاهش کیفیت لاشه)، راندمان پایین سامانه های پرورشی موجود، نوسانات قیمت، کمبود نقدینگی پرورش دهندگان به دلیل مواجهه با تورم افسارگسیخته، نبودن سازوکار و حمایت های صادراتی مشخص و بازارهای هدف مناسب جهت صادرات تولیدات سردابی، کاهش تقاضای بازار داخلی به جهت افزایش قیمت ها (تغییر کشش قیمتی و کشش درآمدی) و ... را می توان ازجمله عوامل دخیل در این موضوع دانست. قطعاً، توسعه سامانه های نوین آبی پروری همچون سامانه های بازگردشی می تواند به رفع پاره ای از مشکلات مذکور کمک نماید، چراکه این سامانه ها، امنیت زیستی مناسب، مصرف آب اندک، پساب کمتر، محیط کاملاً کنترل شده و تولید بالا دارند (Sharifinia و Khanjani, 2020). برای آنکه شاید در کوتاه مدت، توسعه سامانه های نوین در کشور با مشکلاتی همراه باشد، نگارندگان بر این باورند که بازمهندسی سامانه های تولید ماهیان سردابی موجود، به منظور افزایش ظرفیت تولید و ارتقاء راندمان (با همکاری کارشناسان سازمان شیلات ایران و سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی)، می تواند راهکار میانه ای برای افزایش زودبازده تولیدات سردابی کشور باشد.

آمار ارائه شده (بخش ۲) بخوبی نشان داد افزایش تولیدات ماهیان گرمابی نیز روند نوید بخشی را نشان می دهد که باتوجه به وابستگی بیشتر تولیدات گرمابی به بارش های فصلی، این موضوع می تواند به ویژه در استان های درگیر با تنش آبی مهم باشد. هزینه های بالای لایروبی، مبالغ بالای آب بهاء متعلق به سازمان آب منطقه ای استان ها و قیمت بالای نهاده های مورد نیاز همچون کود شیمیایی و بویژه اقلام غذایی مهم هستند. البته شاید اصلی ترین مشکل صنعت گرمابی کشور طی این سال ها، که البته سایر بخش های صنعت آبی پروری نیز از آن مستثنی نیستند، قیمت پایین محصولات تولیدی، قیمت پذیری تولیدکنندگان و قیمت گزینی واسطه ها بوده باشد. به ویژه در شرایطی که ماهیان گرمابی در استان های غیر ساحلی بازارپسندی بالایی در مقایسه با قزل آلائی رنگین کمان ندارند و بازار متنوع صادراتی هم برای فروش محصولات وجود ندارد.

باوجود تمامی بحث های علمی و اجرایی، پرورش تیلپیا رشد مناسبی را در کشور طی سال های اخیر نداشته است. مشکل صدور مجوزهای قانونی، نظرات بعضاً غیرکارشناسانه و غیرواقعگرایانه برخی از کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست و عدم داشتن دانش فنی کافی در زمینه پرورش این گونه، بسیار موثر بوده است (وزیرزاده، ۱۳۹۶). متأسفانه بعضاً مشاهده می شود پرورش تیلپیا در محیط های باز صورت می پذیرد که باتوجه به نیازمندی به دمای بالا برای پرورش این گونه و کوتاهی دوره گرما در بسیاری از استان ها، امری نادرست است. نگرش پیرامون پرورش تیلپیا در کشور باید به سمت پرورش متراکم، در تناژ تولیدی بالا و در سامانه های کاملاً بسته ای همچون بیوفلاک یا بازگردشی (مداربسته و نیمه مداربسته) تغییر یابد که هم نگرانی های محیط زیستی (پیرامون ورود تیلپیا به منابع آب های طبیعی) به حداقل برسد و هم از تکرار تجارب ناموفق گذشته جلوگیری شده و فعالیت دارای سود اقتصادی مناسب باشد.

منطبق با آماری که پیشتر ذکر شد، پرورش ماهیان خاویاری طی سال های اخیر در کشور روند روبه رشدی را نشان داده است که باتوجه به نیازمندی کمتر به آب، مقاومت بالاتر، رشد بهتر و مهمتر از همه، قیمت بالای تولیدات، باوجود عوامل محدودکننده متعدد (همچون سرمایه گذاری اولیه بالا، کمبود بچه ماهی، بیماری ها و نداشتن بازار داخلی مناسب برای محصولات تولیدی)، انتظار می رود که روند تغییر فعالیت برخی از مزارع سردابی به خاویاری در کشور تداوم یابد. در نهایت، با بررسی روند موجود در کشور، احتمالاً شاهد رشد فعالیت های آبی پروری مرتبط با پرورش میگوئی آب شور و ماهیان خاویاری در سال های پیش رو خواهیم بود.

۲- قانون و بخش اجراء

از منظر قانون گذاری و اجرایی، عوامل متعددی را می توان در عدم دستیابی به نتیجه مورد انتظار در برنامه ششم توسعه در زیربخش شیلات، موثر دانست که برخی از مهمترین آنها عبارتند از: ۱- نحوه نادرست پیش بینی و تعیین اهداف، ۲- ناهماهنگی ساختاری بین برنامه ریزی، سیاست گذاری و بودجه ریزی، ۳- عدم انطباق اهداف کمی برنامه با واقعیت های اقتصادی کشور، ۴- مواجهه با تنگناهای اعتبارات مالی در کشور در اثر تحریم ها (همچون محدودیت های ارزی) طی سال های برنامه ششم که مانع تحقق رشد اقتصادی در خیلی از بخش ها همچون زیربخش شیلات شد، ۵- تورم دو رقمی و پایین آمدن تمایل به سرمایه گذاری در بخش های تولیدی همچون تولیدات آبی پروری، ۶- محدودیت های اقلیمی همچون تداوم روند خشکسالی در کشور و وابستگی شدید تولید آبیان به آن، ۷- عدم توجه به توسعه زیرساخت های لازم (به عنوان سنگ بنای توسعه) برای توسعه صید و صیادی و آبی پروری، ۸- عدم تطابق قوانین بین دستگاهی (همچون تعارضات میان شیلات، دامپزشکی و حفاظت

محیط‌زیست)، ۹- عدم وجود یک مدل یا سیمای آبی‌پروری برای کشور مبتنی بر پایش سرزمین. ۱۰- عدم توجه به استفاده از ظرفیت‌های فناوری‌های نوین در توسعه آبی‌پروری و ...

بررسی در سبب شناسی نتایج به‌دست آمده در پایان برنامه ششم در زیر بخش شیلات و نیز، آسیب شناسی برنامه‌های توسعه کشور به خوبی نشان می‌دهد که موانع متعدد و دارای ماهیت متفاوتی بوده که متأسفانه، خیلی از آنها ریشه در ساختار اقتصادی کشور دارد. از طرفی، خیلی از این موانع موجود بر سر راه تحقق برنامه ششم توسعه، نه تنها مرتفع نشده که چه بسا تشدید یافته‌اند. لذا باتوجه‌به تداوم بارز در موانع پیش روی، تعیین اهداف شفاف (به‌ویژه از بعد کمی) برای برنامه‌های اجرایی و منطبق بر واقعیت‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور ضروری می‌نماید که باید در برنامه هفتم توسعه به خوبی دیده شود.

به‌این‌منظور، با توجه به شرایط موجود و برای گذر از موانع موجود و رسیدن به افزایش تولیدات آبی‌پروری در کشور، ابتدا به نظر می‌رسد باید در برنامه هفتم توسعه، اصلاح ساختار سیاست‌های حمایتی لازم برای حفظ و استمرار تولید کنونی شیلاتی و حفظ دستاوردهای ارزشمند چند دهه گذشته، با پیش‌بینی بسته‌های حمایتی کارآمد، دیده شود. زمانی که اولویت باید بر کاهش هزینه‌های تولید، افزایش راندمان و بهره‌وری تولید، ایجاد زنجیره ارزش، ساماندهی بازار و افزایش سود فعالیت‌های آبی‌پروری باشد. مضافاً، توسعه زیرساخت‌های لازم برای توسعه صنعت صید و صیادی و آبی‌پروری به‌ویژه در مناطق مستعد و توجه ویژه به آبی‌مصرفی (به‌ویژه آبی مصرفی روستایی) و ایجاد پایانه‌های صادراتی آبی‌ان بسیار ضروری است. در پایان، باتوجه‌به واقعیت‌های تغییر اقلیم جهانی و مشابه به نگرانی‌های گسترده‌ای که پیرامون تولید محصولات استراتژیک کشاورزی در محیط‌های باز وجود دارد، توجه و تلاش برای توسعه آبی‌پروری در کشور، باید بر رشد و توسعه دانش بنیان سامانه‌های نوین آبی‌پروری با تأکید بر تولید در محیط‌های کاملاً کنترل شده باشد چراکه این سامانه‌ها تولید بالا، استفاده اندک از منابع، راندمان و بهره‌وری مناسب، ریسک کمتر و سازگاری بیشتر با محیط‌زیست دارند و نیز، تولید محصولات با کیفیت و دارای ارزش صادراتی را ممکن خواهند ساخت.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به محدودیت‌های آبی کشور و توان بالای سامانه‌های نوین آبی‌پروری در تولید آبی‌ان، دیده شدن این سامانه‌ها در اسناد و قوانین بالادستی همچون قانون برنامه‌های توسعه کشور (به‌ویژه برنامه هفتم) یک ضرورت برای کشور است. تحقق توسعه این سامانه‌ها، منطبق با بسیاری از مواد و تبصره‌های قوانین توسعه‌ای در بخش‌های مختلف است. توسعه این سامانه‌ها و فناوری‌های

مرتبط، به امنیت غذایی و عمومی کشور، ایجاد اشتغال در مناطق روستایی (به‌ویژه مرزی)، استفاده از ظرفیت مناطق بیابانی و نیمه بیابانی برای آبی‌پروری، استفاده از آب‌های نامتعارف جهت تولید پروتئین، مصرف بهینه آب با افزایش راندمان و بهره‌وری از آب، امکان تولید محصولات سالم رقابتی با ارزش صادرات و ارزآوری، نیاز به واردات کمتر نهاده به کشور، درآمدزایی و سلامت عمومی جامعه کمک خواهد نمود. از طرف دیگر، تلاش همه جانبه هر سه قوه به‌ویژه وزارتخانه‌هایی همچون وزارت جهاد کشاورزی برای رفع موانع موجود و انجام حمایت‌های لازم برای توسعه سامانه‌های نوین آبی‌پروری ضروری است. در قسمت دوم این پژوهش، پیرامون سامانه‌های نوین آبی‌پروری که می‌تواند در توسعه آبی‌پروری پایدار در کشور به‌کار گرفته شود و موانع و چالش‌های فراوی توسعه آنها بحث خواهد شد.

منابع

- اسفندیاری، چ. و میرعباسی، س. ۱۳۹۱. نقش سازمان ملل در تحقق امنیت غذایی در جامعه جهانی. علوم غذایی و تغذیه، ۹۱(۲): ۱۰۳-۱۰۹. <https://www.sid.ir/paper/143311/fa>
- اسمعیلی، س. ۱۴۰۱. واکاوی سند برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به منظور دستیابی به توسعه پایدار سازگار کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست. تحقیقات منابع طبیعی تجدیدشونده، ۱۳(۲): ۹-۱۰. jmr.2022.69964.10266/10.30495
- حسین‌جانی، ع.، صیاد بورانی، م. و سهرابی، ت. ۱۳۹۶. اهمیت انتخاب مکان مناسب و ظرفیت‌سنجی در سرمای‌گذاری‌های توسعه آبی‌پروری در قفس‌های دریایی. پنجمین کنفرانس ماهی‌شناسی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل، بابل، ایران. خانجانی، م. و جمال‌الدینی، ا. ۱۳۹۹. سیستم آکوپونیک: سیستمی در جهت تولید آبی‌پروری پایدار و مصرف بهینه آب. دومین همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست‌محیطی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. زاهدی، س.، اکبرزاده، آ.، مهرزاد، ج.، نوری، ا. و هرسیج، م. ۱۳۹۹. مقایسه پارامترهای رشد، هورمون کورتیزول و بیان ژن‌های مرتبط با استرس و رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Onco-*rhynchus mykiss Walbaum 1972*) در دو سیستم باز و بازگردشی. نشریه علمی پژوهشی پژوهش‌های ماهی‌نشریه علمی پژوهشی پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۷(۳): ۱۰۹-۱۲۴. <https://jair.gonbad.ac.ir/article-1-570-fa.html>
- سازمان برنامه و بودجه کشور. ۱۳۹۹. گزارش عملکرد قانون برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران در سال‌های ۱۳۹۸ - ۱۳۹۶.

- Ebeling J.M. and Timmons M.B. 2012. Recirculating aquaculture systems. Aquaculture production systems. Kentucky State University. Frankfort, Kentucky, USA. [10.1002/9781118250105.ch11](https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch11)
- FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals. Rome, Italy.
- FAO. 2020. The state of World Fisheries and Aquaculture 2020: sustainability in action. Rome, Italy.
- FAO. 2022. The state of World Fisheries and Aquaculture 2022: sustainability in action. Rome, Italy.
- Khanjani M.H. and Sharifinia, M. 2020. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. *Reviews in aquaculture*, 12(3): 1836-1850. doi.org/10.1111/raq.12412
- Khanjani M.H., da Silva L.O.B., Fóes G.K., do Nascimento Vieira F., Poli M.A., Santos M. and Emerenciano M.G.C. 2023. Synbiotics and aquamimicry as alternative microbial-based approaches in intensive shrimp farming and biofloc: Novel disruptive techniques or complementary management tools? A scientific-based overview. *Aquaculture*, 567: 739273. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738757
- Knowler D. 2007. Environmental economics approaches for the comparative evaluation of aquaculture and other food-producing sectors. In D.M. Bartley, C. Brugere, D. Soto, P. Gerber and B. Harvey (eds.), *Comparative assessment of the environmental costs of aquaculture and other food production sectors: Methods for meaningful comparisons*. FAO/WFT Expert Workshop, 24–28 April 2006. FAO Fisheries Proceedings. Vancouver, Canada (p. 55–70).
- Kurama Y.C. and Hung C.C., 2023. RC Structures with High and Ultrahigh-Performance Materials. *Journal of structural engineering*, 149(2): 02022003. <https://doi.org/10.1061/JSENDH.STENG-12072>
- Liu H., Li H., Wei H., Zhu X., Han D., Jin J., Yang Y. and Xie S. 2019. Biofloc formation improves water quality and fish yield in a freshwater pond aquaculture system. *Aquaculture*, 506: 256-269. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.031
- سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۰. سالنامه آماری شیلات ایران، تهران. ایران.
- سید حمزه، ش. و دمازی، ب. ۱۳۹۶. مدل مفهومی امنیت غذا و تغذیه در ایران. *مجله مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت*، ۴(۳): ۲۳۳-۲۳۷. <https://sid.ir/paper/253854/fa>
- صادقی، ح. و شکوری، آ. ۱۴۰۱. نقش آبی پروری در امنیت غذایی کشورها، هشتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، مرکز بین‌المللی همایش‌ها و سمینارهای توسعه پایدار علوم جهان اسلام، تهران. ایران.
- عبدالحی، ح. و عسگری، ر. ۱۳۹۹. واکاوی آخرین وضعیت آبی پروری جمهوری اسلامی ایران. *مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۵(۲): ۱۹۰-۲۰۵. https://srj.asnr.ias.ac.ir/article_115174.html
- کلاهدوز، ف. و نجفی، ف. ۱۳۹۱. سامانه ملی پایش امنیت غذا و تغذیه در ایران و تدوین اولین نقشه وضعیت امنیت غذایی در کشور (پژوهش سمپات)، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت بهداشت، دفتر بهبود تغذیه جامعه. تهران، ایران.
- مرتضوی، س. م. ۱۳۹۱. بررسی امنیت غذایی در ایران. *انجمن مستقل مهندسی اقتصاد کشاورزی*. دانشگاه پیام نور گلیپایگان. مرکز پژوهش‌ها مجلس شورای اسلامی. ۱۴۰۰. بررسی عملکرد دولت. ۵- بخش کشاورزی و منابع طبیعی (۱۷۴۹۸).
- وزیرزاده، آ. ۱۳۹۶. پرورش تیلپا در ایران: ناجی آبی‌پروری یا مخرب محیط‌زیست. *شیل*، ۵(۳): ۱۰۴-۱۱۰. https://journals.ut.ac.ir/article_64724.html
- Arakkal Thaiparambil N. and Radhakrishnan V. 2022. Challenges in achieving an economically sustainable aquaponic system: A review. *Aquaculture International*, 30: 3035–3066. doi.org/10.1007/s10499-022-00946-z
- Boyd C.E., D'Abramo L.R., Glencross B.D., Huyben D.C., Juarez L.M., Lockwood G.S., McNevin A.A., Tacon A.G., Teletchea F., Tomasso Jr, J.R. and Tucker C.S. 2020. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3): 578-633. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- De Zeeuw H., Van Veenhuizen R. and Dubbeling M. 2011. The role of urban agriculture in building resilient cities in developing countries. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1): 153-163. doi.org/10.1017/S0021859610001279

- Love D.C., Fry J.P., Genello L., Hill E.S., Frederick J.A., Li X. and Semmens K. 2014. An international survey of aquaponics practitioners. *PloS one*, 9(7): e102662. doi.org/10.1371/journal.pone.0102662
- Papatryphon E., Petit J., Kaushik S.J. and Van Der Werf H.M. 2004. Environmental impact assessment of salmonid feeds using life cycle assessment (LCA). *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33(6): 316-323. doi.org/10.1579/0044-7447-33.6.316
- Parker R.W. and Tyedmers P.H. 2012. Life cycle environmental impacts of three products derived from wild-caught Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Environmental science and technology*, 46(9): 4958-4965. doi.org/10.1021/es2040703
- Tacon A.G., Metian M. and McNevin A.A. 2022. Future feeds: suggested guidelines for sustainable development. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 30(2): 135-142. doi.org/10.1080/23308249.2020.1860474
- The WorldFish Center. 2011. Blue frontiers: managing the environmental costs of aquaculture. The WorldFish Center. Penang, Malaysia.
- Vormedal I. 2017. Corporate Strategies in Environmental Governance: Marine harvest and regulatory change for sustainable aquaculture. *Environmental Policy and Governance*, 27(1): 45-58. doi.org/10.1002/eet.1732
- Wilfart A., Prudhomme J., Blancheton J.P. and Aubin J. 2013. LCA and emergy accounting of aquaculture systems: Towards ecological intensification. *Journal of environmental management*, 121: 96-109. doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.031
- Yep B. and Zheng Y. 2019. Aquaponic trends and challenges—A review. *Journal of Cleaner Production*, 228: 1586-1599. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290

Investigating the Impacts of Climate Change on Water Security in Iran

A. Zarrin^{1*}, A.A. Dadashi-Roudbari²

1, 2- Associate Professor and Postdoctoral Researcher in Climatology, Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: zarrin@um.ac.ir)

Received: 30-01-2023

Revised: 12-05-2023

Accepted: 12-05-2023

Available Online: 20-06-2023

بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر امنیت آبی در ایران

آذر زرین^{۱*}، عباسعلی داداشی رودباری^۲

۲۰۱- دانشیار و پژوهشگر پسادکتری اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: zarrin@um.ac.ir)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲

Abstract

Water security includes sustainable use and protection of water systems, protection against water-related hazards, sustainable development of water resources, and preservation of water functions and services for humans and the environment. To investigate water security in the past decades, the WSIM-GLDAS water security model was used, and for assessing available water storage, the GRACE satellite data were employed. Then, a multi-model was analyzed using CMIP6 models to investigate future changes in temperature and potential evapotranspiration (PET) over the country's medium-scale under SSP scenarios. The results showed a decreasing trend in available water storage over the past two decades in Iran. The outcome of the water security model indicated a negative return period of water scarcity across the country. The lowest value of WSIM is -10.1 which is seen in the eastern and central regions of Iran, indicating the low water security of these areas. Climate projections show a significant increase in temperature (0.78 oC/decade under the SSP5-8.5 scenario) and evapotranspiration (153.5 mm/decade under the SSP5-8.5 scenario) in the country. To increase water security, it is necessary to take effective adaptation strategies, the purpose of which is to increase the water storage capacity in the soil (green water) and reduce soil erosion in order to increase the quality of the soil and maintain the storage capacity of reservoirs (blue water). Therefore, the adaptation strategies to climate change and its effect on water redistribution from green water to blue water, and the long-term socio-economic consequences of climate change should be considered in future climate plans of Iran.

Keywords: Water Security, WSIM Model, GRACE Satellite, Climate Change, Iran.

چکیده

امنیت آبی شامل استفاده پایدار و حفاظت از سامانه‌های آبی، حفاظت در برابر مخاطرات مرتبط با آب، توسعه پایدار منابع آب و حفاظت از عملکردها و خدمات آب برای انسان و محیط‌زیست است. جهت بررسی امنیت آبی در دهه‌های گذشته از مدل امنیت آبی WSIM-GLDAS و جهت بررسی آب ذخیره در دسترس از داده‌های ماهواره GRACE استفاده شد. سپس یک مدل همادی با استفاده از مدل‌های CMIP6 تولید و تغییرات آینده دما و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) در متوسط پهنه‌ای کشور تحت سناریوهای SSP بررسی شد. نتایج نشان داد آب ذخیره در دسترس طی دو دهه گذشته در ایران روند کاهشی داشته است. برونداد مدل امنیت آبی نشان داد دوره بازگشت کمبود آب در کل کشور منفی است. پایین‌ترین مقدار با ۱۰/۱- در نیمه شرقی و مناطق مرکزی کشور دیده می‌شود که نشان‌دهنده امنیت آبی پایین در این مناطق است. پیش‌نگری‌های اقلیمی نشان از روند افزایشی قابل توجه دما (۰/۷۸ درجه سلسیوس/دهه تحت سناریو SSP5-8.5) و تبخیر-تعرق (۱۵۳/۵ میلی‌متر/دهه تحت سناریو SSP5-8.5) در کشور دارد. برای افزایش امنیت آبی نیاز به اتخاذ استراتژی‌های سازگاری مؤثری است که هدف از آن افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (آب سبز) و کاهش فرسایش خاک به منظور افزایش کیفیت خاک و حفظ ظرفیت ذخیره‌سازی مخازن (آب آبی) است. بنابراین در برنامه‌های آینده کشور باید استراتژی‌های سازگاری با تغییر اقلیم و تأثیر آن بر توزیع مجدد آب از آب سبز به آب آبی و پیامدهای بلندمدت اجتماعی-اقتصادی تغییر اقلیم در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: امنیت آب، مدل WSIM، ماهواره GRACE، تغییر اقلیم، ایران.

مسئله امنیت دسترسی پایدار به منابع آب نقش تعیین کننده‌ای در حوزه‌های مختلف از جمله اعتراضات اجتماعی و امنیت ملی می‌تواند داشته باشد.

به دلیل کمبود مطلق آب و وابستگی شدید به منابع آبی فرامرزی، آب در کشورهای غرب آسیا و شمال آفریقا (MENA)^۴ به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از امنیت ملی و ثبات سیاسی تلقی می‌شود (Zawahri, ۲۰۱۷). غرب آسیا و شمال آفریقا دارای بیشترین تنش آبی در جهان هستند. منطقه منا (MENA) با ۶ درصد جمعیت جهان، کمتر از ۲ درصد از منابع آب شیرین تجدیدپذیر سیاره زمین را در اختیار دارد (World Bank, ۲۰۰۷). پرداختن به بحران آب در غرب آسیا و به ویژه ایران بسیار پیچیده است. بحران آب در ایران را می‌توان به رشد جمعیت، توسعه اجتماعی-اقتصادی، مدیریت ناکارآمد منابع آب بخصوص در بخش کشاورزی و تغییر اقلیم مرتبط دانست که این بحران را تشدید کرده‌اند. بر اساس نتایج Zawahri (۲۰۱۷)، منطقه غرب آسیا و شمال آفریقا تا سال ۲۰۳۰ افزایش دما (بین ۱ تا ۲ درجه سلسیوس و افزایش به ۳ درجه سلسیوس تا سال ۲۰۶۵) و کاهش بارش (بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) را دارند که در چنین شرایطی شاهد افزایش میزان تبخیر همراه با خشکسالی‌های مکرر و طولانی مدت خواهیم بود. لذا پرداختن به مسئله آب، امنیت آبی و تغییر اقلیم باید اساس برنامه‌های کشور در آینده نزدیک باشد.

در چند سال گذشته، پژوهش‌های بسیاری برای بهبود مسائل مرتبط با امنیت آبی صورت گرفته است. این مطالعات آب و امنیت آبی را از منظرهای گوناگونی مورد بررسی قرار داده‌اند که می‌توان به پژوهش‌های انجام شده در کشور چین (Jianyun و همکاران، ۲۰۰۹)، غرب آسیا (Hameed و همکاران، ۲۰۱۹)، مناطق روستایی آفریقای جنوبی (Patrick, ۲۰۲۰)، شهر بانکوک (Babel و همکاران، ۲۰۲۰) و شبه جزیره ایبری (Fonseca و همکاران، ۲۰۲۲) اشاره کرد. به طور کلی نتایج مطالعات نشان دادند که تغییرات جهانی مانند شهرنشینی، رشد جمعیت، تغییرات کاربری اراضی، کشاورزی سنتی، تغییرات اجتماعی-اقتصادی، انرژی و تغییر اقلیم فشار بی‌سابقه‌ای را بر منابع آب وارد کرده‌اند. در ایران نیز امنیت آبی از جنبه‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. برای نمونه مالکی و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی امنیت آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۹۰-۱۳۹۵ به این نتیجه رسیدند مناطق مرکزی و جنوب شرقی و شرقی ایران مشکلات بیشتری دارند. اسماعیلی نژاد و داوری (۱۳۹۹) معتقد هستند که نظام‌نامه تخصیص آب در ایران نیاز به اصلاحاتی دارد تا علاوه بر در نظر گرفتن اهداف مهم پایداری و بهره‌وری آب در نظام‌نامه تخصیص آب، چارچوب دقیقی برای تخصیص آب و کنترل برداشت تعیین شود. بررسی مطالعات انجام شده از امنیت آبی نشان می‌دهد که تاکنون در ایران این مسئله به شکل کمی و با استفاده از مدل‌های عددی مورد بررسی قرار نگرفته است.

چارچوب بندی چالش‌های امنیت آبی فراتر از شاخص‌های تک

نحوه مدیریت و مصرف آب اصل اساسی سازگاری با تغییر اقلیم است. پیامدهای تغییر اقلیم عمدتاً از طریق کاهش معنی‌دار یا قابل توجه مقدار آب آشکار شده و با تغییر در فراوانی و شدت رخدادهای فرین اقلیمی همراه هستند. این پیامدها در دو دسته اصلی آب بسیار کم (خشکسالی، کمبود آب) و آب زیاد (سیل) قرار می‌گیرند (Babel و همکاران، ۲۰۲۰).

تأمین آب کافی برای جمعیت در حال رشد یکی از چالش‌های مهم در سال‌های اخیر است. رشد جمعیت و تغییر اقلیم دو عامل اساسی بحران جهانی آب هستند (Mishra و همکاران، ۲۰۲۱). بیش از ۱/۱ میلیارد نفر در سراسر جهان دسترسی ناکافی به آب آشامیدنی سالم دارند و تقریباً ۲/۶ میلیارد نفر فاقد امکانات اولیه آب شرب بهداشتی هستند (Chellaney, ۲۰۱۱). تنش آبی به ویژه در کشورهای در حال توسعه به سرعت در حال افزایش است. افزایش ریسک‌های مرتبط با آب موضوع مهم دیگری در سطح جهان است. خسارات اقتصادی ناشی از بلایای مرتبط با آب مانند سیل، خشکسالی، رانش زمین و فرونشست زمین در سال‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش یافته است. از سوی دیگر تغییر اقلیم، تغییرات کاربری اراضی، شهرنشینی، الگوهای مهاجرت، مشکلات انرژی و امنیت غذایی ناشی از تغییرات جمعیتی و توسعه اقتصادی می‌توانند خطرات حوزه آب را تشدید کنند.

برنامه جهانی ۲۰۳۰ اهداف اختصاصی برای آب (SDG 6)^۱ و همچنین تغییر اقلیم (SDG 13) دارد و بر پیوند تغییر اقلیم و آب تأکید ویژه‌ای دارد. پرداختن به مسائل مربوط به آب به دلیل نقش غیر قابل انکار تغییر اقلیم مستلزم بررسی دقیق و بهبود جوانب مرتبط با امنیت آب است. از امنیت آب تاکنون تعاریف مختلفی ارائه شده است. UN-Water^۲ (۲۰۱۳) امنیت آب را اینگونه تعریف می‌کند: «ظرفیت جامعه برای دسترسی پایدار به مقادیر کافی آب با کیفیت و قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه انسانی و توسعه اجتماعی-اقتصادی، یا تضمین حفاظت آب در برابر آلودگی و بلایای مرتبط با آن به منظور حفظ اکوسیستم‌ها در فضای صلح و ثبات سیاسی» (Water Resources Group, ۲۰۳۰, ۲۰۰۹). بر اساس این تعریف ایجاد جامعه‌ای با امنیت آبی یکی از اولویت‌های اصلی دولت‌ها و سیاست‌گزاران در سراسر جهان است. امنیت آبی یک عنصر حیاتی در دستور کار علم و سیاست عصر معاصر است و در سال‌های اخیر مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است. به طوری که جامعه اطلاعاتی ایالات متحده آمریکا (ICA)^۳ در یکی از گزارش‌های خود بیان کرد «زمانی که مردم معتقدند کمبود آب نتیجه حکمرانی ضعیف، احتکار، یا کنترل آب توسط دولت یا حاکمان جامعه است»، اعتراضات اجتماعی که می‌تواند جامعه را بی‌ثبات کند، ممکن است رخ دهد (Intelligence Community Assessment, ۲۰۱۲).

موضوعی مانند تنش آبی است. بنابراین یک پارادایم جدید مورد نیاز است که راه حل‌های جایگزین را برای دستیابی به امنیت آبی در نظر بگیرد. این مقاله امنیت آبی را با کاربست مدل امنیت آبی-سامانه جهانی داده‌گواری داده‌های زمینی (WSIM-GLDAS)^۹ مورد بررسی قرار داده است و مسئله امنیت آبی را به شکل کمی برای کل ایران ارائه می‌کند. هدف از این مقاله بررسی تغییرات شاخص امنیت آبی در ایران و سپس ارائه پیش‌نگری از اقلیم آینده ایران است. دستاوردهای این مطالعه می‌تواند منجر به ارائه پارادایم‌های نوظهور ارزیابی امنیت آبی و در نهایت جستجوی راه‌حل‌های پایدار برای دستیابی به امنیت آبی در برنامه هفتم توسعه ایران باشد.

روش تحقیق

• منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق کشور ایران در جنوب غربی آسیا است. ایران کشوری با اقلیم غالب خشک و نیمه‌خشک است که این ویژگی اقلیمی باعث شده است تا آب از دیرباز در این سرزمین یک مسئله جدی باشد. بر اساس آمار رسمی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۴۰۰) بر اساس اضافه برداشت از منابع آب زیر زمینی، حجم کسری آبخوان‌های کشور به بیش از ۱۳۶ میلیارد مترمکعب و متوسط افت سالانه آبخوان‌های کشور به ۵۵ سانتی‌متر رسیده است. در حال حاضر ۴۱۰ دشت از ۶۰۹ دشت کشور به‌عنوان دشت ممنوعه یا ممنوعه بحرانی دسته‌بندی شده‌اند (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۰). براساس پیش‌بینی‌ها در افق ۱۴۲۰ با فرض جمعیت ۱۰۶ میلیون نفری و در دسترس بودن ۱۰۳ میلیارد مترمکعب آب تجدیدپذیر، سرانه آب هر نفر به ۹۷۶ مترمکعب در سال می‌رسد که بیانگر وضعیت بحران آبی در کشور است.

• مدل امنیت آبی-سامانه جهانی داده‌گواری داده‌های زمینی (WSIM-GLDAS)

مدل امنیت آبی-سامانه جهانی داده‌گواری داده‌های زمینی (WSIM-GLDAS)، نسخه ۱ از مجموعه داده سامانه جهانی داده‌گواری داده‌های زمینی (GLDAS) (Rodell و همکاران، ۲۰۰۴) است که در بازه زمانی ژانویه ۱۹۴۸ تا دسامبر ۲۰۱۴ توسعه داده شده است (Yeates و همکاران، ۲۰۲۰). مدل WSIM با تفکیک افقی ۰/۲۵ درجه قوسی به شکل ماهانه ارائه شده است. فرض اصلی مدل WSIM این است که جوامع فعالیت‌ها و نیازهای خود برای دسترسی به آب را تا حدی براساس شرایط اقلیمی مورد انتظار سازگار می‌کنند و می‌توانند این فعالیت‌ها و نیازها را زمان‌بندی و حفظ کنند. بااین‌حال، تغییرات در شرایط اقلیمی و نیازهای جامعه به آب بیش از آنچه که در گذشته تجربه شده است، ممکن است

جوامع را در آینده مجبور به واکنش غیرعادی کند. همچنین باید توجه داشت رابطه بین تنش‌های اقلیمی، فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی و دسترسی به آب بسیار پیچیده است. چنین ارتباطی و هرگونه تغییر در آن می‌تواند باعث بروز اختلافات داخلی یا فراملی آب، کاهش محصولات کشاورزی، کمبود برق، جابه‌جایی جمعیت، شیوع بیماری‌های عفونی یا بی‌ثباتی سیاسی شود. داده‌های این مدل بر حسب دوره‌های بازگشت با روش توزیع فرین تعمیم یافته (GEV)^۹ محاسبه شده است. به‌کارگیری دوره‌های بازگشت امکان بررسی شدت کمبود یا مازاد دسترسی به آب را باتوجه‌به سابقه هیدرولوژیکی تاریخی در منطقه فراهم می‌کند که مقایسه بهتر در سطح جهانی را نیز ممکن می‌سازد. در این پژوهش از شاخص کمبود آب داده‌های WSIM-GLDAS طی دوره آماری ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است. بی‌هنجاری مدل نسبت به یک دوره پایه از ژانویه ۱۹۵۰ تا دسامبر ۲۰۰۹ برای هر نقطه شبکه (۰/۲۵ درجه قوسی) به شکل جداگانه محاسبه شده است.

• محصول ذخیره آب در دسترس زمینی^{۱۰} از ماهواره بازتابی گرانش و آزمایش اقلیم (GRACE)

برای بررسی آب ذخیره در دسترس در ایران به عنوان یک شاخص مهم امنیت آبی از داده‌های جهانی ماهواره بازتابی گرانش و آزمایش اقلیم (GRACE) طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۶ با تفکیک افقی ۰/۵ درجه قوسی استفاده شده است. آب ذخیره در دسترس (که معمولاً در اصطلاح دسترسی به آب شیرین نیز به آن گفته می‌شود) شامل مجموع آب‌های زیرزمینی، رطوبت خاک، برف و یخ، آب‌های سطحی و زیست توده مرطوب است که به‌صورت ارتفاع معادل آب بیان می‌شود. خروجی این محصول آهنگ تغییرات اندازه‌گیری شده آب ذخیره در دسترس بر حسب سانتی‌متر در سال است (Rodell و همکاران، ۲۰۱۸). ماهواره GRACE تغییرات چرخه آب زمینی را در میدان گرانش زمین اندازه‌گیری می‌کند. این ارزیابی مبتنی بر مشاهدات ماهواره‌ای از چگونگی واکنش چرخه آب جهانی به اثرات انسان و تغییر اقلیم است که ابزار مهمی در ارزیابی و پیش‌بینی تهدیدهای نوظهور برای امنیت آب و غذا را فراهم می‌کند.

• تولید مدل همدادی از مدل‌های منفرد CMIP6^{۱۱}

پروژه مقایسه مدل‌های جفت شده فاز ششم (CMIP6) آخرین نسل از مدل‌های CMIP است که جایگزین CMIP5 شده است. در این پژوهش، از پنج مدل مشارکت یافته در این پروژه شامل مدل‌های MRI، MPI-ESM1-2-HR، IPSL-CM6A-LR، GFDL-ESM4 و ESM2-0 از اجرای اول (rli1p1f1) برای بررسی تغییرات دما و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET)^{۱۱} استفاده شده است. برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) از روش پنمن-مونتیث فائو استفاده شد. مدل‌های منفرد^{۱۲} از عدم قطعیت قابل توجهی

نسبت به مدل همادی^{۱۳} برخوردار هستند. مدل همادی مجموعه‌ای از چندین مدل اقلیمی است که برای پیش‌بینی/پیش‌نگری اقلیمی از آن استفاده می‌شود. در مدل همادی به جای استفاده از برونداد یک مدل اقلیمی واحد، مجموعه‌ای از چندین مدل بر اساس یک وزن از پیش تعریف شده با یکدیگر ترکیب می‌شوند. مدل همادی عدم قطعیت را به شکل قابل توجهی نسبت به مدل‌های منفرد کاهش می‌دهد (Crawford و همکاران، ۲۰۱۹). بر این اساس روش‌های مختلفی برای تولید مدل همادی توسعه داده شده است که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش میانگین وزنی مستقل (IWM)^{۱۴} اشاره کرد (Bai و همکاران، ۲۰۲۱؛ زرین و داداشی رودباری، ۱۴۰۰). در این پژوهش برای تولید چند مدلی همادی (MME)^{۱۵} از مدل‌های منفرد CMIP6 از روش IWM استفاده شده است. روش IWM ترکیب خطی یک مجموعه از شبیه‌سازی‌های مدل است که میانگین اختلاف مربع (MSD) را با توجه به مشاهدات به حداقل می‌رساند و وابستگی بین مدل‌های تعریف شده را با استفاده از کوواریانس خطاهای مدل نشان می‌دهد (زرین و داداشی رودباری، ۱۴۰۰). سناریوهای SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 (به ترتیب معرف سناریوی خوش‌بینانه، بدبینانه و خیلی بدبینانه) برای پیش‌نگری دما و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) تحت شرایط تغییر اقلیم در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۱۰۰ استفاده شدند.

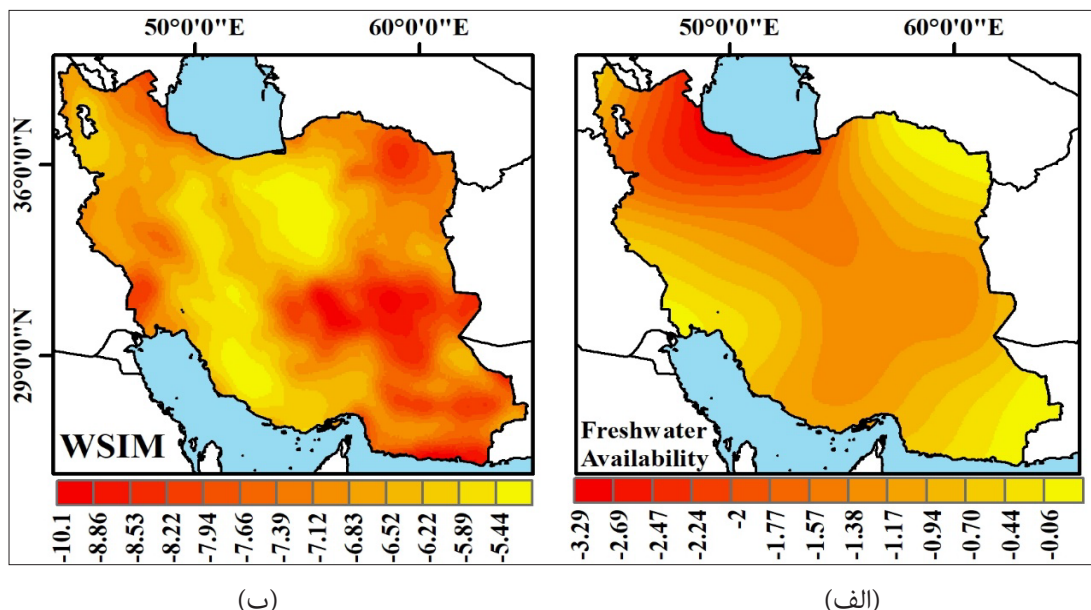
نتایج و بحث

آب ذخیره در دسترس در سراسر جهان در حال تغییر است (Rodell و همکاران، ۲۰۱۸). روند آب ذخیره در دسترس با داده‌های ماهواره بازیابی گرانش و آزمایش اقلیم (GRACE) طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ بررسی شد. نتایج نشان داد روند آب ذخیره در دسترس در ایران طی ۱۵ سال گذشته که داده‌های ماهواره GRACE در دسترس بوده کاهش داشته است. آب ذخیره در دسترس در مناطق شمالی، غرب و شمال غرب ایران با ۳/۲۹- سانتی متر در سال بیش از سایر مناطق کشور، بی‌هنجار بوده است. کاهش آب ذخیره در دسترس در غرب آسیا با استفاده از داده‌های GRACE توسط مطالعات قبلی اندازه‌گیری و تایید شده است (Rodell و همکاران، ۲۰۱۸). روند سراسر منفی این متغیر در ایران طی دو دهه گذشته با ساخت سدهای متعدد در بالادست رودخانه‌ها باعث کاهش جریان رودخانه شده است. این امر همراه با خشکسالی طولانی مدت سبب وابستگی بیش از حد به آب‌های زیرزمینی برای رفع نیازهای خانگی و کشاورزی شده است که تا حد زیادی روند منفی آب ذخیره در دسترس را توضیح می‌دهد.

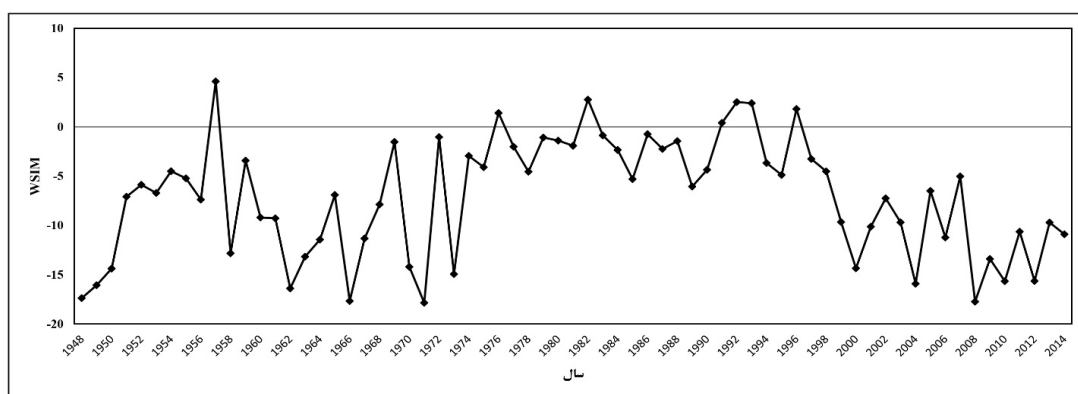
مدل امنیت آبی (WSIM) که با استفاده از داده‌های سامانه جهانی داده گواری داده‌های زمینی (GLDAS) تولید شده است نتایج قابل

تأملی را از امنیت آبی ایران ارائه داده است. دوره بازگشت کمبود آب که با روش توزیع فرین تعمیم یافته (GEV) در مقیاس سالانه در شکل (۱) ارائه شده است، نشان می‌دهد که شاخص در سراسر ایران در ۶۷ سال گذشته (۲۰۱۴-۱۹۴۸) دارای بی‌هنجاری منفی است. بی‌هنجاری منفی در این مدل نشان دهنده افزایش فراوانی سال‌هایی با رخداد کم آبی در سطح منطقه است. به عبارت ساده‌تر بی‌هنجاری منفی مدل WSIM مبین تشدید تنش آبی و افزایش فراوانی رخدادهای کم آبی است. براساس نتایج مدل WSIM بالاترین مقدار منفی بی‌هنجاری با مقدار ۱۰/۱- سال در مناطق شرق، جنوب شرق، شمال شرق و مناطق مرکزی ایران دیده می‌شود. این مقدار بی‌هنجاری منفی قابل توجه نشان دهنده امنیت آبی پایین در این مناطق است. کمترین بی‌هنجاری کمبود آب در ایران ۵/۴۴- سال است که به شکل پراکنده در مناطق مختلف ایران دیده می‌شود. مالکی و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی نظرات کارشناسان و پژوهشگران اهمیت نسبی شاخص‌های امنیت آبی را در ایران مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند استان‌های قم، یزد، کرمان و سیستان و بلوچستان در وضعیت بدتری از نظر امنیت آبی نسبت به سایر استان‌های کشور قرار دارند. نتایج مدل WSIM نیز امنیت آبی پایین را در این مناطق و بطور کلی در تمامی مناطق شرق ایران را تایید می‌کند. این ارزیابی از پاسخ چشم‌انداز آبی ایران به تأثیرات انسانی و تغییر اقلیم، طرحی برای ارزیابی و پیش‌بینی تهدیدهای نوظهور برای امنیت آبی و غذا را ارائه می‌دهد.

دوره بازگشت کمبود آب که با روش توزیع فرین تعمیم یافته (GEV) در متوسط پهنه‌ای کشور بررسی شد نشان داد که امنیت آبی در سال‌های اخیر در ایران به شکل قابل توجهی کاهش یافته است و متوسط پهنه‌ای بی‌هنجاری در ایران به ۱۷/۷۴- در سال ۲۰۰۸ رسیده است. همانطور که پیش‌تر نیز گفته شد در این پژوهش از شاخص کمبود آب در دسترس استفاده شد که بر این اساس روشن است که شاخص در اکثر سال‌ها مقدار منفی را ارائه دهد. بیشینه بی‌هنجاری در سال ۲۰۰۸ نتیجه بسیار مهمی را از این نظر ارائه داده است که در این سال ایران و غرب آسیا درگیر خشکسالی بسیار شدید و گسترده‌ای بوده است. طبیعتاً در چنین شرایطی فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی به شکل قابل توجهی افزایش داشته است. همانطور که در تغییرات سال به سال این شاخص نیز نشان داده شده است روند بی‌هنجاری کاهشی شدیدی از پایان دهه ۱۹۹۰ در ایران وجود داشته است و در نهایت در سال ۲۰۰۸ به بیش‌ترین مقدار بی‌هنجاری خود در دوره مورد بررسی رسیده است. کاهش قابل توجه در دوره بازگشت در دهه‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ در ایران نشان دهنده افزایش تنش آبی و کاهش امنیت آبی در ایران تحت شرایط مختلف همانند رشد جمعیت، تغییرات کاربری اراضی، ناکارآمدی شیوه‌های مدیریت منابع آب و تغییر اقلیم است.



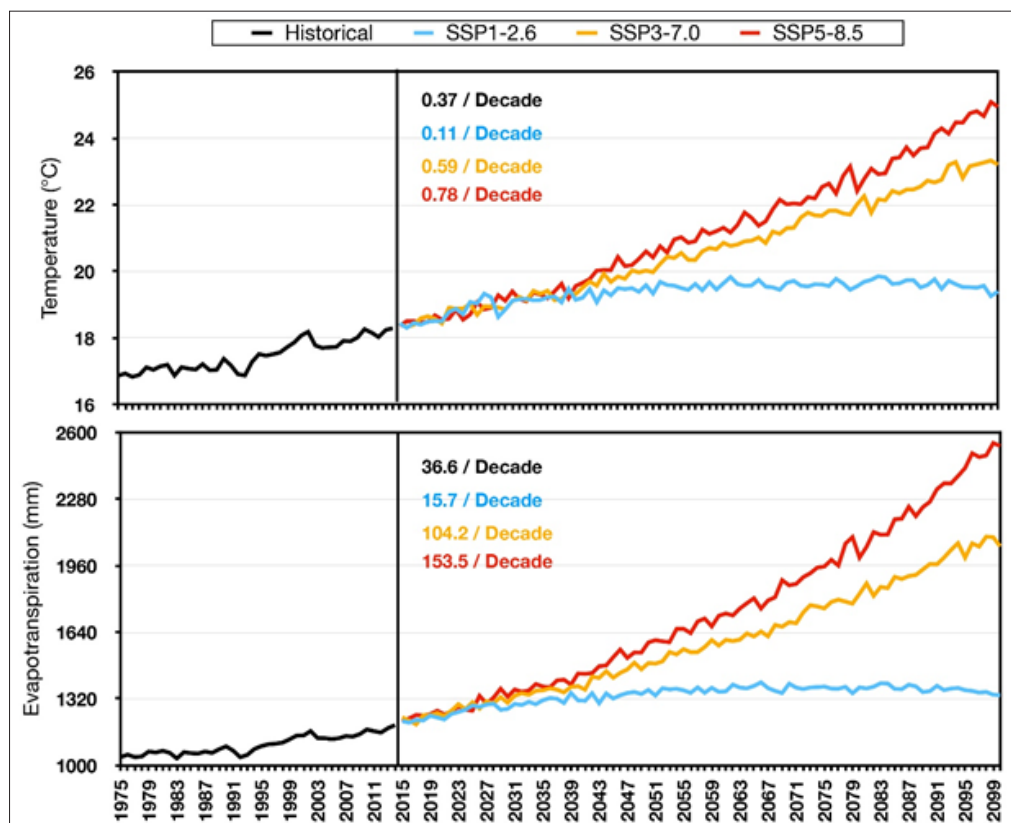
شکل ۱- الف) آب ذخیره در دسترس از ماهواره بازیابی گرانش و آزمایش اقلیم (GRACE) طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ (واحد: سانتی متر در سال)؛ ب) دوره بازگشت شاخص کمبود مدل امنیت آبی-سامانه جهانی داده‌گواری داده‌های زمینی (WSIM-GLDAS) طی دوره ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۴ (واحد: سال)



شکل ۲- تغییرات سال به سال بی‌هنجاری شاخص کمبود مدل امنیت آبی WSIM

(PET) تأثیر جدی در کاهش رطوبت خاک و افزایش تبخیر از منابع آبی (همانند سدها) خواهد شد. این تغییرات پیامدهای بلند مدت دیگری نیز دارد. افزایش دما و تبخیر-تعرق، تنش آبی گیاه را در بخش کشاورزی و به‌خصوص کشاورزی دیم به دنبال خواهد داشت و ممکن است باعث تغییر نوع کشت محصولات کشاورزی از کشاورزی دیم به کشاورزی آبی و یا حتی رها سازی زمین کشاورزی شود؛ روندی که در حال حاضر نیز در ایران در حال رخ دادن است. روشن است کشاورزی آبی وابستگی به ذخیره‌سازی مخزن و زیرساخت‌های آبیاری را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر رها شدن بیشتر زمین‌های کشاورزی دیم به‌خصوص در مناطق بدون دسترسی به آبیاری (همانند مناطق روستایی) می‌تواند منجر به افزایش مشکلات محیط‌زیست از جمله افزایش گرد و خاک شده و پیامدهای قابل توجهی بر عملکرد اکوسیستم و معیشت روستایی خواهد داشت.

پیش‌نگری تغییرات آینده متغیرهای اقلیمی، به ویژه دما و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET)، برای مدیریت منابع آب، کاهش بلایا و توسعه کشاورزی حیاتی است. نتایج حاصل از چند مدلی همادی (CMIP6-MME) نشان از افزایش قابل توجه این دو متغیر اقلیمی تا پایان قرن حاضر را دارد. دما در ایران طی دوره تاریخی (۲۰۱۴-۱۹۷۵) به ازای هر دهه ۰/۳۵ درجه سلسیوس افزایش داشته است. به همین ترتیب تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) به ازای هر دهه ۳۶/۶ میلی‌متر افزایش داشته است. برای هر سه سناریوی آتی، افزایش قابل توجه دما و تبخیر-تعرق پتانسیل، امنیت آبی کشور را به شکل قابل توجهی کاهش خواهد داد. دما تحت سناریوهای SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۵۹ و ۰/۷۸ درجه سلسیوس تا پایان قرن حاضر افزایش خواهد داشت. به همین ترتیب PET نیز ۱۵/۷، ۱۰۴/۲ و ۱۵۳/۵ میلی‌متر دهه افزایش خواهد داشت. این افزایش قابل توجه از دما و تبخیر-تعرق پتانسیل



شکل ۳- پیش‌نگری متوسط پهنه‌ای دما (شکل بالا) و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) (شکل پایین) با استفاده از مدل همدادی CMIP6-MME تا پایان قرن تحت سناریوهای خوش‌بینانه (SSP1-2.6)، بدبینانه (SSP3-7.0) و خیلی بدبینانه (SSP5-8.5)

نتیجه‌گیری

نوار شرقی ایران از شمال شرق تا جنوب شرق و ایران مرکزی بسیار پایین است که نشان‌دهنده تشدید بیشتر تنش آبی در این مناطق از کشور است. به همین ترتیب آب ذخیره در دسترس در ایران نیز روندی سراسر منفی دارد. به‌طور کلی در متوسط پهنه‌ای ایران، آب ذخیره در دسترس ۱/۳۱- سانتی‌متر در هر سال طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ کاهش داشته است. کاهش آب ذخیره در دسترس به همراه بی‌هنجاری منفی مدل امنیت آبی نشان از امنیت آبی پایین در کشور است. پیش‌نگری اقلیمی دما و PET نیز نشان از تهدیدی جدی در آینده منابع آب در کشور است. دما در ایران طی دوره تاریخی (۱۹۷۵-۲۰۱۴) به‌ازای هر دهه ۰/۳۷ درجه سلسیوس افزایش و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) به‌ازای هر دهه ۳۶/۶ میلی‌متر افزایش داشته است. نتایج نشان می‌دهد روند افزایشی دما و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) طی دهه‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت. به‌طوری‌که تحت سناریوی SSP5-8.5 دما ۰/۷۸ درجه سلسیوس/دهه و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) ۱۵۳/۵ میلی‌متر/دهه افزایش خواهند داشت. افزایش دما منجر به افزایش ظرفیت رطوبتی جو و افزایش شدت بارش (رابطه کلاسیوس-کلاپیرون) شده (Pall و همکاران، ۲۰۰۷) که در چنین شرایطی منجر به توزیع مجدد آب در سطح کشور می‌شود. با افزایش شدت بارش (Zarrin و Dadashi-Roudbari، ۲۰۲۱) و

برقراری تعادل پایدار بین در دسترس بودن و تقاضای آب یکی از چالش‌های اجتماعی-محیطی مهم قرن بیست و یکم است. تقاضا برای آب به دلیل رشد جمعیت و نیاز به تولید محصولات کشاورزی و انرژی در حال افزایش است (FAO^{۱۵}، ۲۰۱۵؛ IEA^{۱۶}، ۲۰۱۶). در همین حال، انتظار می‌رود که درصد مصرف آب جهت تولید انرژی و غذا به طور چشمگیری افزایش یابد.

عدم دستیابی به امنیت آبی و کمی‌سازی آن در کشورهای هم‌چون ایران که داده‌های مناسبی را ندارند، مانع از ارزیابی صحیح شرایط گذشته، حال و آینده منابع آب می‌شود. برای غلبه بر این چالش، استفاده از محصولات ماهواره‌ای و بازتحلیل‌ها گزینه مناسبی است. برای بررسی امنیت آبی در ایران از داده‌های آب ذخیره در دسترس از ماهواره بازیابی گرانث و آزمایش اقلیم (GRACE) و مدل امنیت آبی-سامانه جهانی داده‌گذاری داده‌های زمینی (WSIM-GLDAS) استفاده شد. برای پیش‌نگری اقلیمی دما و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) یک مدل همدادی از مدل‌های منفرد CMIP6 تولید شد. بررسی نتایج مدل WSIM نشان داد فراوانی سال‌هایی با رخداد کم آبی در ایران در حال افزایش است. بی‌هنجاری شاخص نشان داد امنیت آبی در سراسر

- 6-Generalized Extreme Value (GEV)
- 7-Terrestrial water availability storage
- 8-Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE)
- 9-Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)
- 10-Potential Evapotranspiration (PET)
- 11-Individual model
- 12-Ensemble Model
- 13-Independence Weighted Mean (IWM)
- 14-Multi-model ensemble (MME)
- 15-Food and Agriculture Organization (FAO)
- 16-International Energy Agency (IEA)
- 17-Climate Risk Management (CRM)
- 18-National Adaptation Plans (NAPs)

منابع

اسماعیلی‌نژاد، ا. و داوری، ک. ۱۳۹۹. مدیریت تخصیص آب در ایران، بیراهه‌ای در گذر زمان. آب و توسعه پایدار، ۷(۲): ۲۳-۳۲. [jwsd.v7i2.85262/10.22067](https://doi.org/10.22067/jwsd.v7i2.85262/10.22067)

زرین، آ. و داداشی رودباری، ع. ۱۴۰۰. پیش‌نگری دوره‌های خشک و مرطوب متوالی در ایران مبتنی بر برون‌داد همادی مدل‌های تصحیح شده اریبی CMIP6. فیزیک زمین و فضا، ۴۷(۳): ۵۶۱-۵۷۸. [jesphys.2021.319270.1007295/10.22059](https://doi.org/10.22059/jesphys.2021.319270.1007295/10.22059)

زرین، آ. و داداشی رودباری، ع. ۱۴۰۱. مدیریت ریسک اقلیمی (CRM) و ضرورت تدوین و اجرای برنامه‌های سازگاری ملی (NAPs). آب و توسعه پایدار، ۹(۱): ۸۵-۹۴. [jwsd/10.22067](https://doi.org/10.22067/jwsd/10.22067)

[v9i1.2111.1095](https://doi.org/10.22067/jwsd.v8i2.1028/10.22067)

مالکی، ن.، شاکری بستان آباد، ر.، صالحی کمرودی، م. و سیدآبادی، س. ۱۴۰۰. بررسی وضعیت شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۹۵-۱۳۹۰: کاربردی از روش‌های تحلیل چندمعیاره. آب و توسعه پایدار، ۸(۲): ۲۱-۳۲. [jwsd.v8i2.1028/10.22067](https://doi.org/10.22067/jwsd.v8i2.1028/10.22067)

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. ۱۴۰۰. بررسی تحلیلی شرایط موجود و تبیین وضعیت آینده بحران آب در کشور. شماره مسلسل: ۱۸۰۶۷، کد موضوعی ۲۵۰. تاریخ انتشار ۱۴۰۰/۱۱/۱۹. تهران، ایران.

2030 Water Resources Group. 2009. Charting Our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision-Making. Accessed January 1, 2023. <http://www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2014/07/Charting-Our-Water-Future-Final.pdf>

همچنین افزایش دما و تبخیر-تعرق، ذخیره آب در خاک (آب سبز) کاهش می‌یابد. در مقابل آب‌های سطحی (آب آبی) روند افزایشی داشته و جریان ورودی به مخزن افزایش می‌یابد. این امر به‌طور بالقوه باعث افزایش فرسایش خاک و تنش آبی گیاه می‌شود. از سوی دیگر بر پتانسیل کشاورزی دیم که بخش قابل توجهی از کشاورزی ایران را به‌خصوص برای گندم به خود اختصاص می‌دهد تأثیر منفی می‌گذارد. این نتیجه اهمیت تأثیر تغییر اقلیم را بر توزیع مجدد آب بین آب سبز و آب آبی، افزایش فرسایش خاک و در نتیجه کاهش امنیت آبی را نشان می‌دهد. لذا ضروری است تا اقدامات سازگاری با تغییر اقلیم با هدف افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (آب سبز) و حفظ ظرفیت ذخیره‌سازی مخازن (آب آبی) جدی گرفته شود.

نتایج سناریوهای مختلف SSP احتمال رخداد بحران‌های مکرر آب را در آینده ایران نشان می‌دهد. لذا برای برنامه‌ریزی قوی امنیت و تاب‌آوری آب باید تغییر اقلیم به‌عنوان یک مسئله کلیدی در نظر گرفته شود. مشخص است که بدون اولویت‌های سیاستی قوی و کارآمد، مدیریت ریسک اقلیمی (CRM)^{۱۷} و ضرورت تدوین و اجرای برنامه‌های سازگاری ملی (NAPs)^{۱۸} (زرین و داداشی رودباری، ۱۴۰۱) پیامدهای بحران آب در ایران تا حد زیادی گسترش خواهد یافت و بی‌توجهی به اقلیم و تغییرات آن می‌تواند خسارات اجتماعی، محیط‌زیستی و اقتصادی قابل توجهی را به‌خصوص در زمان تشدید رخداد فرین‌های اقلیمی ایجاد کند. برای رسیدگی به چالش‌های امنیت آبی در شرایط تغییر اقلیم و گنجاندن ابعاد اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی در مقیاس‌های مختلف رویکردهای کلی‌نگر اهمیت زیادی دارند. رویکردهای کل‌نگر می‌توانند به‌عنوان یک تسهیل‌گر برای پیشرفت در بسیاری از بخش‌ها مانند سلامت عمومی، امنیت انرژی، سازگاری با تغییر اقلیم، کاهش فقر و سرعت بخشیدن به دستیابی به اهداف توسعه پایدار (SDGs) عمل کنند. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش شکندگی امنیت آبی را در ایران آشکار کرده و با ارائه اطلاعات فنی و علمی می‌تواند جهت هدایت برنامه‌ها (همانند برنامه هفتم توسعه کشور) و استراتژی‌های منطقه‌ای برای مقابله با کمبود آب در آینده استفاده شود.

پی‌نوشت

- 1-Sustainable Development Goals (SDGs)
- 2-United Nations Water
- 3-Intelligence Community Assessment (ICA)
- 4-Middle East and North Africa (MENA)
- 5-The Water Security Indicator Model - Global Land Data Assimilation System (WSIM-GLDAS)

- Water, 13(4): 490. [10.3390/w13040490](https://doi.org/10.3390/w13040490).
- Pall P., Allen M. R. and Stone D. A. 2007. Testing the Clausius–Clapeyron constraint on changes in extreme precipitation under CO2 warming. *Climate Dynamics*, 28(4): 351-363. [10.1007/s00382-006-0180-2](https://doi.org/10.1007/s00382-006-0180-2)
- Patrick H. O. 2020. Climate change, water security, and conflict potentials in South Africa: Assessing conflict and coping strategies in rural South Africa. *Handbook of climate change management: Research, leadership, transformation*, 1-18.
- Rodell M., Famiglietti J. S., Wiese D. N., Reager J. T., Beaudoing H. K., Landerer F. W. and Lo, M. H. 2018. Emerging trends in global freshwater availability. *Nature*, 557(7707): 651-659. [10.1038/s41586-018-0123-1](https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1)
- Rodell M., Houser P.R., Jambor U.E.A., Gottschalk J., Mitchell K., Meng C.J., Arsenault K., Cosgrove B., Radakovich J., Bosilovich M. and Entin, J.K. 2004. The global land data assimilation system. *Bulletin of the American Meteorological society*, 85(3): 381-394. [10.1175/BAMS-85-3-381](https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381)
- UN-Water, 2013. Analytical Brief on Water Security and the Global Agenda. Accessed January 1, 2023. http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater_watersecurity_analyticalbrief.pdf.
- World Bank. 2007. Making the Most of Scarcity Accountability for Better Water Management in the Middle East and North Africa.: World Bank. Washington, DC. USA.
- Yeates E., Wahl M., Geheran M.P., Christensen S.D., Mahbubur R., Brown D.T., Baston D.P. and Parris, T.M. 2020, December. Decision Support Tools to Communicate Hydrologic Anomalies and Impacts. In AGU Fall Meeting Abstract, Vol. 2020: 26-08. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020AGUFMSY028..02Y/abstract>
- Zarrin A. and Dadashi-Roudbari, A. 2021. Projection of future extreme precipitation in Iran based on CMIP6 multi-model ensemble. *Theoretical and Applied Climatology*, 144(1): 643-660. [10.1007/s00704-021-03568-2](https://doi.org/10.1007/s00704-021-03568-2)
- Zawahri N. A. 2017. Water security in the Middle East, Anthem Press, Tufts University, USA.
- Babel M. S., Shinde V. R., Sharma D. and Dang N. M. 2020. Measuring water security: A vital step for climate change adaptation. *Environmental Research*, 185: 109400. [10.1016/j.envres.2020.109400](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109400)
- Bai H., Xiao D., Wang B., Liu D. L., Feng P. and Tang, J. 2021. Multi-model ensemble of CMIP6 projections for future extreme climate stress on wheat in the North China Plain. *International Journal of Climatology*, 41: 171-186. [10.1002/joc.6674](https://doi.org/10.1002/joc.6674)
- Chellaney B. 2011. Water: Asia's new battleground, volume 1. Georgetown University Press. Washington, D.C, USA.
- Crawford J., Venkataraman K. and Booth J. 2019. Developing climate model ensembles: A comparative case study. *Journal of hydrology*, 568: 160-173. [10.1016/j.jhydrol.2018.10.054](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.054)
- Fonseca A., Andrade C. and Santos J. A. 2022. Agricultural Water Security under Climate Change in the Iberian Peninsula. *Water*, 14(5): 768. [10.3390/w14050768](https://doi.org/10.3390/w14050768)
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015, Intl. Food for Agric. Dev. World Food Program. Rome, Italy.
- Hameed M., Moradkhani H., Ahmadalipour A., Moftakhari H., Abbaszadeh P. and Alipour, A. 2019. A review of the 21st century challenges in the food-energy-water security in the Middle East. *Water*, 11(4): 682. doi: [10.3390/w11040682](https://doi.org/10.3390/w11040682).
- Intelligence Community Assessment. 2012. Global Water Security. February. Accessed January 1, 2023. <https://www.dni.gov/files/documents/Special%20Report-ICA%20Global%20Water%20Security.pdf>.
- International Energy Agency (IEA). (2016) World Energy Outlook 2016 Energy Access Database, Cedex, France. Accessed January 1, 2023, available at: <http://www.iea.org/weo>. last access: 20 January 2020.
- Jianyun Z., Guoqing W., Yang Y., Ruimin H. and Jiufu L. 2009. Impact of climate change on water security in China. *Advances in Climate Change Research*, 5(00): 34.
- Mishra B. K., Kumar P., Saraswat C., Chakraborty S. and Gautam, A. 2021. Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions.

Evaluation of Agricultural Water Poverty Index in Hamadan Province and Identification of Critical Components

A. Damavandi¹, H. Saadi^{2*}, K. Naderi Mahdi-e³, A. Malekian⁴

1, 2, 3- PhD Student of Agricultural Extension and Education, Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. 4- Assistant Professor, Nahavand Higher Education Complex, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*(Corresponding Author Email: h.saadi@basu.ac.ir)

Received: 26-07-2022

Revised: 24-11-2022

Accepted: 03-12-2022

Available Online: 20-06-2023

ارزیابی شاخص فقر آب کشاورزی استان همدان و شناسایی مولفه‌های بحرانی

عاطفه دماوندی^۱، حشمت‌الله سعدی^{۲*}، کریم نادری مهدی^۳،
عاطفه ملکیان^۴

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی، دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. ۴- استادیار مجتمع آموزش عالی نهاوند، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: h.saadi@basu.ac.ir)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲

Abstract

Attention to the increase in population, the limited capacity of water resources and climate change, the occurrence of drought will be inevitable. This issue has led to the sensitivity of development specialists regarding this life-giving resource and the regulation of the framework for the supply of water resources. In this regard, the multi-dimensional index in the form of five main axes, including resources, access, consumption, capacity and environment, would be beneficial for examining the effective factors contributing to the agricultural water crisis. In order to evaluate the access to agricultural water resources and investigate water scarcity at the trans-regional level. In this paper, with the aim of calculating the agricultural water poverty index, various dimensions affecting water poverty were investigated and then the critical indicators were explained in each city. Therefore, this article aims to calculate the agricultural water poverty index by examining various dimensions contributing to water poverty. Afterwards, critical indicators were explained in the studied cities to address the issue thoroughly. The research results showed that due to the weaknesses in two environmental components (high consumption of poisons and fertilizers and low water quality) and access (farmer's access to water and land potential) Kaboodarahang county has a more critical agricultural water scarcity situation of 42.06 compared to other counties. Malayer city has a more favorable situation due to better access to resources and higher scores in the environmental component from the point of view of the water poverty index, also the findings of the weak management of water resource consumption and the low human and real capacity (Farmer's ability to manage agricultural water at farm level), in the studied areas.

Keywords: Drought Crisis, Access to Water Resources, Water Poverty, Water Scarcity.

چکیده

باتوجه‌به افزایش جمعیت، محدود بودن ظرفیت منابع آبی و تغییر اقلیم بروز خشکسالی اجتناب ناپذیر خواهد بود، این مهم سبب ایجاد حساسیت متخصصان توسعه درباره این منبع حیات بخش و تنظیم چهارچوب عرضه منابع آبی شده است. در این راستا بهره‌گیری شاخصی چند بعدی در قالب پنج محور اصلی در برگرفته منابع، دسترسی، مصرف، ظرفیت و محیط‌زیست، به‌منظور بررسی عوامل موثر در بحران آب کشاورزی ارزیابی دسترسی به منابع آب کشاورزی و همچنین بررسی کمبود آب در سطح فرمانطقه‌ای سودمند خواهد بود. بنابراین در این مقاله با هدف محاسبه شاخص فقر آب کشاورزی ابعاد مختلف موثر بر فقر آبی بررسی و سپس به تبیین شاخص‌های بحرانی در شهرستان‌های مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد، شهرستان کبودراهنگ به دلیل ضعف در دو مولفه محیط‌زیست (مصرف زیاد سموم و کود و کیفیت پایین آب) و دسترسی (دسترسی کشاورز به آب و پتانسیل زمین) با فقر آب کشاورزی معادل ۴۲/۰۶ وضعیت بحرانی‌تری نسبت به سایر شهرستان‌ها دارد. شهرستان ملایر به دلیل دسترسی بهتر به منابع و کسب امتیاز بالاتر در مولفه محیط‌زیست از دیدگاه شاخص فقر آبی وضعیت مطلوب‌تری دارد. همچنین یافته‌ها نشان‌دهنده ضعف مدیریت مصرف منابع آب و پایین بودن ظرفیت انسانی و واقعی (توان کشاورز برای مدیریت کردن آب کشاورزی در سطح مزرعه) در شهرستان‌های مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: بحران خشکسالی، دسترسی به منابع آبی، فقر آبی، کمبود آب.

آب در بسیاری از جوامع بشری با اهمیت و مقدس است و کالایی با ارزش شناخته می‌شود به طوری که آن را سرچشمه حیات و آبادانی می‌دانند (شهرکی و بذر افشان، ۱۳۹۸). در دهه‌های اخیر، وقوع کم‌آبی‌های شدید مستمر، در دوره‌های زمانی مختلف بسیاری از نقاط کره زمین را مورد تهدید قرار داد و موجب ویرانی و تخریب شده است (طهان و خیری، ۱۳۸۸). هم‌چنین کم‌آبی، آسیب‌های اجتماعی، تنش جسمی و روانی، اضطراب و افسردگی، درگیری‌های خانوادگی، کاهش کیفیت زندگی، افزایش مهاجرت، افزایش فقر عمومی و تنش اقتصادی، کاهش عملکرد محصول تولیدی، کاهش توان اقتصادی کشاورز، کاهش توان تولیدی آبی کشاورز و خروج از بخش کشاورزی محیط‌زیستی، کاهش تنوع زیستی، تضعیف خاک، کاهش پوشش گیاهی، کاهش رطوبت خاک و افزایش وقوع طوفان‌های شن و ماسه فراوانی به همراه داشته است (آشتاب و شریف زاده، ۱۳۹۵). یکی از مسائلی که بحران آب در ایران را تشدید کرده است؛ توزیع نامتقارن منابع آبی در فضای کشور است به طوری که موقعیت رشته کوه‌های البرز و زاگرس سبب شده ۷۰ درصد بارندگی‌ها تنها در ۲۷ درصد مساحت کشور اتفاق بیافتد هم‌چنین حدود نیمی از منابع آب تجدید شونده در ایران در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان قرار دارد که یک چهارم از مساحت کشور را شامل می‌شود. سهم ایران از منابع آب شیرین جهان نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین‌تری قرار دارد درحالی که یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کند سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۳ درصد است. از مجموع ۳۹۷/۹ میلیارد متر مکعب بارندگی سالانه در کشور ۶۶ درصد آن قبل از رسیدن رودخانه‌ها تبخیر می‌شود (Moradi و Mokhtari Hashi، ۲۰۲۱). میزان وابستگی زمین‌های کشاورزی تجهیز شده برای آبیاری به منابع آب زیرزمینی به طور متوسط در دنیا ۳۷/۸ درصد است، این ضریب در منطقه خاورمیانه ۴۶/۲ درصد و در کشور ایران برابر ۶۲/۱ درصد است. این موضوع، تأییدی بر سهم بالای بخش کشاورزی از مصرف آب‌های زیرزمینی در ایران در مقایسه با کشورهای دیگر و حتی منطقه خاورمیانه است (سواری و همکاران، ۱۳۹۷؛ محمد جانی و یزدانیان، ۱۳۹۳؛ قربانی سپهر، ۱۳۹۸). از آنجایی که در ایران، کشت آبی جزء اصلی‌ترین فاکتورهای تولید غذا محسوب می‌شود، تأمین غذای آینده مردم کشور به شدت به کشت آبی متکی خواهد بود. به طوری که این میزان در برخی موارد تا ۹۰ درصد کل سطح زیرکشت و بیش از ۹۰ درصد تولیدات خام محصولات کشاورزی را شامل می‌شود (حسین‌زاد و همکاران، ۱۳۹۳). باتوجه به اینکه آب کشاورزی استفاده شده در ایران از ۴۴ میلیارد متر مکعب در سال ۱۹۶۱ به ۸۰ میلیارد متر مکعب در ۲۰۰۱ و ۸۶/۵ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است براساس شاخص ملل

متحد، ایران در شرایط بحرانی قرار دارد (Moridi، ۲۰۱۷). جهت بررسی شدت کم‌آبی شاخص‌های زیادی مطرح شده است از جمله شاخص سازمان ملل، شاخص موسسه بین‌المللی آب که دو عامل درصد برداشت کنونی نسبت به کل منابع آب سالانه و درصد میزان برداشت آب در آینده نسبت به برداشت آب در حال حاضر را هم زمان مورد استفاده قرار می‌دهد (بزی و همکاران، ۱۳۸۹). شاخص فقر آبی (WPI)^۱ از دید صاحب نظران مختلف (EL-Din و EL-Gafy، ۲۰۱۸؛ Komnenica و همکاران، ۲۰۰۹؛ Sullivan و همکاران، ۲۰۰۲؛ بزی و همکاران، ۱۳۸۹)، یکی از معیارهای جامع در فقر آبی محسوب می‌شود، Maheswari و همکاران (۲۰۱۷)، Mlote و همکاران (۲۰۰۲)، شریف‌زادگان و همکاران (۱۳۹۶) از جمله محققانی هستند که از این شاخص برای بررسی وضعیت آب کشاورزی و رفع بحران کم‌آبی استفاده نمودند. برای بررسی فقر آب در بعد کشاورزی شاخص کامل‌تر فقرآبی کشاورزی (AWPI)^۲ مطرح شده است، این شاخص را اولین بار در ایران Forouzani و همکاران (۲۰۱۲) استفاده نمودند و برای ارزیابی وضعیت آب در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت، در واقع این شاخص معیاری است که فراوانی یا فقر منابع آب موجود در یک منطقه را برای نیازهای خانگی و تقاضا برای تولیدات غذایی متناسب با اندازه جمعیت نشان می‌دهد. از آنجایی که ریشه‌های فقر آبی کشاورزی نه تنها از عوامل طبیعی و فیزیکی، بلکه از عوامل اجتماعی، اقتصادی و عوامل نهادی در بخش کشاورزی می‌تواند نشأت گرفته باشد، شاخص فقر آبی کشاورزی به عنوان ابزار میان رشته‌ای در برگیرنده ابعاد کلیدی یک سیستم کشاورزی می‌باشد (همتی و همکاران، ۱۳۹۸). فقر آب کشاورزی به عنوان یک شاخص سودمند هم به منظور نظارت بر پیشرفت و هم شناسایی مناطق کشاورزی یا جوامعی با بیشترین نیاز آبی، کاربرد دارد. بنابراین تصمیم‌گیران را قادر می‌سازد که اقدامات و طرح‌های مربوط به مصرف بهینه آب را اولویت‌بندی نموده و به مرحله اجرا درآورند. رتبه‌بندی مناطق کشاورزی براساس این معیار، منجر به اتخاذ سیاست‌هایی با اثربخشی بیشتر می‌شود (Forouzani و Karami، ۲۰۱۱). بنابراین هدف از این مطالعه سنجش وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی شهرستان‌های همدان، کبودرآهنگ و ملایر باتوجه به شاخص فقر آب کشاورزی AWPI به عنوان یک ابزار جدید و کاربردی است. هم‌چنین در این مطالعه سطح‌بندی شهرستان‌های ملایر، کبودرآهنگ و همدان و شناسایی مولفه‌های بحرانی در این شهرستان‌ها انجام گرفت. شاخص AWPI پنج جزء منابع، دسترسی، مصرف، ظرفیت و محیط‌زیست و هم‌چنین تمامی عواملی که بر وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی موثر می‌باشند را در نظر دارد، بنابراین نتایج حاصل می‌تواند تحلیل جامعی از وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی مناطق مورد مطالعه فراهم کند و در تصمیمات بعدی برنامه‌ریزان مورد توجه قرار گیرد.

در این مطالعه به منظور بررسی وضعیت منابع آب از شاخص فقر آب کشاورزی بر مبنای پنج مولفه منابع، ظرفیت، دسترسی، محیط زیست و مصرف استفاده شد. رابطه ریاضی این شاخص بر مبنای مولفه‌ها به صورت رابطه (۱) است.

$$WPI = W_R R + W_A A + W_C C + W_U U + W_E E \quad (1)$$

که برای ارزیابی وضعیت واقعی منابع و مصارف آبی در بخش کشاورزی از داده‌های آماری بانک‌های اطلاعاتی ادارات، سازمان جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای استان همدان اداره آب و فاضلاب، اداره هواشناسی، بانک کشاورزی استان همدان و اداره تعاون روستایی و آمارنامه‌ها، استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- تاریخ و محل جمع آوری اطلاعات هر مولفه

ردیف	مولفه‌ها	اداره مربوطه	سال
۱	منابع (آب سطحی و زیرزمینی)	اداره آب منطقه‌ای استان همدان	۱۴۰۰
۲	دسترسی (دسترسی کشاورز به آب و پتانسیل زمین)	اداره آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی	۱۳۹۹-۱۴۰۰
۳	مصرف (مصرف آب، میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی مکانیزه و ...)	سازمان جهاد کشاورزی (آب و خاک، زراعت، باغبانی، مکانیزاسیون کشاورزی)	۱۳۹۹-۱۴۰۰
۴	ظرفیت (انسانی و واقعی)	سازمان جهاد کشاورزی، بانک کشاورزی، اداره تعاون روستایی	۱۳۹۹-۱۴۰۰
۵	محیط زیست	کمیسیون محصول سالم، حفظ نباتات، آمار نامه	۱۴۰۰-۱۳۹۹

• مولفه‌های شاخص فقر آب

۱- مولفه‌ی منابع

منظور از این مولفه، میزان دسترسی طبیعی به آب کشاورزی است که بر مبنای حجم آب قابل دسترس سنجیده می‌شود، این مولفه شامل دو زیر مولفه منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی (Forouzani و Karami، ۲۰۱۱) است. ارزش زیر مولفه‌های آب سطحی (R_1) شامل سنجه‌های آب کانال، آب رودخانه، باران و زیر مولفه آب زیرزمینی (R_2) شامل آب چاه، چشمه و قنات می‌باشد، به ترتیب از طریق رابطه (۲) و (۳) محاسبه شد.

$$R_1 = (\sum (W_{R1i} \times X_n \times R_{1i})) / (\sum W_{R1i}) \quad (2)$$

$$R_2 = (\sum (W_{R2i} \times X_n \times R_{2i})) / (\sum W_{R2i}) \quad (3)$$

جهت استانداردسازی از رابطه (۴) استفاده شد.

$$X_n \quad X_i = X_i - X_{\min} / X_{\max} - X_{\min} \quad (4)$$

استفاده شد. (همتی و همکاران، ۱۳۹۸)

X_n : مقادیر استاندارد شده هر نشانگر در مولفه‌ی منابع، R_1 : مقدار زیرمولفه‌ی منابع آب سطحی، R_2 : مقدار زیرمولفه‌ی منابع آب زیرزمینی، W_{R1} : وزن عددی زیرمولفه‌ی منابع آب سطحی، W_{R2} : وزن عددی زیرمولفه‌ی منابع آب زیرزمینی است.

مولفه منابع (R) براساس میانگین وزنی دو زیرمولفه محاسبه شده است (رابطه ۵).

$$R = (W_{R1} \times R_1 + W_{R2} \times R_2) / (W_{R1} + W_{R2}) \quad (5)$$

۲- مولفه دسترسی

این مولفه نشان‌دهنده میزان دسترسی مناسب به مقدار آب کافی برای استفاده‌های کشاورزی است دارای دو زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب (A_1)، با شاخصه‌های (درصد چاه‌های کشاورزی خشک شده، تعداد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز مسدود شده، حجم آب صرفه‌جویی شده، درصد و طول قنات احیا شده، زمین‌های زراعی کشت نشده به دلیل کم آبی) و زیر مولفه پتانسیل زمین در دسترسی به آب (A_2)، با شاخصه‌های (نوع بافت خاک، درصد عملکرد کم خاک‌ورزی (آبی و دیم)، درصد عملکرد بی‌خاک‌ورزی (آبی و دیم) و اراضی دارای تناوب زراعی در محصولات دیم) است. مقادیر دو زیرمولفه A_1 و A_2 از رابطه (۶) و (۷) محاسبه شد:

$$A_1 = (\sum (W_{A1i} \times X_n \times A_{1i})) / (\sum W_{A1i}) \quad (6)$$

$$A_2 = (\sum (W_{A2i} \times X_n \times A_{2i})) / (\sum W_{A2i}) \quad (7)$$

X_n : مقادیر استاندارد شده هر نشانگر در مولفه دسترسی، A_1 : مقدار زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب، A_2 : مقدار زیرمولفه پتانسیل زمین برای دسترسی به آب، W_{A1} : وزن عددی زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب، W_{A2} : وزن عددی زیرمولفه پتانسیل زمین برای دسترسی به آب.

برای دستیابی به مقدار نهایی مولفه دسترسی برای هر کشاورز، از رابطه (۸) استفاده شد:

$$A = (W_{A1} \times A_1 + W_{A2} \times A_2) / (W_{A1} + W_{A2}) \quad (8)$$

۳- مولفه مصرف

این مولفه به توانایی کشاورزان برای استفاده از آب به طور کارا مرتبط است و در واقع، حد مفید و مؤثر بودن استفاده از آب در کشاورزی را نشان می‌دهد؛ شامل: کارایی فیزیکی مصرف آب، میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی زیر کشت کشاورزان تحت کشت به کل زمین‌های آبیاری شده، نسبت اراضی کشاورزان تحت آبیاری مدرن به کل زمین‌های آبی با اثرگذاری مثبت بر فقر آب کشاورزی. پس از استانداردسازی زیر مولفه‌ها با توجه به وزن‌های اختصاص یافته مقدار نهایی مولفه مصرف با رابطه (۹) محاسبه شد (Saadvandi و Zarafshani، ۲۰۱۷).

$$U = (\sum W_{ui} \times X_n \times U_i) / (\sum W_{ui}) \quad (9)$$

X_n : مقادیر استاندارد شده هر نشانگر در مولفه مصرف، U : مقدار مولفه مصرف، W_{ui} : وزن عددی مولفه مصرف.

۴- مولفه ظرفیت

این مولفه به بررسی توان کشاورز برای مدیریت کردن آب کشاورزی در سطح مزرعه به طور مؤثر می‌پردازد به گونه‌ای که این توانایی موجب دسترسی پایا و مصرف بهینه‌تر منابع آبی شود. این مولفه شامل دو زیر مولفه سرمایه انسانی، اجتماعی و سرمایه واقعی است. مانند مولفه‌های قبل، ارزش نهایی مولفه ظرفیت از محاسبه ارزش‌های فردی شاخصه‌های مربوطه، سپس نرمال‌سازی آن ارزش‌ها صورت گرفت. ارزش نهایی مولفه ظرفیت با استفاده از رابطه‌های (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) محاسبه شد.

$$C_1 = (\sum (W_{C1i} \times X_n \times C_{1i})) / (\sum W_{C1i}) \quad (10)$$

$$C_2 = (\sum (W_{C2i} \times X_n \times C_{2i})) / (\sum W_{C2i}) \quad (11)$$

$$C = \{W_{C1} \times C_1 + W_{C2} \times C_2\} / (W_{C1} + W_{C2}) \quad (12)$$

X_n : مقادیر استاندارد شده هر نشانگر در مولفه ظرفیت، C_1 : مقدار زیرمولفه سرمایه واقعی، C_2 : مقدار زیرمولفه سرمایه اجتماعی و انسانی، C : مقدار مولفه ظرفیت، W_{C1} : وزن عددی زیرمولفه سرمایه واقعی، W_{C2} : وزن عددی زیرمولفه سرمایه اجتماعی و انسانی.

۵- مولفه محیط زیست

این مولفه عوامل محیط‌زیستی مؤثر بر کیفیت و کمیت آب کشاورزی را نشان می‌دهد. مولفه محیط‌زیست از عوامل مؤثر بر کیفیت آب مصرف شده در بخش کشاورزی تشکیل شده است. شاخصه‌های این مولفه عبارتند از: کیفیت آب از نظر شوری، مصرف کود و سموم شیمیایی که همه سنجه‌های این مولفه، دارای تأثیر مثبت بر فقر آبی کشاورزی هستند، به عبارت دیگر، مصرف بالاتر کود و سموم شیمیایی منجر به آلودگی بیشتر آب‌های زیرزمینی می‌شود و یا افزایش شوری آب باعث افزایش فقر آبی کشاورزی می‌شود. پس از محاسبه مقادیر استاندارد این چهار شاخصه و با توجه به وزن‌های اختصاص یافته به آن‌ها، برای

محاسبه مقدار نهایی مولفه محیط‌زیست (E) از رابطه (۱۳) استفاده شد.

$$E = \sum (W_{Ei} \times X_n \times E_i) / (\sum W_{Ei}) \quad (13)$$

X_n : مقادیر استاندارد شده هر نشانگر در مولفه محیط‌زیست، E : مقدار مولفه محیط‌زیست، W_{Ei} : وزن عددی مولفه محیط‌زیست.

مقدار شاخص AWPI از طریق میانگین وزنی پنج مولفه اصلی محاسبه شد و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب شد. بر این اساس از رابطه (۱۴) مقدار شاخص AWPI محاسبه شد:

$$AWPI = \{ (W_R \times R) + (W_A \times A) + (W_U \times U) + (W_C \times C) + (W_E \times E) \} / (W_R + W_A + W_U + W_C + W_E) \times 100 \quad (14)$$

W : وزن هر یک از مولفه‌ها.

امتیازات نهایی شاخص فقر آبی ما بین (۰-۱۰۰) قرار می‌گیرد که ۱۰۰ نشان‌دهنده بهترین وضعیت و صفر نشان‌دهنده فقر آبی کشاورزی مطلق است (Matshe و همکاران، ۲۰۱۳).

• وزن‌دهی شاخص‌ها

به منظور وزن‌دهی مولفه‌ها، زیرمولفه‌ها و شاخص‌های فقر آبی کشاورزی از تحلیل سلسله مراتبی^۲ استفاده شد. در این روش متغیرهای موجود در یک فضای چند حالتی همبسته به یک مجموعه از مولفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که به این مولفه‌های غیرهمبسته به دست آمده، مولفه‌های اساسی می‌گویند و از بردارهای ماتریس کوواریانس همبستگی متغیرهای اصلی به دست می‌آیند. مراحل وزن‌دهی شامل مراحل زیر است:

سطح اول: هدف اصلی ساختار سلسله مراتبی (وزن‌دهی به مولفه‌های اصلی، زیر مولفه‌ها و ملاک‌های فقر آب کشاورزی).
سطح دوم: تعیین وزن هر یک از مولفه‌های اصلی سنجش فقر آب کشاورزی. سطح سوم: تعیین وزن هر یک از زیر مولفه‌های سنجش فقر آب کشاورزی. سطح چهارم: تعیین وزن هر یک از ملاک‌های سنجش فقر آب کشاورزی.

برای مقایسات زوجی عناصر از یک مقیاس ۹ سطحی استفاده شده است. روش کار به این صورت است که به هر یک مقایسه زوجی، یک عدد از ۱ تا ۹ داده شود (Saaty، ۱۹۸۰؛ ابراهیمی، ۱۳۷۴؛ قدسی پور، ۱۳۸۷) (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر عددی قضاوت‌ها برای مقایسات زوجی

قضاوت‌ها	امتیازات (مقادیر عددی)
اهمیت یکسان	۱
اهمیت، اندکی بیشتر	۳
اهمیت بیشتر	۵
اهمیت، خیلی بیشتر	۷
اهمیت مطلق	۹
ترجیحات بین فاصله ارزش گذاری	۲، ۴، ۶، ۸

• واحد تحلیل و مناطق مورد مطالعه

استان همدان دارای ۱۰ شهرستان، ۲۶ بخش، ۳۲ شهر و ۷۵ دهستان است که به تفکیک در جدول (۳) آورده شده است.

در این مطالعه واحد تحلیل شهرستان می‌باشد. بر اساس آمار و اطلاعات آب منطقه‌ای استان همدان (۱۴۰۰) از هفت دشت مورد مطالعه در استان، چهار محدوده مطالعاتی شامل دشت‌های

کبودراهنگ، رزن-قهاوند، اسدآباد و ملایر در وضعیت ممنوعه بحرانی، و سه محدوده مطالعاتی همدان- بهار، نهاوند و تویسرکان در وضعیت ممنوعه قرار دارند که این مسئله نشان دهنده وضعیت بحرانی دشت‌های استان همدان است. بر اساس میزان افت متوسط درازمدت، دشت‌های استان همدان به چهار طبقه بحرانی شدید، بحرانی، نیمه بحرانی، بحرانی خفیف طبقه‌بندی شد (جدول ۴ و ۵).

جدول ۳- تعداد شهرها و آبادی‌های استان برحسب شهرستان (سالنامه آماری، ۱۴۰۰)

عنوان	استان	همدان	ملایر	نهاوند	تویسرکان	کبودراهنگ	اسدآباد	بهار	رزن	درگزین	فامنین
شهرستان	۱۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
تعداد شهر	۳۲	۴	۶	۴	۳	۳	۳	۴	۲	۲	۱
تعداد بخش	۲۶	۲	۴۱	۴	۲	۳	۲	۳	۲	۲	۲
تعداد دهستان	۷۵	۹	۱۵	۹	۷	۱۰	۶	۶	۲	۴	۴
تعداد آبادی	۱۰۷۱	۱۰۴	۲۱۳	۱۶۹	۱۰۴	۱۲۹	۱۰۱	۶۸	۸۳	۳۸	۶۲

جدول ۴- تقسیم بندی براساس میانگین و انحراف معیار

ردیف	وضعیت	شرایط	مقدار
۱	بحرانی شدید	$x\bar{x} < +\sigma$	-۱/۳۲
۲	بحرانی	$+\sigma\bar{x} < x < \bar{x}$	(-۰/۹۶) - (-۱/۳۲)
۳	نیمه بحرانی	$-\sigma < x < \bar{x}$	(-۰/۹۶) - (-۰/۶)
۴	بحرانی خفیف	$x \leq \bar{x} + \sigma$	-۰/۶

یافته‌های تحلیل سلسله مراتبی (مقایسات زوجی)

از آنجایی که این فاز از مطالعه دارای پنج مولفه اصلی و ۴۹ مولفه فرعی برای سنجش فقر آبی کشاورزی است، ابتدا تمامی مولفه‌ها و زیرمولفه‌ها از طریق کارشناسان آب منطقه‌ای، مرکز تحقیقات و سازمان جهاد کشاورزی وزن دهی شد. مشخصات کارشناسان در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج حاصل از مقایسات زوجی نیز در جدول (۷) آورده شده است.

جدول ۶- مشخصات کارشناسان در تهیه ماتریس مقایسه زوجی و وزن دهی

ردیف	تعداد کارشناسان	محل خدمت	میزان تحصیلات
۱	۶	آب منطقه‌ای استان	کارشناسی ۴ نفر، کارشناسی ارشد ۲ نفر
۲	۹	جهاد کشاورزی استان	دکتری ۲ نفر، کارشناسی ارشد ۵ نفر، کارشناسی ۲ نفر
۳	۳	مرکز تحقیقات	دکتری ۳ نفر
۴	۳	اداره تعاونی روستایی	کارشناسی ۲ نفر، کارشناسی ارشد ۱ نفر

براساس جدول (۵) شهرستان‌های استان همدان از نظر وضعیت افت آب به چهار طبقه بحرانی شدید، بحرانی، نیمه بحرانی و بحرانی ضعیف طبقه‌بندی شدند. از طبقه بحرانی شدید با بالاترین افت آبی منطقه کبودراهنگ، از طبقه بحرانی، شهرستان ملایر و از طبقه نیمه بحرانی با افت متوسط، شهرستان همدان انتخاب شدند و مورد مطالعه قرار گرفتند. باتوجه به اینکه هدف از مطالعه بررسی فقر آبی کشاورزی مناطق در معرض بحران می‌باشد، از طبقه بحرانی ضعیف شهرستانی انتخاب نشده است.

جدول ۵- تقسیم‌بندی شهرستان‌های استان همدان بر

اساس افت متوسط دراز مدت (۱۳۹۰-۱۴۰۰)

ردیف	نام محدوده مطالعاتی	افت متوسط درازمدت	وضعیت
۱	همدان-بهار	-۰/۸۴	نیمه بحرانی
۲	کبودراهنگ	-۱/۵۳	بحرانی شدید
۳	رزن-قهاوند	-۰/۸۴	نیمه بحرانی
۴	ملایر	-۱/۱۷	بحرانی
۵	نهاوند	-۰/۴۸	بحرانی ضعیف
۶	تویسرکان	-۰/۶۶	نیمه بحرانی
۷	اسدآباد	-۱/۲۲	بحرانی

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل مولفه‌های شاخص فقر آبی کشاورزی، به تفکیک شهرستان‌های مورد مطالعه (کبودراهنگ، ملایر و همدان) در جدول (۸) ارائه شده است. در ادامه، ابتدا فقر آب کشاورزی شهرستان‌ها تحلیل و سپس هر شهرستان براساس مولفه‌ها و زیرمولفه‌های شاخص فقر آب کشاورزی بررسی شده‌اند.

جدول ۷- نتایج حاصل وزن‌دهی ماتریس زوجی و مقدار عددی به‌دست آمده زیر مولفه و شاخص‌ها

وزن	همدان	ملایر	کیودراهنگ	شاخص‌ها	زیر مولفه
۰/۵۱۸	۰	۵۱/۸	۶/۷۳۴	متوسط بارندگی	آب سطحی
۰/۲۷۸	۱۹/۴۶	۰	۲۷/۸	افزایش میزان بارندگی طی ۵ سال گذشته	(۰/۴۲۸)
۰/۲۰۴	۰	۲۰/۴	۰	آب حاصل از چشمه بخش کشاورزی به آب های قابل تجدید	آب زیرزمینی
۰/۲۰۰	۰	۲۰	۱۹/۸	تخلیه از چاه‌های کشاورزی به کل حجم آب‌های قابل تجدید	
۰/۱۱۱	۲/۷۷	۱۱/۱	۰	میزان آب استحصال شده از قنوات در بخش کشاورزی	
۰/۱۹۶	۱۹/۶	۱۹/۴۰	۰	متوسط کسری حجم مخزن زیرزمینی طی دوره طولانی	
۰/۱۸۱	۱۸/۱	۱۳/۵۷	۰	درصد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز	(۰/۵۷۲)
۰/۱۹۳	۰	۱/۷۳	۱۹/۳	تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به ازای هر ۱۰۰ هکتار آبی	
۰/۱۱۹	۰	۱۱/۹	۳/۶۸	درصد قنات‌های خشک شده طی ۵ سال گذشته	
۰/۱۲۴	۰	۱۰/۶۶	۱۲/۴	نسبت اراضی آیش به کل اراضی زراعی دیم	
۰/۱۲۲	۲/۴۴	۱۲/۲	۰	درصد سیستم‌های آبیاری فرسوده شده	دسترسی کشاورز به آب
۰/۱۳۸	۴/۵۵	۱۳/۸	۰	آیش زمین به دلیل کم آبی (در ۵ سال گذشته)	
۰/۱۴۰۰	۱۲/۴۶	۱۴	۰	زمین‌های آبی تبدیل شده به دیم (در ۵ سال گذشته)	
۰/۱۳۸	۰	۱۳/۸	۱۳/۳۱	طول قنوات احیا شده	
۰/۱۵۰	۱۵	۰	۰	درصد قنوات احیا شده	(۰/۵۶۳)
۰/۱۸۸	۶/۰۱	۱۸/۸	۰	درصد چاه‌های کشاورزی مجاز خشک شده در دوره ۵ ساله	
۰/۲۶۱	۰	۲۶/۱	۰	بافت خاک	
۰/۱۸۹	۹/۴۵	۱۸/۹	۰	درصد عملکرد کم خاک‌ورزی (آبی و دیم)	
۰/۱۵۰	۰	۲/۵۵	۱۵	درصد عملکرد بی‌خاک‌ورزی (آبی و دیم)	(۰/۴۳۷)
۰/۱۸۹	۰	۱۸/۹	۸/۱۲	اراضی دارای تناوب زراعی در محصولات دیم ۹۹-۴۰۰	
۰/۲۱۱	۰	۲۱/۱	۲/۷۴	فاصله منبع آبی تا مزرعه	
۰/۱۸۵	۱۶/۸۳	۰	۱۸/۵	میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده	
۰/۱۲۶	۱۲/۶	۱/۷۶	۰	نسبت اراضی زیر کشت کشاورزان به کل زمین‌های آبیاری	مصرف
۰/۱۵۹	۶/۹۹	۰	۱۵/۹	نسبت اراضی آبیاری مدرن به کل زمین‌های آبی کشت شده	
۰/۲۰۴	۲۰/۴	۰	۰	مساحت کشت در گلخانه نسبت به اراضی آبی	
۰/۱۷۸	۱۷/۸	۱۵/۸۴	۰	کیفیت آب‌های سطحی از نظر شوری	
۰/۲۳۳	۱۱/۴۱	۲۳/۳	۰	کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شوری	محیط‌زیست
۰/۲۳۴	۰	۲۳/۳	۶/۲۹	مصرف انواع کود شیمیایی در مزارع و باغات کشاورزی	
۰/۱۷۳	۰	۱۷/۲	۸/۶	مصرف سموم شیمیایی (مقدار سموم شیمیایی فروخته شده)	
۰/۱۸۴	۰	۱۸/۴	۵/۸۸	میزان مصرف کودهای مرغی در مزارع و باغات کشاورزی	
۰/۱۴۷	۱۴/۷	۰	۰/۴۴	نرخ با سواد کشاورزان در مناطق مورد مطالعه	سرمایه انسانی و اجتماعی
۰/۱۱۷	۵/۸۵	۰	۱۱/۷	کلاسهای برگزار شده مدیریت آب نسبت به کل کلاس‌ها	
۰/۱۲۳	۱۲/۳	۰	۰/۴۹	تعداد تعاونی‌های تولید کشاورزی در منطقه	
۰/۰۹۹	۹/۹	۳/۹۵	۰	تعداد تعاونی‌های روستایی در منطقه	
۰/۱۳۵	۰	۱۰/۸	۱۳/۵	سطح زیر کشت اراضی کشت شده توسط تعاونی‌های تولید	(۰/۴۳۲)
۰/۱۱۹	۱۱/۹	۵/۲۳	۱۱/۹	درصد کشاورزان عضو در تعاونی کشاورزی به کل جمعیت	
۰/۱۰۹	۰	۱۰/۹	۰/۷۶	کشاورزان عضو تعاونی روستایی نسبت به کل جمعیت روستا	
۰/۱۵۱	۰	۱۵/۱	۳/۰۲	تعداد تشکلهای آب بران	

زیر مولفه	شاخصه‌ها	کبودراهنگ	ملایر	همدان	وزن
سرمایه واقعی (۵/۵۶۸)	اراضی مجهز به سیستم‌های آبیاری به کل اراضی کشت شده	۸/۸۵	۰	۱۲/۳	۰/۱۲۳
	اراضی تسطیح شده به کل اراضی کشاورزی	۰	۱۰/۸	۰	۰/۱۰۸
	اراضی دارای سیستم زهکشی نسبت به کل اراضی	۰	۰	۰	۰/۰۸۲
	اراضی لوله گذاری شده برای انتقال آب	۶/۵۵	۱۳/۱	۰	۰/۱۳۱
	تعداد چاه‌های با نصب کنتور هوشمند	۰	۱۱/۵	۱۰/۴۶	۰/۱۱۵
	سطح اراضی کشاورزی بیمه شده نسبت به خشکسالی	۸/۲۴	۰	۸/۵	۰/۰۸۵
	طول نهرهای آبیاری سیمانی نسبت به طول کل نهرهای آبیاری	۱۲/۸	۰	۱۲/۸	۰/۱۲۸
	تعداد استخر ذخیره آب موجود به ازای هر ۱۰۰۰ بهره‌بردار	۰	۱/۰۵	۱۰/۵	۰/۱۰۵
	اراضی زراعی مکانیزه شده (دیم و آبی) نسبت به کل اراضی	۱۲/۳	۰	۱۲/۳	۰/۱۲۳

جدول ۸- مقادیر مولفه‌ها و زیرمولفه‌های شاخص فقر آب کشاورزی به تفکیک شهرستان‌ها

شهرستان	منابع		دسترسی		ظرفیت		محیط زیست	فقر آب کشاورزی
	آب سطحی	آب زیرزمینی	کل	دسترسی	مصرف واقعی	انسانی و اجتماعی		
کبودراهنگ	۱۴/۸	۲۴/۴۷	۳۹/۲۷	۱۱/۴	۲۲/۷۱	۳۴/۱۱	۶۷	۴۲/۰۶
ملایر	۳۰/۹	۴۴/۴۵	۷۵/۳۵	۳۵/۱۶	۲۶/۸۵	۶۲/۰۱	۱۸/۵	۵۸/۱۳
همدان	۸/۴	۲۳/۱۵	۳۱/۵۵	۲۸/۸۵	۱۵/۵۳	۴۴/۳۸	۷۱/۲۰	۴۷/۱۸

در جایگاه بهتری از نظر آب سطحی قرار گرفت. شایان ذکر است شهرستان ملایر کمترین افت بارندگی بلند مدت در این شاخص را داشته است. بیشترین و کمترین منابع آب زیرزمینی به ترتیب ۴۴/۴۵ و ۱۵/۲۳ متعلق به شهرستان‌های ملایر و همدان می‌باشد. این مولفه شامل شش شاخص میزان تخلیه از چاه‌های کشاورزی و آب استحصال شده از قنوات در بخش کشاورزی به کل حجم آب‌های قابل تجدید، متوسط کسری حجم مخزن زیرزمینی طی دوره آماری طولانی، درصد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز و تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، درصد قنات‌های خشک شده طی ۵ سال گذشته می‌باشد. لازم به ذکر است این شاخص نیز برای هر سه شهرستان زیر حد متوسط است و نشان دهنده فقر آبی در شهرستان‌های مورد مطالعه می‌باشد. بررسی شاخص‌های مختلف این زیر مولفه در شهرستان ملایر نشان می‌دهد که شاخص‌های درصد قنات‌های خشک شده، نسبت چاه‌های کشاورزی غیرمجاز، میزان تخلیه چاه‌های کشاورزی و میزان آب استحصال از قنوات در وضعیت بهتری نسبت به شهرستان‌های همدان و کبودراهنگ قرار دارند.

جدول ۱۰- توزیع مقادیر مولفه منابع (آب سطحی و آب زیر زمینی)

متغیر	کمترین	بیشترین
منابع آب سطحی	شهرستان همدان- ۸/۴	ملایر - ۳۰/۲
منابع آب زیر زمینی	شهرستان همدان- ۱۵/۲۳	ملایر - ۴۴/۴۵
مولفه منابع	شهرستان همدان- ۳۱/۵۵	ملایر - ۷۵/۳۵

میزان فقر آبی کشاورزی در شهرستان‌های مورد مطالعه بر اساس جدول (۹) شهرستان کبودراهنگ با مقدار ۴۲/۰۶ بیشترین میزان فقر آب کشاورزی را در بین شهرستان‌های مورد مطالعه داشته و از فقر آبی متوسط به بالا رنج می‌برد، همچنین شهرستان همدان با فقر آب کشاورزی معادل ۴۶/۴۱ نیز در طبقه فقر آبی کشاورزی متوسط به بالا قرار دارد و شهرستان ملایر با فقر آب کشاورزی معادل ۵۸/۱۳ در طبقه فقر آبی کشاورزی متوسط به پایین قرار گرفت.

جدول ۹- طبقه‌بندی شاخص فقر آب کشاورزی (Forouzani و همکاران، ۲۰۱۲)

ردیف	دامنه	طبقه فقر آب کشاورزی
۱	۰-۳۰	فقر آب کشاورزی شدید
۲	۳۰/۰۱-۴۰	فقر آب کشاورزی بالا
۳	۴۰/۰۱-۵۰	فقر آب کشاورزی متوسط به بالا
۴	۵۰/۰۱-۶۰	فقر آب کشاورزی متوسط به پایین
۵	۶۰/۰۱-۷۰	فقر آب کشاورزی کم
۶	۷۰/۰۱-۱۰۰	نبود فقر آب کشاورزی

• تحلیل مولفه منابع در شاخص فقر آب کشاورزی

همانگونه که در جدول (۱۰) نشان داده شده است کمترین و بیشترین ارزش زیر مولفه منابع آب سطحی متعلق به شهرستان همدان و ملایر است به‌طوری‌که شهرستان ملایر با مقدار ۳۰/۹

از ۷۸۵۰۰ هکتار به ۳۲۳۱۲ هکتار کاهش داشته است. در کل شهرستان همدان با ۶۱/۵۷ بیشترین مقدار در مولفه ظرفیت را دارد و در واقع، کشاورزان این منطقه سرمایه انسانی بالایی داشتند، شهرستان ملایر با ۴۱ کمترین امتیاز در مولفه ظرفیت را دارد.

جدول ۱۳- توزیع مقادیر مولفه ظرفیت

متغیر	کمترین	بیشترین
ظرفیت انسانی و اجتماعی	شهرستان کبودراهنگ- ۱۸/۰۶	شهرستان همدان- ۲۳/۶۰
ظرفیت واقعی	ملایر- ۲۰/۷۰	شهرستان همدان- ۳۷/۹۷
مولفه ظرفیت	شهرستان ملایر- ۴۱	شهرستان همدان- ۶۱/۵۷

• تحلیل مولفه محیط‌زیست در شاخص فقر آب کشاورزی

مولفه محیط‌زیست علاوه بر بررسی کیفیت آب عواملی را هم که بر کیفیت منابع آبی موثرند مورد توجه قرار می‌دهد. این مولفه شامل پنج شاخص: کیفیت آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی از نظر شوری، مصرف کود و سموم شیمیایی و مصرف کودهای مرغی می‌باشد. نتایج مربوط به مولفه محیط‌زیست نشان داد شهرستان ملایر با ۸۰/۸۴، بیشترین مقدار و شهرستان کبودراهنگ با ۲۹/۳۷ کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. بررسی شاخص‌های این مولفه بیانگر آن بود که شهرستان ملایر در شاخص کیفیت آب‌های سطحی از نظر شوری با $EC = 518/2$ جایگاه دوم، در شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شوری با $EC = 895$ جایگاه اول، در شاخص مصرف کود شیمیایی با کمترین میزان مصرف در جایگاه نخست قرار دارد. بالاترین ظرفیت محیط‌زیست را نسبت به شهرستان همدان و کبودراهنگ را دارد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴- توزیع مقادیر مولفه محیط‌زیست

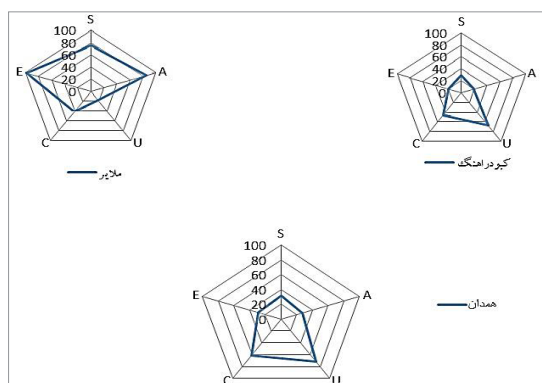
متغیر	کمترین	بیشترین
مولفه محیط‌زیست	شهرستان کبودراهنگ- ۲۹/۳۷	شهرستان ملایر- ۸۰/۸۴

• شناسایی مولفه‌های بحرانی و مطلوب شاخص فقر آب کشاورزی

در شهرستان‌های مورد مطالعه

بحرانی‌ترین مولفه در شهرستان کبودراهنگ مولفه ظرفیت با نمره ۲۷/۶۹ است، به‌طوری‌که نمره به‌دست آمده برای این مولفه در محدوده فقر شدید قرار گرفته است، بنابراین شهرستان کبودراهنگ به لحاظ ظرفیت‌های انسانی و واقعی در وضعیت نامطلوبی قرار دارد. مطلوب‌ترین مولفه در این شهرستان مولفه

مصرف با نمره ۶۷ می‌باشد. شهرستان ملایر در مولفه مصرف با نمره ۱۸/۵ در شرایط تنش شدید قرار گرفته است، یعنی کارایی مصرف آب در این شهرستان بسیار پایین است. این شهرستان از نظر مولفه محیط‌زیست با نمره ۸۰/۸۴ در شرایط مطلوبی قرار دارد. بحرانی‌ترین مولفه در شهرستان همدان مولفه منابع با نمره ۳۱/۵۵ می‌باشد. یعنی شهرستان همدان از نظر منابع آب سطحی و زیرزمینی در وضعیت بحرانی قرار دارد، بهترین مولفه در این شهرستان مولفه مصرف با نمره ۷۱/۲۰ است. اثر مولفه‌ها در فقر آبی کشاورزی شهرستان‌های کبودراهنگ، ملایر و همدان در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- اثر مولفه‌ها در فقر آبی کشاورزی شهرستان‌های کبودراهنگ، ملایر و همدان

S: منابع، A: دسترسی، U: مصرف، E: محیط زیست، C: ظرفیت

نتیجه‌گیری و بحث

در تحقیق حاضر مقادیر شاخص فقر آب کشاورزی شهرستان‌های همدان، ملایر و کبودراهنگ استان همدان با در نظر گرفتن معیارهای موثر بر آن محاسبه شد. در شاخص فقر آب کشاورزی ابعاد مختلفی تأثیرگذار است و این شاخص ابزار موثر و جامعی برای تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط‌زیست است. شاخص نهایی فقر آب کشاورزی AWPI نشان داد شهرستان کبودراهنگ بیشترین میزان فقر آب کشاورزی را در بین شهرستان‌های مورد مطالعه داشته و از فقر آبی متوسط به بالا رنج می‌برد، همچنین شهرستان همدان فقر آبی کشاورزی متوسط به بالا را تجربه می‌کند، ولی شهرستان ملایر در وضعیت فقر آبی کشاورزی متوسط به پایین قرار گرفت. سعدوندی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش مشابهی برای دشت ماهیدشت استان کرمانشاه، در محدوده مطالعاتی مرکزی و کوزران به ترتیب بیشترین و کمترین فقر آبی کشاورزی را گزارش کرده‌اند. مولفه ظرفیت واقعی در شهرستان کبودراهنگ که در ارتباط با اراضی مجهز به سیستم‌های آبیاری به کل اراضی، اراضی تسطیح

شده، اراضی دارای سیستم زهکشی، اراضی لوله‌گذاری شده، تعداد چاه‌های با نصب کنتور هوشمند، سطح اراضی بیمه شده، طول نهرهای آبیاری سیمان شده به طول کل نهرها، تعداد استخر ذخیره آب است در وضعیت نامناسبی ارزیابی شد است. انجام سیاست‌گذاری‌های مناسب در این زمینه، حمایت‌های مالی صحیح و آموزش‌های به موقع و تأثیرگذار می‌تواند اهمیت توجه به سیستم‌های آبیاری نوین، زهکشی مناسب و غیره را برای کشاورزان روشن نموده و با اثرگذاری بر دانش و نگرش آنها زمینه ساز رفتارهای مناسب شود. همچنین باتوجه به اینکه شهرستان کبودرآهنگ دارای سطح بالایی از کشت محصولات زراعی آبی است و بر اساس آمار شرکت آب منطقه‌ای (استان همدان ۱۴۰۰) فقط ۲۰ درصد از چاه‌ها دارای کنتور هوشمند می‌باشند، نصب کنتور هوشمند و نظارت دقیق آب منطقه‌ای بر عملکرد آنها می‌تواند در کنترل مصرف آب در شهرستان مذکور ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به ابعاد چندگانه در این پژوهش (اجتماعی، فیزیکی، انسانی و زیربنایی) مدیریت هماهنگی ترویج می‌تواند از طریق آموزش‌های اثر بخش و شبکه‌سازی و تقویت جایگاه تشکله‌ها و تعاونی‌ها در این شهرستان، سرمایه انسانی و اجتماعی را تقویت کند که این امر موجب تقویت سرمایه‌های فیزیکی، طبیعی و زیربنایی نیز خواهد شد، ثابته و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از شاخص فقر آب با بررسی وضعیت حوزه آبریز کارون و استان‌های این محدوده نیز شاخص ظرفیت در وضعیت نامطلوبی گزارش شده است. در شهرستان کبودرآهنگ مولفه مصرف در بهترین شرایط با کسب نمره ۷۱/۲۰ می‌باشد که این مولفه در تحقیق زلیخایی و همکاران (۱۳۹۸) نیز شناسایی شده است.

شهرستان ملایر در مولفه مصرف با نمره ۱۸/۵ در شرایط تنش شدید قرار گرفته است، یعنی کارایی مصرف آب در این شهرستان بسیار پایین است. این مولفه در تحقیق آسیایی هیر و همکاران (۱۳۹۵) نیز به عنوان مولفه بحرانی در شهرستان‌های اکبر داوود، گیلانده، پل الماس و احمدکندی به عنوان مولفه بحرانی شناسایی شده است. کارایی مصرف در این پژوهش در ارتباط با میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده، نسبت اراضی کشت شده به کل زمین‌های آبیاری شده، نسبت اراضی آبیاری مدرن، زمین‌های آبی تحت پوشش گلخانه و نسبت استفاده از بذور اصلاح شده به کل بذور مورد استفاده سنجیده شد. بنابراین به منظور بهبود کارایی مصرف توصیه می‌شود در کلیه شهرستان‌های استان همدان به خصوص شهرستان ملایر تناوب زراعی، گسترش سطح کشت گلخانه‌ای و الگوی کشت متناسب با شرایط اقلیمی رعایت شود که مراکز تحقیقات، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی می‌توانند در زمینه کاهش فقر آبی موثر باشند. لازم به ذکر است که جهت موفقیت در اجرای الگوی کشت باید کشتی جایگزین شود که با شرایط کشاورزان منطقه سازگار باشد. در ضمن ارائه تسهیلات لازم

نیز بسیار حائز اهمیت است. این شهرستان در مولفه محیط‌زیست در شرایط بهتری در مقایسه با سایر شهرستان‌ها قرار گرفت که در ارتباط با میزان بهینه مصرف نهاده‌های شیمیایی و تأثیر آن بر کیفیت منابع آب کشاورزان است.

شهرستان‌های همدان و کبودرآهنگ از نظر مولفه محیط‌زیست وضعیت نامطلوبی دارند که با ترویج استفاده از سموم بیولوژیک، حمایت دولت از تولید محصول سالم و ملزم کردن کشاورزان به دریافت نسخه کلینیک‌های گیاه‌پزشکی در استفاده از سموم کشاورزی در این راستا می‌تواند موثر باشد. بحرانی‌ترین مولفه در شهرستان همدان نیز مولفه منابع با نمره ۳۱/۵۵ می‌باشد. یعنی شهرستان همدان از نظر منابع آب سطحی و زیر زمینی در وضعیت بحرانی قرار دارد. این مولفه در ارتباط با میزان تخلیه از چاه‌های کشاورزی و آب استحصال شده از قنوات در بخش کشاورزی به کل حجم آب‌های قابل تجدید، متوسط کسری حجم مخزن زیرزمینی طی دوره آماری طولانی، درصد چاه‌های کشاورزی غیرمجاز و غیره می‌باشد. اگر چه کاهش شدید منابع آبی در سال‌های اخیر در ارتباط با وقوع خشکسالی‌های مستمر بوده، اما در این بین مدیریت صحیح منابع آبی بسیار اهمیت دارد. ایجاد درک صحیح در کشاورزان از وضعیت فعلی منابع آب و دوری جستن از رفتارهای طمع ورزانه و منفعت‌گرایانه بسیار مهم می‌باشد. ارائه آموزش‌های مناسب با بهره‌گیری از همه رسانه‌ها در زمینه بحران آب، اثرات آن و نحوه صحیح مدیریت و مصرف آب در بخش کشاورزی به همراه توسعه تکنولوژی‌های جدید و حمایت‌های مالی مناسب می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد. مولفه مصرف در شهرستان همدان در وضعیت بهتری نسبت به شهرستان‌های دیگر قرار دارد و کشاورزان این منطقه از ظرفیت‌ها و توانمندی‌های بیشتری برای مصرف بهینه آب برخوردارند وضعیت موجود نشان می‌دهد حیات فعالیت کشاورزی در شهرستان‌ها با فقر آبی بالا نیازمند همکاری کشاورزان و سازمان‌های مربوطه (جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای، بانک‌ها و موسسات مالی) و سیاست‌های خرد و کلان در راستای بهبود وضعیت آب کشاورزی می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت شاخص فقر آب کشاورزی می‌تواند به عنوان ابزاری کاربردی جهت تعیین اولویت‌ها در برنامه‌ریزی کاهش عوامل موثر بر فقر آب کشاورزی و پایش تغییرات وضعیت منابع آب مورد استفاده قرار بگیرد.

سپاس‌گزاری

نهایت سپاس و قدردانی خود را از مسئولین و کارشناسان محترم اداره جهاد کشاورزی استان همدان، تعاونی روستایی، اداره آب منطقه‌ای استان و بانک کشاورزی که در این مطالعه ما را یاری کردند ابراز می‌دارد.

1-Water Poverty Index

2-Agricultural Water Poverty Index

3-Analytical Hierarchy Process

منابع

- فقر آبی: دستاوردهایی برای مدیریت هماهنگی ترویج استان کرمانشاه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده کشاورزی، ایران.
- شهرکی، ع. و بذرافشان، ا. ۱۳۹۸. مدیریت یکپارچه منابع آب با تأکید بر جنبه‌های اقتصادی- زیست محیطی در سد کهیر. مجله اکوهیدرولوژی، ۶(۲): ۲۶۷-۲۷۹.
- شریف‌زادگان، م.، طوسی، ن. و جمالی، ف. ۱۳۹۶. شناسایی موانع توسعه منطقه‌ای با بکارگیری شاخص فقر آبی. نمونه موردی: استان قزوین. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۶۵(۱): ۱۵۱-۱۷۰.
- قدسی‌پور، ح. ۱۳۹۸. مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. چاپ اول. تهران. ایران.
- طهران، ف. و خیری، ش. ۱۳۸۸. مدیریت بحران خشکسالی و راهکارهای مقابله با خشکسالی. همایش ملی مدیریت بحران آب. دوره ۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت. مرودشت. ایران.
- قربانی سپهر، آ. ۱۳۹۸. تحلیل بحران آب در ایران و راه‌های مقابله با آن. چهارمین کنگره انجمن جغرافیایی ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب. تهران. ایران.
- محمدجانی، ا. و یزدانیان، ن. ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. نشریه روند پژوهش‌های اقتصادی، ۲۱: ۱۱۷-۱۴۴.
- همتی، ب.، فروزانی، م.، یزدان‌پناه، م. و خسروی‌پور، ب. ۱۳۹۸. مقایسه کاربرد فرآیند تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی: مورد مطالعه شهرستان دزفول. نشریه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۱۱(۲): ۲۰۳-۲۲۱.
- El-Din El-Gafy k. 2018. The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. Ain Shams Engineering Journal, 9(2): 173-186.
- Forouzani M. and Karami E. 2011. Agricultural water poverty index and sustainability. Agronomy for Sustainable Development, 31: 415-432.
- Forouzani M., Karami E., Zibaei M. and Zamani GH. 2012. Agricultural water poverty index for a sustainable world. Sustainable Agriculture Reviews, 10: 127-155.
- Komnenica V., Ahlersb P. and vander Z. 2009. Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water
- آشتاب، ع. و شریف‌زاده، م. ۱۳۹۵. آسیب‌پذیری معیشت کشاورزان بر اثر پدیده خشکسالی: مورد مطالعه شهرستان هیرمند. فصلنامه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۱۳(۱): ۷۵-۸۸.
- آسیایی هیر، ر.، مصطفی‌زاده، ر.، رئوف، م. و امامعلی عوری، ا. ۱۳۹۵. شاخص فقر آب و اهمیت آن در مدیریت منابع آب. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری، ۳(۱۱): ۱۷-۲۲.
- ابراهیمی، ح. و کرمی، ع. ۱۳۷۴. واکاوی گزینش روش‌های آبیاری، کاربرد AHP. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ایران.
- بزی، خ.، خسروی، س.، جوادی، م. و حسین‌نژاد، م. ۱۳۸۹. بحران آب در خاورمیانه (چالش‌ها و راهکارها). چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام. زاهدان. ایران.
- ثابتی، م.، جمالی، س. و غیاثوند، غ. ۱۳۹۴. به‌کارگیری شاخص فقر آبی در قیاس محلی مطالعه موردی حوضه آبریز کارون بزرگ. دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران. دانشگاه تبریز. تبریز. ایران.
- حسین‌زاد، ج.، کاظمیه، ف.، دشتی، ق. و غفوری، ه. ۱۳۹۳. تحلیل شاخص‌های مؤثر در توسعه کشاورزی و مدیریت منابع آب سکونتگاه‌های روستایی، مورد: دشت تبریز. اقتصاد فضا و توسعه روستایی، ۳(۲): ۱-۱۸.
- زلیخایی، ل.، نادری مهدی، ک. و موحدی، ر. ۱۳۹۸. راهکارهای مدیریت پایدار آب کشاورزی (مورد مطالعه استان همدان). پژوهش‌های کشاورزی، ۱۰(۱): ۶۴-۷۷.
- سالنامه آماری، ۱۴۰۰، آمار پایه‌ای سال ۱۴۰۰. سایت سازمان جهاد کشاورزی استان همدان. اطلاع‌رسانی به آدرس: <https://hm.agri-jahad.ir>
- سواری، م.، شعبانعلی فمی، ح.، ایروانی، ه. و اسدی، ع. ۱۳۹۷. تدوین راهبردهای پایدار سازی معیشت کشاورزان کوچک مقیاس و آموزش مسیر راهبردهای معمول از گذرگاه پایداری و آسیب‌پذیری در شرایط خشکسالی. آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۶(۳): ۱۳۷-۱۵۶.
- سعدوندی، م.، زرافشانی، ک.، علی‌بیگی، ا. و فرهادی، ب. ۱۳۹۳. سطح‌بندی دشت ماهیدشت بر مبنای شاخص

- poor with high levels of access, *Physics and Chemistry of the Earth*, 34: 219–224.
- Matshe I., Moya-Maposa S. and Zikhali P. 2013. Water poverty and rural development: Evidence from South Africa. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 8(2): 136-156.
- Mokhtari Hashi H. and Moradi A. 2021. Environmental Consequences of the Water Crisis in Iran. *Political Spatial Planning*, 3(2): 117-131.
- Maheswari U., Bukke S. and Sudha C. 2017. Water Poverty Index as a water management tool –A micro level study in Tamil Nadu, India. 6th International Conference on Water & Flood Management. Nadu, India.
- Mlote S., Sullivan C. and Meigh J. 2002. Water Poverty Index: a Tool for Integrated Water Management. 3rd WaterNet/Warfsa Symposium 'Water Demand Management for Sustainable Development', Dar es Salaam, 30-31.October 2002.
- Moridi A. 2017. State of water resources in iran. *International Journal of Hydrology*. Medcrave. Issue 4. volume1. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/323774773>
- Saaty T. 1980. The Analytical Hierarchy Process. New York, McGraw Hill. *Mathematical Modelling*, 9(3–5): 161-176.
- Sullivan C., Meigh J. and Mlote S. 2002. Developing a Water Poverty Index for Tanzania. Conference paper for the Water Experts Conference. Arusha. January. Elsevier Science Ltd.
- Zarafshani k. and Saadvandi M. 2017. Determining Agricultural Water Poverty Index in Kermanshah Province: The Case of Mahidasht Basin, Iran. *Agricultural Water Poverty Index in Kermanshah*, 19: 541-552.

Validation of Integral and Turbulence Models for Saline Wastewater Discharged into the Sea Environment

V. Babaeinezhad¹, B. Khorsandi^{2*}

1,2- MSc of Civil Engineering and Associate Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: b.khorsandi@aut.ac.ir)

Received: 19-10-2022

Revised: 19-01-2023

Accepted: 21-01-2023

Available Online: 20-06-2023

اعتبارسنجی مدل‌های انتگرالی و آشفتگی برای پساب شور تخلیه شده در محیط آبی

وحید بابایی‌نژاد^۱، بابک خورسندی^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب کارشناسی ارشد عمران- آب و دانشیار، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: b.khorsandi@aut.ac.ir)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۱

Abstract

With the reduction of natural sources of fresh water, the activity of desalination factories is increasing. The effluent of these factories is returned to the sea environment. The effluent contains a lot of chemicals and salt, which in case of improper discharge will disturb the balance of the sea environment. Using numerical models to check different discharge methods is one of the cheapest methods. In this research, the results of CORJET, VISJET and RNG (k-ε) models are validated for the discharge of concentrated wastewater. For this purpose, the simulation results of these models in static and dynamic environments are compared with the results of various laboratory studies. According to the results, the RNG model estimates the axial velocity of the jet well and with a small error compared to the integral and laboratory models. All three models estimate most of the parameters related to the discharge of concentrated wastewater in comparison with the laboratory studies. CORJET and VISJET models estimate the amount of effluent dilution with a high error, but the RNG model estimates the amount of effluent dilution with an acceptable error due to the consideration of flow turbulence. The most important advantage of CORJET and VISJET integral models is easy modeling and very low calculation time compared to RNG turbulence model. According to the presented results, it can be concluded that the RNG model is suitable for carrying out studies related to the discharge of concentrated wastewater from desalination plants due to considering the flow turbulence and providing accurate results.

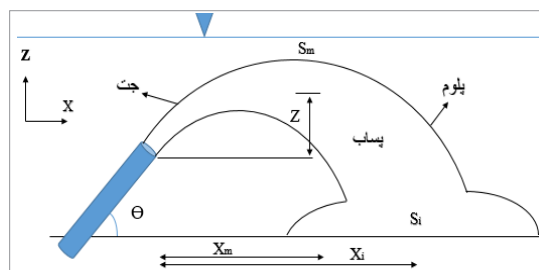
Keywords: Desalination, Jet, Effluent, Plume, Dilution.

چکیده

با کاهش منابع طبیعی آب شیرین، فعالیت کارخانه‌های آب شیرین‌کن در حال افزایش است. پساب این کارخانه‌ها بلافاصله به محیط دریا بازگردانده می‌شود. پساب تولیدی مواد شیمیایی و نمک بسیار زیادی دارد که در صورت تخلیه نامناسب باعث برهم زدن تعادل محیط زیست دریا می‌شود. استفاده از مدل‌های عددی برای بررسی روش‌های مختلف تخلیه، یکی از ارزان‌ترین روش‌ها است. در این تحقیق برای اولین بار به اعتبارسنجی نتایج مدل‌های CORJET، VISJET و RNG (k-ε) برای تخلیه پساب چگال پرداخته می‌شود. برای این منظور نتایج شبیه‌سازی این مدل‌ها در محیط ساکن و پویا، با نتایج مطالعه‌های آزمایشگاهی مختلف مقایسه می‌شود. باتوجه به نتایج، مدل RNG سرعت محوری جت را به خوبی و با خطای ناچیزی در مقایسه با مدل‌های انتگرالی و آزمایشگاهی برآورد می‌کند. هر سه مدل اکثر پارامترهای مربوط به تخلیه پساب چگال را در مقایسه با مطالعه‌های آزمایشگاهی کمتر تخمین می‌زنند. مدل‌های CORJET و VISJET میزان رقیق‌سازی پساب را با خطای بالایی برآورد می‌کنند اما مدل RNG به دلیل در نظر گرفتن آشفتگی جریان، میزان رقیق‌سازی پساب را با خطای قابل قبولی تخمین می‌زند. مهم‌ترین مزیت مدل‌های انتگرالی CORJET و VISJET مدل‌سازی آسان و زمان محاسبه بسیار کم در مقایسه با مدل آشفتگی RNG است. باتوجه به نتایج ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت مدل RNG به دلیل در نظر گرفتن آشفتگی جریان و ارائه نتایج دقیق، برای انجام مطالعه‌های مربوط به تخلیه پساب چگال حاصل از کارخانه‌های آب شیرین‌کن مناسب است.

واژه‌های کلیدی: آب شیرین‌کن، جت، پساب، پلوم، رقیق‌سازی.

میزان رقیق سازی پساب در میدان دور به عوامل طبیعی مانند جهت و سرعت جریان محیط پذیرنده، شیب محل تخلیه و ... بستگی دارد (Shrivastava و Adams، ۲۰۱۹). به همین دلیل اکثر مطالعات انجام شده در زمینه تخلیه پساب چگال به میدان نزدیک محدود می شود. در میدان نزدیک، پساب در دو مرحله با سیال محیط پذیرنده ترکیب می شود. در مرحله اول پساب با سرعت بالا و به صورت جت از نازل خارج می شود. هم آوری سیال محیط به درون جت (به دلیل تنش برشی به وجود آمده بین جت و سیال محیط) باعث کاهش غلظت و شار ممنتوم جت خروجی می شود (Fernández و همکاران، ۲۰۱۸). مرحله دوم هنگامی آغاز می شود که شار مومنوم جت (سرعت جت) تقریباً صفر می شود. در این حالت پساب از جت به پلوم تبدیل می شود (اگر $F < 1$ باشد رفتار سیال به صورت جت و اگر $F > 1$ باشد رفتار سیال به صورت پلوم است). باتوجه به اینکه چگالی پساب نسبت به چگالی سیال محیط پذیرنده بیشتر است، پلوم به خاطر شار شناوری به سمت بستر محیط آبی سقوط می کند (Saeidi و همکاران، ۲۰۲۲)، که در این حالت تماس پلوم با سیال محیط پذیرنده باعث کاهش غلظت پساب می شود.



شکل ۱- مشخصات پساب تخلیه شده به صورت مستغرق مایل

میزان رقیق شدگی پساب (S) (در اثر اختلاط با محیط آبی) در هر نقطه از پایین دست محل تخلیه به صورت رابطه (۱) تعریف می شود.

$$S = \frac{C_0 - C_a}{C - C_a} \quad (1)$$

که در آن C میزان غلظت در نقطه مورد نظر است.

عدد فرود جت نیز به صورت رابطه (۲) تعریف می شود.

$$F = \frac{U_j}{\sqrt{D \cdot g_0}} \quad (2)$$

U_j سرعت جت خروجی، D قطر نازل دایره ای و g'₀ شتاب گرانش اصلاح شده می باشد. شتاب گرانش اصلاح شده به صورت رابطه (۳) تعریف می شود.

$$g'_0 = g \frac{(\rho_0 - \rho_a)}{\rho_a} \quad (3)$$

که در آن ρ_a چگالی سیال محیط، ρ₀ چگالی پساب و g شتاب گرانش می باشد.

باتوجه به اینکه تخلیه پساب ناشی از کارخانه های آب شیرین کن و دیگر صنایع به آب دریاها و اقیانوسها باعث آسیب رساندن به محیط زیست و آبریان می شود، گروهی از محققان به منظور یافتن روش های مناسب تخلیه و کاهش آسیب های تخلیه پساب،

شیرین سازی آب دریاها و اقیانوسها یک منبع آب مستقل از بارندگی برای تأمین طولانی مدت آب شیرین است. امروزه احداث کارخانه های آب شیرین کن به منظور شیرین کردن آب دریاها و اقیانوسها، در کشورهای ساحلی که منابع طبیعی آب شیرین کافی نیست یا بیش از حد مورد بهره برداری قرار می گیرند اهمیت پیدا کرده است. شیرین کردن آب دریا علاوه بر تولید آب شیرین پسابی با غلظت بالای نمک (C₀: غلظت اولیه پساب) (نسبت به غلظت سیال محیط پذیرنده (C_a)) نیز تولید می کند. برای کارخانه های آب شیرین کن واقع در نزدیک سواحل، بهترین روش دفع پساب، تخلیه آن به محیط دریا و اقیانوس است (Kikkert و همکاران، ۲۰۰۷؛ Ramakanth و همکاران، ۲۰۲۲). پساب تخلیه شده به دریا به دلیل وجود مقدار زیاد نمک اثرات منفی بسیاری بر آبریان دریا دارد (Wang و Mohammadian، ۲۰۲۲). روش های مختلفی برای تخلیه پساب وجود دارد که بهترین روش از نظر کاهش اثرات محیط زیستی، استفاده از تخلیه کننده های مستغرق مایل (شکل ۱) است (Shao و Law، ۲۰۱۰). در شکل (۱) بیشترین ارتفاع صعود جت از نازل، X_m فاصله افقی محل بیشترین ارتفاع صعود جت از تخلیه کننده، S_m رقیق سازی پساب در محل بیشترین ارتفاع صعود جت، X_i فاصله افقی نقطه برخورد پساب به زمین از نازل، S_i میزان رقیق سازی پساب در محل برخورد پساب به زمین و θ زاویه دهانه نازل نسبت به افقی می باشد. برای تخلیه پساب به صورت مستغرق از دیفیوزر استفاده می کنند تا سرعت تخلیه پساب افزایش یابد. رقیق سازی پساب به دلیل اختلاف سرعت بین جت خروجی و سیال محیط پذیرنده، و در نتیجه هم آوری سیال محیط به درون جت اتفاق می افتد. هرچه طول مسیر حرکت پساب در محیط پذیرنده افزایش یابد اختلاط پساب با سیال محیط پذیرنده نیز افزایش می یابد. به همین دلیل برای افزایش طول مسیر حرکت پساب در محیط آبی، تخلیه کننده به صورت مایل نصب می شود. باتوجه به نتایج محققین مختلف، زاویه تخلیه ۴۵ تا ۶۰ درجه (۶۰ < θ < ۴۵) بهینه ترین زاویه برای تخلیه پساب چگال است (Papakonstantis و همکاران، ۲۰۱۱). رقیق سازی پساب در دو میدان نزدیک و دور صورت می گیرد. میدان نزدیک ناحیه اطراف نازل از لحظه خروج پساب از تخلیه کننده تا لحظه برخورد پساب به زمین (X_i) را شامل می شود. اما میدان دور بسیار بزرگتر از میدان نزدیک است و از لحظه برخورد پساب به زمین تا اختلاط کامل پساب با سیال محیط پذیرنده را در بر می گیرد (Shao و Law، ۲۰۱۰). رقیق سازی پساب در میدان نزدیک بسیار بیشتر از میدار دور است (Fernández و همکاران، ۲۰۱۸). رقیق سازی پساب در میدان نزدیک به عواملی همچون زاویه تخلیه کننده نسبت به افق، عدد فرود جت خروجی (F)، سرعت جریان محیط (Ua) و اختلاف غلظت بین سیال محیط پذیرنده و پساب خروجی بستگی دارد. اما

آغاز به انجام تحقیقاتی در این زمینه کردند و نتایج مختلفی را ارائه دادند. Fernández و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی استفاده از دیفیوزر در میزان رقیق سازی پساب شور تخلیه شده در محیط آبی ساکن که در آن سرعت جریان محیط صفر است ($U_a=0$) پرداختند. ایشان با استفاده از مدل CORMIX (Doneker و Jirka, ۲۰۰۱) نشان دادند استفاده از دیفیوزر برای تخلیه پساب شور، اثرات محیط زیستی این نوع پساب را به شدت کاهش می دهد. Malcangio و Petrillo (۲۰۱۰) با استفاده از مدل CORMIX به بررسی تخلیه پساب چگال حاصل از کارخانه های آب شیرین کن پرداختند. طبق نتایج ایشان استفاده از تخلیه کننده های چند پورتهی میزان رقیق سازی را در مقایسه با تخلیه کننده های دیگر افزایش می دهد. Jiang و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل آزمایشگاهی و عددی رفتار پساب چگال تخلیه شده از نازل با هندسه های مختلف را بررسی کردند. طبق نتایج ایشان هندسه نازل تأثیر زیادی در رفتار پساب چگال تخلیه شده در محیط آبی دارد. بابایی نژاد و خورسندی (۱۴۰۰) به اعتبارسنجی مدل های CORMIX و CORJET (Doneker و Jirka, ۲۰۰۱) برای تخلیه پساب چگال با استفاده از نازل های چندپورتهی پرداختند. طبق نتایج ایشان مدل CORJET در مقایسه با مدل CORMIX عملکرد مناسبی در شبیه سازی رفتار پساب چگال تخلیه شده از نازل های چندپورتهی مایل داشت. Ramezani و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از نرم افزار اپن فوم، تأثیر فاصله دهانه نازل (با زاویه تخلیه ۳۰ و ۴۵ درجه) از بستر دریا را بررسی کردند. طبق نتایج ایشان نزدیکی دهانه نازل

به بستر دریا تأثیر محسوسی بر رفتار پساب تخلیه شده از نازل با زاویه ۴۵ درجه ندارد. اما برای پساب تخلیه شده از نازل با زاویه ۳۰ درجه، هنگامی که مقدار پارامتر y_0/L_M از ارتفاع نازل از سطح زمین، L_M مقیاس طولی جت به پلوم) به کمتر از ۰/۱۴ می رسد، مقدار رقیق سازی کاهش می یابد.

باتوجه به محدودیت و هزینه بالای مطالعه های آزمایشگاهی، استفاده از مدل های عددی به منظور کاهش هزینه ها امری ضروری است. اولین قدم برای استفاده از مدل های عددی اطمینان از نتایج مربوط به آن مدل است. مدل های انتگرالی CORJET و VISJET (Cheung و همکاران, ۲۰۰۰) باتوجه به کاربر دوست بودن و همچنین زمان بسیار پایین شبیه سازی، یکی از پرکاربردترین مدل ها برای شبیه سازی رفتار پساب چگال تخلیه شده در محیط آبی است. مدل آشفتگی $RNG(k-\epsilon)$ نیز توانایی بالایی در شبیه سازی تخلیه پساب به صورت جت مستغرق مایل دارد (Yan و Mohammadian, ۲۰۱۹). به همین دلیل در این پژوهش برای اولین بار به اعتبارسنجی مدل آشفتگی $RNG(k-\epsilon)$ (با استفاده از نرم افزار ANSYS-FLUENT) و مدل های انتگرالی CORJET و VISJET برای بررسی رفتار پساب شور تخلیه شده از نازل تک پورتهی دایره (با زاویه تخلیه ۶۰ درجه) در محیط ساکن و پویا (که در آن جریان سیال به صورت هم راستا با جهت جریان تخلیه جت (co-flow) است) پرداخته می شود. برای این منظور نتایج مدل های CORJET, VISJET و $RNG(k-\epsilon)$ با نتایج مطالعه های آزمایشگاهی مختلف (جدول ۱) مقایسه می شود.

جدول ۱- مطالعه های تجربی انجام شده

F/S	S_m/F	Z/F.D	FD/X	$X_m/F.D$	F	مطالعه تجربی
۱/۸۱	-	۱/۶	۲/۷۲	۱/۶	۱۴-۹۹	(Kikert و همکاران, ۲۰۰۷)
۱/۶۵	۰/۶۲	۱/۶۷	۲/۷۵	۱/۷		(Abessi و Roberts, ۲۰۱۶)
-	-	۱/۷۷	۲/۲۵	۱/۴۲	۱۶-۲۱۶	(Cipollina و همکاران, ۲۰۰۵)
۱/۶	-	-	۲/۴	-	۱۹-۳۶	(Roberts و Toms, ۱۹۸۷)
۱/۶۸	-	۱/۶۸	۲/۷۵	۱/۸۴	۷-۵۸	(Papakonstantis و همکاران, ۲۰۱۱)

مواد و روش ها

CORJET یک مدل انتگرالی برای پیش بینی رفتار انواع پساب (با شناوری مثبت، خنثی و منفی) تخلیه شده در محیط آبی است. معادله های حاکم بر این مدل، معادله اندازه حرکت، پیوستگی و انتقال-انتشار است. این مدل براساس انتگرال اویلری به تجزیه و تحلیل معادله های مربوط به تخلیه پساب می پردازد. مدل VISJET نیز یک مدل انتگرالی دقیق برای پیش بینی رفتار پساب تخلیه شده به صورت جت در محیط آبی است. VISJET با استفاده از مدل انتگرال لاگرانژی معادلات حاکم را بررسی و تحلیل می کند. FLUENT یک نرم افزار شبیه ساز سه بعدی با توانایی بال در زمینه

دینامیک سیالات محاسباتی است. FLUENT با استفاده از روش حجم محدود مسائل مختلف را حل می کند. شبیه سازی رفتار پساب در میدان دور، در نظر گرفتن آشفتگی جریان و استفاده از مدل های آشفتگی مختلف برای شبیه سازی رفتار پساب، از مزیت های این نرم افزار در مقایسه با مدل های انتگرالی است. در مدل RNG مقدار K (انرژی جنبشی آشفتگی) و ϵ (نرخ استهلاک) به ترتیب از روابط (۴) و (۵) به دست می آید (Wenxin و Meng, ۲۰۱۶).

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_m k) + \nabla \cdot (\rho_m \vec{u}_m k) = \nabla \cdot \left(\frac{\mu_{t,m}}{\sigma_k} \nabla k \right) + G_{k,m} - \rho_m \epsilon \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_m \epsilon) + \nabla \cdot (\rho_m \vec{u}_m \epsilon) = \nabla \cdot \left(\frac{\mu_{t,m}}{\sigma_\epsilon} \nabla \epsilon \right) + \frac{\epsilon}{k} (C_{1\epsilon}^* G_{k,m} - C_{2\epsilon} \rho_m \epsilon) \quad (5)$$

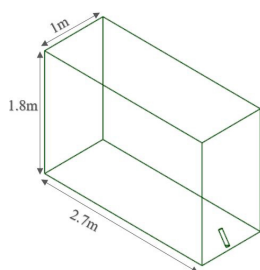
N_3, N_2, N_1 بیان می‌شوند. $S_i/F = N_4, S_m/F = N_3, X_i/FD = N_2$ و N_4 ضرایب ثابتی هستند که از مطالعه‌های تجربی و عددی محاسبه می‌شوند، هر کدام از این ضریب‌ها براساس نتایج مطالعه انجام شده در بازه خاصی از عدد فرود جت خروجی، معتبر است.

• مدل‌سازی

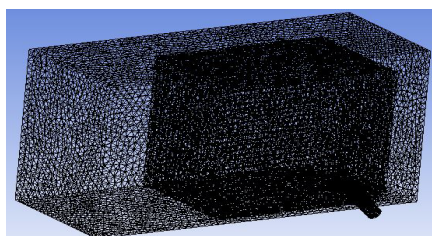
در این تحقیق با استفاده از مدل‌های VISJET، CORJET و RNG (k-ε) به شبیه‌سازی رفتار پساب چگال تخلیه شده در محیط ساکن و پویا پرداخته می‌شود. پساب به صورت جت مستغرق مایل ($\theta = 60^\circ$) با عدد فرود $12/6$ ($U_j = 0/41$)، $16/8$ ($U_j = 0/55$) و $20/9$ ($U_j = 0/68$)، با استفاده از نازل دایره‌ای به قطر 5 mm تخلیه می‌شود (U_j : سرعت خروجی پساب از نازل). چگالی پساب تولیدی برابر 1026 kg/m^3 است که در یک محیط آبی با چگالی 998 kg/m^3 تخلیه می‌شود. اختلاف دمای بین پساب و سیال محیط پذیرنده صفر است. در محیط پویا پساب با عدد فرود $20/9$ با سرعت‌های محیطی مختلف ($0/06 \text{ m/s} < U_a < 0/2 \text{ m/s}$) معادل $1/85 < U_r F < 0/61$ ، که در آن $U_r = U_a/U_j$ (سرعت نسبی) تخلیه می‌شود (جدول ۲). زاویه بین جهت جریان محیط و جهت تخلیه پساب (φ) عامل مهمی در تغییر رفتار پساب چگال تخلیه شده در محیط آبی است. به همین دلیل در محیط پویا تخلیه پساب در دو حالت هم‌راستا ($\varphi = 0$) و مخالف با جهت جریان محیط ($\varphi = 180$) صورت می‌گیرد.

جدول ۲- اطلاعات ورودی به مدل

D (mm)	U_a (m/s)	F	θ °	U_j (m/s)	φ °	ΔT (°C)	ρ_0 (kg/m ³)	ρ_a (kg/m ³)
	۰	۱۲/۶		۰/۴۱	۰			
۵	$0/02 < U_a < 0/06$	۱۶/۸	۶۰	۰/۵۵	۱۸۰	۰	۱۰۲۶	۹۹۸
		۲۰/۹		۰/۶۸				



(الف)



(ب)

شکل ۲- مدل شبیه‌سازی شده در نرم افزار آنسیس فلوئنت. الف) مدل هندسی (ب) مش‌بندی.

در روابط بالا $\mu_{i,m}$ لزجت آشفتگی و $G_{k,m}$ انرژی سینماتیک آشفتگی است. همچنین مقدار $C_{1\epsilon}^*$ برابر است با (رابطه ۶):

$$C_{1\epsilon}^* = C_{1\epsilon} - \frac{\eta \left(1 - \frac{\eta}{\eta_0}\right)}{1 + \beta \eta^3} \quad (6)$$

• آنالیز ابعادی جریان جت با شناوری منفی

آنالیز ابعادی یک روش مناسب برای کاهش تعداد متغیرهای موثر بر پدیده‌های فیزیکی است. مطالعه‌های آزمایشگاهی مختلفی برای بررسی رابطه‌های آنالیز ابعادی مربوط به پساب چگال تخلیه شده در محیط آبی انجام شده است. Toms و Roberts (۱۹۸۷) با در نظر گرفتن یک جریان آشفته در یک محیط آبی ساکن نشان دادند در آنالیز ابعادی، همه پارامترهای تابعی از دبی جرمی (Q)، شارمومنتوم (M) و شار شناوری (B) است که توسط یک ضریب تناسب به صورت مقیاس طولی (رابطه ۷) تعریف می‌شود:

$$Z, X, S : \int_1 (Q, M, B) = \int_2 (L_Q, L_M) \quad (7)$$

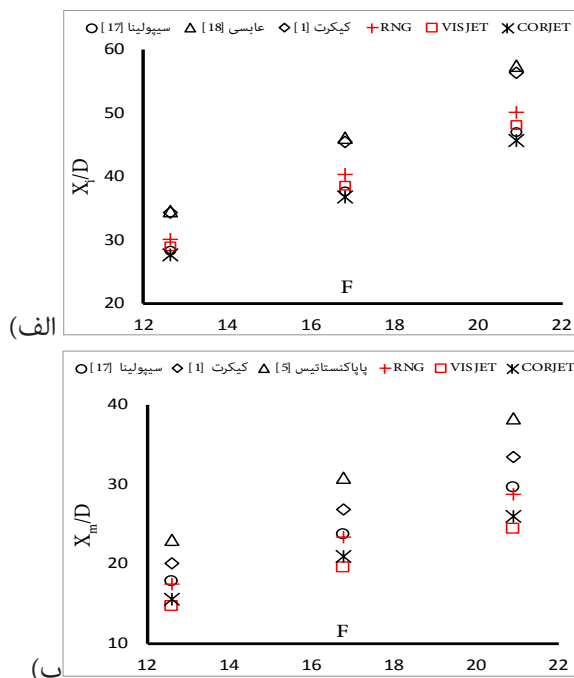
مقدار مقیاس طولی تخلیه (L_Q) و مقیاس طولی مومنتوم (L_M) به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود.

$$L_Q = Q / M^{0.5}, L_M = (M^{0.75}) / (B^{0.5}) \quad (8)$$

با استفاده از تقریب بوسینسک و با توجه به اینکه $L_Q < L_M$ می‌توان گفت $L_M = 0.95 D.F$. بنابراین برای یک زاویه ثابت، پارامترهای مختلف تخلیه پساب چگال تابعی از عدد فرود و قطر تخلیه‌کننده است که در حالت بی‌بعد، این پارامترها به صورت $Z/FD = N_1$

در FLUENT برای شبیه‌سازی ابتدا هندسه مدل در نرم‌افزار SPACE-CLAIM طراحی (شکل ۲-الف) و سپس با استفاده از ANSYS- MESHING مش‌زنی صورت گرفت (شکل ۲-ب). در نزدیکی محل تخلیه به دلیل سرعت بالای جت و تنش برشی ایجاد شده، از مش‌های با اندازه بسیار کم استفاده شد. برای اطراف محل تخلیه، به دلیل عدم تأثیرگذاری این مناطق بر روی جریان جت از مش‌های با اندازه بزرگتر استفاده شد. بعد از مش‌زنی مدل جهت مقداردهی وارد نرم‌افزار FLUENT شد. برای دهانه نازل از شرط مرزی Velocity Inlet، برای بستر محل تخلیه از شرط مرزی No Slip و برای دیواره‌های اطراف محل تخلیه از شرط مرزی Symmetry استفاده شده است. برای شبیه‌سازی از مدل آشفتگی RNG استفاده شد.

در این قسمت نتایج مدل‌های CORJET، VISJET و RNG توسط X_i/ED با ۷ ($X_i/ED = 2/4$)، ۱۱ ($X_i/ED = 2/3$) و ۱۵ ($X_i/ED = 2/19$) مقایسه می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مدل RNG مقدار فاصله افقی نقطه برخورد پساب به زمین را با خطای قابل قبولی در مقایسه با مدل‌های انتگرالی VISJET و CORJET پیش‌بینی می‌کند.



شکل ۳- نتایج مدل‌های CORJET و RNG برای فاصله افقی محل پساب از نازل در مقایسه با مطالعه‌های تجربی. (الف) محل ارتفاع صعود حداکثر جت از نازل. (ب) محل نقطه برخورد پساب به زمین از نازل.

۲- ارتفاع صعود بیشینه جت (Z)

شکل (۴) مقایسه نتایج به‌دست آمده با مدل‌های VISJET و CORJET و نتایج مدل‌های آزمایشگاهی را برای ارتفاع صعود بیشینه مرکز جت در اعداد فرود مختلف نشان می‌دهد. پساب به‌صورت مستغرق مایل از نازل دایره‌ای با زاویه ۶۰ درجه نسبت به افق تخلیه می‌شود. با افزایش عدد فرود (سرعت جت خروجی)، مقدار Z/D به‌صورت تقریباً خطی افزایش می‌یابد. باتوجه به شکل (۴)، همه مدل‌ها مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت را کمتر برآورد می‌کنند که نتایج مدل RNG در مقایسه با مدل‌های انتگرالی دقیق‌تر بود. میانگین مقدار بی‌بعد ارتفاع صعود حداکثر جت (Z/ED) برای مطالعه‌های آزمایشگاهی (Kikkert و همکاران، ۲۰۰۷؛ Papakonstantis و همکاران، ۲۰۱۱؛ Abessi و Roberts، ۲۰۱۶) ۱/۶۵ است. مدل RNG مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت ($Z/ED = 1/42$) را با ۱۴ درصد خطا نسبت به میانگین نتایج مطالعه‌های تجربی، به خوبی

در این قسمت نتایج مدل‌های CORJET، VISJET و مدل آشفتگی RNG برای تخلیه پساب چگال، با نتایج مطالعه‌های آزمایشگاهی مختلف مقایسه می‌شود. پساب در محیط ساکن و پویا (جریان هم‌راستا و غیرهم‌راستا) به‌صورت مستغرق مایل (60°) $(\theta = 0)$ با اعداد فرود ۱۲/۶، ۱۶/۸ و ۲۰/۹ تخلیه می‌شود. میزان خطا بین دو عدد با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می‌شود.

$$E = \left[\frac{(J_E - J_N)}{J_E} \right] * 100 \quad (9)$$

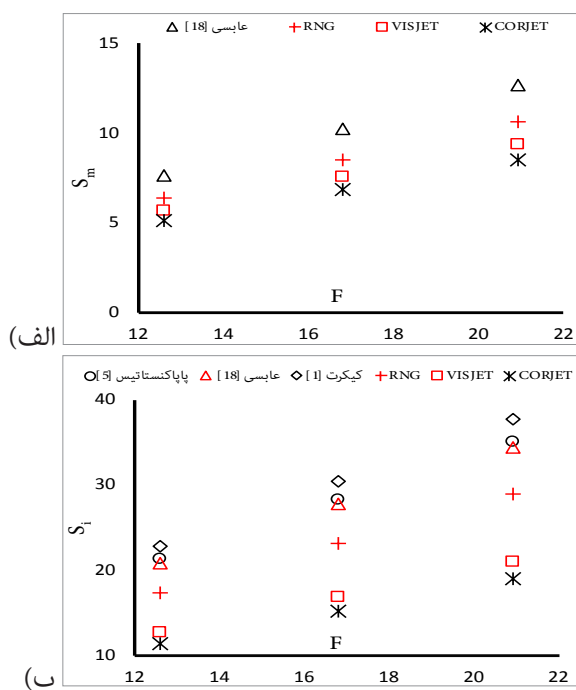
در رابطه بالا J_E داده آزمایشگاهی (عدد بزرگتر) و J_N داده عددی (عدد کوچکتر) است.

• محیط ساکن

۱- فاصله افقی محل پساب از نازل

شکل (۳) نتایج مربوط به پارامتر بی‌بعد فاصله افقی محل ارتفاع صعود حداکثر جت از نازل (X_m/D) (شکل ۳-الف) و فاصله افقی نقطه برخورد پساب به زمین از نازل (X_i/D) (شکل ۳-ب) را برای اعداد فرود مختلف نشان می‌دهد. مقدار X_i/D و X_m/D با افزایش عدد فرود، برای هر سه مدل به‌صورت تقریباً خطی افزایش می‌یابند. با افزایش عدد فرود (به دلیل افزایش سرعت جت خروجی)، ممنوم جت افزایش می‌یابد و به همین دلیل مقدار X_i و X_m نسبت به نازل افزایش می‌یابد (Choi و همکاران، ۲۰۱۶) باتوجه به شکل (۳-الف) هر سه مدل مقدار X_m را کمتر تخمین می‌زنند. نتایج مدل‌ها مطابقت خوبی با نتایج مطالعه تجربی Cipollina و همکاران (۲۰۰۵) دارد که در این بین نتایج مدل RNG کاملاً منطبق بر نتایج Cipollina و همکاران (۲۰۰۵) است. اما نتایج هر سه مدل در مقایسه با نتایج Papakonstantis و همکاران (۲۰۱۱) و Kikkert و همکاران (۲۰۰۷) اختلاف بالایی دارند. میانگین مقدار فاصله افقی محل ارتفاع صعود حداکثر جت مطالعه‌های تجربی در حالت بی‌بعد شده (X_m/ED)، برابر ۱/۵۱ است. مقدار X_m/ED برای مدل‌های RNG، VISJET و CORJET به‌ترتیب برابر ۱/۴، ۱/۱۷ و ۱/۲۵ است. مدل‌های VISJET و CORJET مقدار فاصله افقی محل ارتفاع صعود حداکثر جت از نازل را در مقایسه با نتایج مطالعه‌های آزمایشگاهی به‌ترتیب با ۲۲/۵ و ۱۷/۵ درصد خطا برآورد می‌کنند. مدل آشفتگی RNG در مقایسه با مدل‌های انتگرالی عملکرد بهتری داشت و مقدار X_m را با ۷/۲ درصد خطا در مقایسه با میانگین نتایج مطالعه‌های آزمایشگاهی تخمین زد. باتوجه به شکل (۳-ب)، نتایج مدل‌های VISJET و CORJET نزدیک به نتایج مطالعه تجربی Cipollina و همکاران (۲۰۰۵) است. نتایج مدل‌های VISJET و CORJET همخوانی بسیار خوبی با نتایج Cipollina و همکاران (۲۰۰۵) دارند. میانگین مقدار X_i/ED مطالعه‌های آزمایشگاهی برابر ۲/۵۸ است. مقدار

رقيق‌سازي را با اختلاف بالايي پيش‌بيني مي‌کنند. مدل آشفته‌گي RNG در مقايسه با مدل‌هاي انتگرالي CORJET و VISJET رفتار پساب چگال تخليه شده در محيط آبي را به خوبي پيش‌بيني مي‌کند. همچنين مدل RNG مقدار رقيق‌سازي پساب را در مقايسه با مدل‌هاي انتگرالي با خطاي کم‌تر تخمين مي‌زند. آشفته‌گي جريان يکي از عوامل تأثيرگذار در ميزان رقيق‌سازي و رفتار پساب چگال تخليه شده در محيط آبي است. مدل‌هاي انتگرالي برخلاف مدل RNG آشفته‌گي جريان را در نظر غي‌گيرند. به همين دليل مي‌توان گفت نتايج مدل RNG در مقايسه با نتايج مدل‌هاي انتگرالي CORJET و VISJET قابل اعتمادتر است.

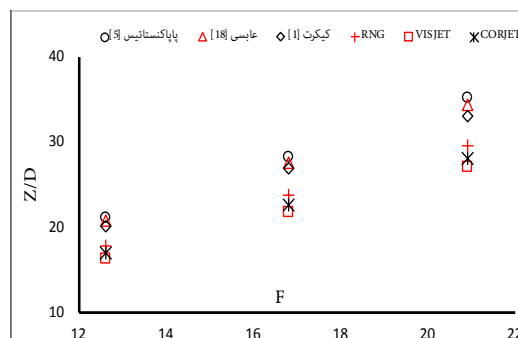


شکل ۵- نتايج مدل‌هاي RNG، VISJET و CORJET برای رقيق‌سازي پساب. در نقطه برخورد به زمين در مقايسه با نتايج مطالعه‌هاي تجربی. (الف) رقيق‌سازي پساب در محل ارتفاع صعود حداکثر جت. (ب) رقيق‌سازي پساب در نقطه برخورد به زمين.

جدول ۳- مقايسه نتايج مدل‌هاي RNG، VISJET و CORJET و نتايج مدل‌هاي تجربی در حالت بی‌بعد

S _i /F	S _m /F	Z/F.D	X _i /F.D	X _m /F.D	پارامتر بی‌بعد شده
۱/۷۲	۰/۶۱	۱/۶۵	۲/۵۸	۱/۵۱	میانگین مطالعه‌هاي تجربی
۱/۳۸	۰/۵۱	۱/۴۲	۲/۴	۱/۴	مدل RNG
۱/۰۲	۰/۴۵	۱/۳	۲/۳	۱/۱۷	مدل VISJET
۰/۹	۰/۴۱	۱/۳۵	۲/۱۹	۱/۲۵	مدل CORJET
۱۹/۷۶	۱۶/۴	۱۴	۷	۷/۲	خطای RNG
۴۱	۲۶/۳	۲۲	۱۱	۲۲/۵	خطای VISJET
۴۷/۶	۳۲/۸	۱۹	۱۵	۱۷	خطای CORJET

تخمين مي‌زند. مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت توسط مدل‌هاي VISJET ($Z/F.D = 1/3$) و CORJET ($Z/F.D = 1/35$) به ترتيب با ۲۲ و ۱۹ درصد خطا برآورد شد.



شکل ۴- نتايج مدل‌هاي RNG، VISJET و CORJET برای ارتفاع صعود بیشینه جت در مقايسه با مطالعه‌هاي تجربی

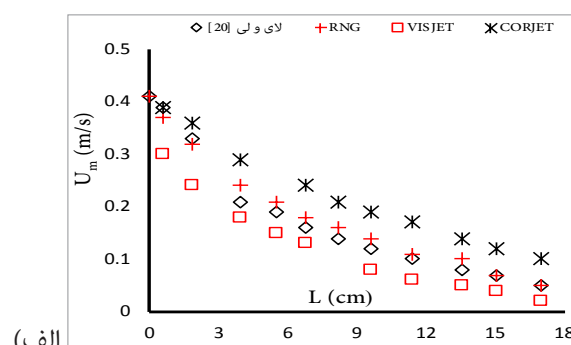
۳- رقيق‌سازي پساب (S_i و S_m)

در اين قسمت نتايج مربوط به رقيق‌سازي پساب در محل ارتفاع صعود حداکثر جت (شکل ۵-الف) و رقيق‌سازي در نقطه برخورد پساب به زمين (شکل ۵-ب) مدل‌هاي RNG، VISJET و CORJET برای اعداد فرود مختلف آورده شده است. باتوجه به شکل (۵)، با افزايش عدد فرود مقدار رقيق‌سازي برای همه مدل‌ها به صورت تقريباً خطی افزايش مي‌يابد. با افزايش عدد فرود، مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت و فاصله افقی نقطه برخورد پساب به زمين افزايش مي‌يابد که اين موضوع باعث افزايش طول مسير حرکت پساب در محيط آبي مي‌شود. رقيق‌سازي پساب به دليل تنش برشی ايجاد شده بين جت و سيال محيط پذيرنده و در نتيجه همماوري سيال محيط به درون جت ايجاد مي‌شود. بنابر اين مي‌توان گفت هرچه طول مسير حرکت پساب (جت و پلوم) افزايش يابد، همماوري سيال محيط به درون جت و در نتيجه ميزان رقيق‌سازي پساب (اختلاط پساب با سيال محيط پذيرنده) افزايش مي‌يابد (Roberts و Toms، ۱۹۸۷). باتوجه به نتايج شبیه‌سازي، هر سه مدل مقدار رقيق‌سازي (S_i و S_m) را کمتر برآورد مي‌کنند. مدل‌هاي RNG، VISJET و CORJET مقدار S_m را به ترتيب با ۲۷، ۱۶/۴ و ۳۲/۴ درصد خطا نسبت به مطالعه Abessi و Roberts (۲۰۱۶) تخمين مي‌زنند. باتوجه به شکل (۵-ب) نتايج مدل RNG همخوانی خوبی با نتايج مطالعه‌هاي تجربی دارد. طبق جدول (۳) مدل‌هاي RNG، VISJET و CORJET مقدار S_i/F را به ترتيب با ۴۱، ۱۹/۷۶ و ۴۷/۶ درصد خطا کمتر پيش‌بيني مي‌کنند.

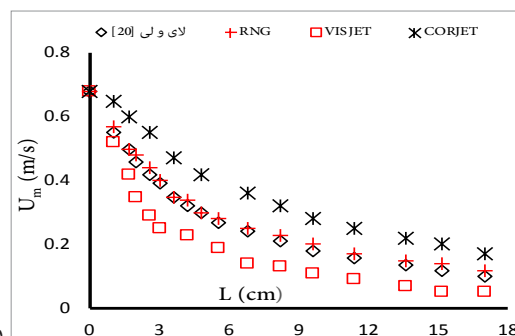
باتوجه به جدول (۳)، مدل‌هاي CORJET و VISJET طول مسير حرکت پساب (ارتفاع صعود حداکثر جت، فاصله افقی محل برخورد پساب به زمين از نازل و فاصله افقی محل ارتفاع صعود حداکثر جت از نازل) را با خطای قابل قبولی تخمين مي‌زنند اما ميزان

۴- سرعت محوری جت

شکل (۶) سرعت محوری جت در نقاط مختلف امتداد طول خط مرکزی جت (L) در محیط ساکن را نشان می‌دهد. نتایج برای اعداد فرود $۱۲/۶$ (شکل ۶-الف) و $۲۰/۹$ (شکل ۶-ب) آورده شده است. باتوجه به شکل (۶)، با افزایش L سرعت محوری جت کاهش می‌یابد. حرکت جت درون محیط آبی باعث ایجاد تنش برشی بین سیال محیط و جت تخلیه شده می‌شود. هم‌اوری سیال محیط به درون جت که به دلیل تنش برشی میان جت و سیال محیط صورت می‌گیرد باعث کاهش سرعت جت می‌شود. باتوجه به نتایج به دست آمده، مدل RNG سرعت محوری جت را به خوبی پیش‌بینی می‌کند. اما مدل‌های $CORJET$ و $VISJET$ سرعت محوری جت را در مقایسه با نتایج مدل تجربی (Lai) و Lee (۲۰۱۲)، به ترتیب بیشتر و کمتر تخمین می‌زنند.



(الف)



(ب)

شکل ۶- نتایج مدل‌های RNG ، $VISJET$ و $CORJET$ برای سرعت محوری جت در مقایسه با نتایج مطالعه تجربی. (الف) $F=۱۲/۶$ (ب) $F=۲۰/۹$

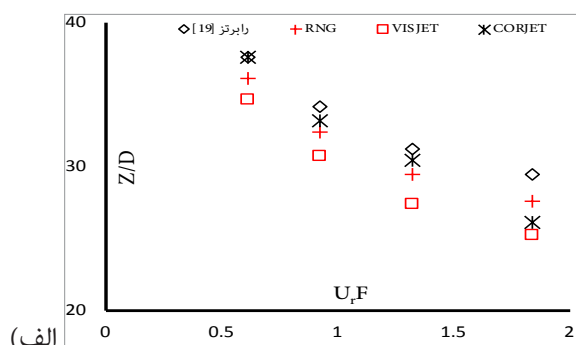
• محیط پویا

در این قسمت به مقایسه نتایج مدل‌های RNG ، $VISJET$ و $CORJET$ با نتایج مدل آزمایشگاهی $Toms$ و $Roberts$ (۱۹۸۷) پرداخته می‌شود. پساب به صورت مستغرق مایل در محیط پویا (جریان هم‌راستا $(\varphi=0)$ و غیرهم‌راستا $(\varphi=۱۸۰)$) تخلیه می‌شود.

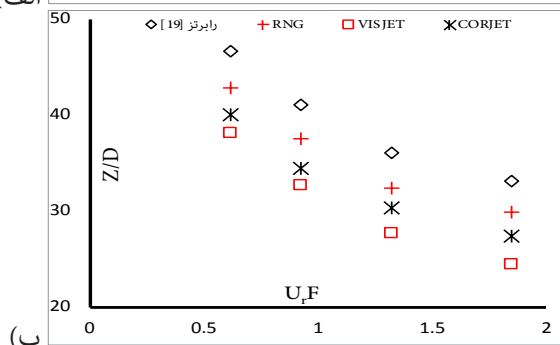
۱- ارتفاع صعود حداکثر جت (Z)

شکل (۷) مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت را برای سرعت‌های محیطی مختلف هم‌راستا با جهت تخلیه پساب $(\varphi=0)$ (شکل ۶-۶)

(الف) و خلاف جهت تخلیه پساب $(\varphi=۱۸۰)$ (شکل ۷-ب) را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل (۷)، با افزایش سرعت جریان محیط مقدار Z کاهش می‌یابد. که این موضوع به دلیل نیروی وارده از طرف جریان محیط به جت است. هنگامیکه سرعت جت بیشتر از سرعت جریان محیط باشد $(U_j > U_\infty)$ جت درون محیط سیال به حرکت خود ادامه می‌دهد. اما هنگامی که سرعت سیال محیط بیشتر از سرعت جت شود جریان محیط مانع از حرکت جت می‌شود جت توسط جریان محیط منحرف می‌شود. به همین دلیل با افزایش سرعت جریان محیط، مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت کاهش می‌یابد. باتوجه به شکل (۷)، مقدار Z در جریان غیرهم‌راستا کمتر از مقدار Z در جریان هم‌راستا است که این موضوع به دلیل بیشتر بودن نیروی وارده به جت در جریان غیرهم‌راستا نسبت به جریان هم‌راستا است. مدل‌های RNG ، $VISJET$ و $CORJET$ مقدار ارتفاع صعود حداکثر در جریان هم‌راستا را به ترتیب با $۱۰/۱۲$ ، $۲۶/۴۵$ و $۱۸/۳$ درصد خطا نسبت به مطالعه $Roberts$ و $Toms$ (۱۹۸۷) کمتر تخمین زدند. مدل‌ها ارتفاع صعود حداکثر جت در جریان غیرهم‌راستا را به خوبی و با اختلاف بسیار کمی پیش‌بینی کردند. مدل‌های RNG و $CORJET$ با خطای تقریباً ۵ درصد، و مدل $VISJET$ نیز با خطای ۱۲ درصد مقدار Z را برآورد کردند.



(الف)



(ب)

شکل ۷- مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت در محیط پویا. (الف) جریان هم‌راستا $(\varphi=0)$. (ب) جریان غیرهم‌راستا $(\varphi=۱۸۰)$.

۲- رقیق‌سازی در محل ارتفاع صعود حداکثر جت

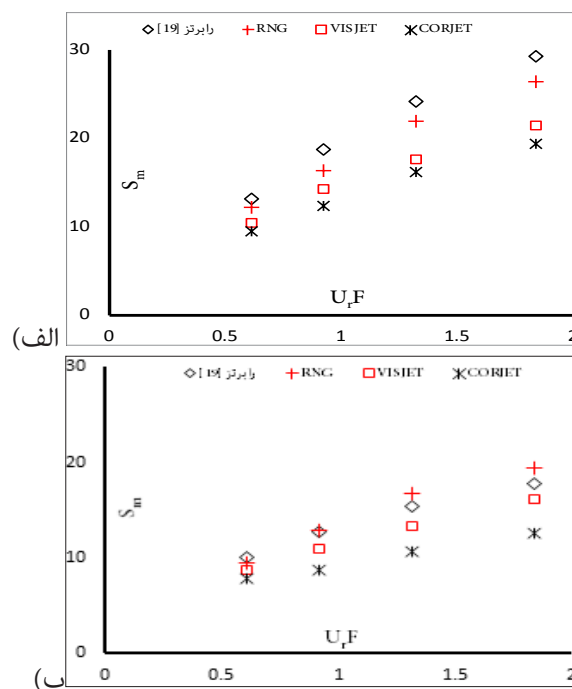
شکل (۸) میزان رقیق‌سازی پساب در محل ارتفاع صعود حداکثر جت را در سرعت‌های محیطی مختلف نشان می‌دهد. پساب

۳- رقیق‌سازی پساب در محل برخورد به زمین

در این قسمت به بررسی تأثیر جریان محیطی هم‌راستا (شکل ۹-الف) و غیرهم‌راستا (شکل ۹-ب) با جهت تخلیه پساب، بر میزان رقیق‌سازی پساب در نقطه برخورد به زمین پرداخته می‌شود. باتوجه به شکل (۹) نتایج هر سه مدل همخوانی خوبی با مطالعه‌های تجربی دارند. با افزایش سرعت جریان محیط، میزان رقیق‌سازی به صورت خطی افزایش می‌یابد. در محیط ساکن بعد از کاهش سرعت جت ($F > 1$) و تبدیل پساب از حالت جت به پلوم، پساب تنها به واسطه شار شناوری به سمت بستر محیط (دریا) سقوط می‌کند (Jiang و همکاران، ۲۰۲۱). اما در محیط پویا (هم‌راستا و غیرهم‌راستا) پلوم علاوه بر حرکت به سمت بستر محیط پذیرنده که به دلیل شار شناوری اتفاق می‌افتد، مسیری را هم به واسطه حرکت سیال محیط پذیرنده در جهت افقی طی می‌کند (به دلیل نیروی وارده از طرف سیال محیط بر پلوم) (Roberts و Toms، ۱۹۸۷). در این حالت با افزایش سرعت سیال محیط، میزان مسافت افقی طی شده پلوم نیز افزایش می‌یابد. همچنین در محیط پویا (هم‌راستا و غیرهم‌راستا) جریان سیال محیط باعث ایجاد آشفتگی در محیط می‌شود. آشفتگی جریان و افزایش طول مسیر حرکت پساب در محیط پذیرنده باعث اختلاط بیشتر پساب با سیال محیط و در نتیجه افزایش میزان رقیق‌سازی می‌شود (Choi و همکاران، ۲۰۱۶). به همین دلیل با افزایش سرعت سیال محیط در حالت هم‌راستا و غیر هم‌راستا، رقیق‌سازی در محل برخورد پساب به زمین افزایش می‌یابد. باتوجه به شکل (۹-ب) میزان رقیق‌سازی پساب در محیط غیرهم‌راستا نسبت به حالت هم‌راستا کمتر است. باتوجه به شکل (۷)، مقدار Z برای تخلیه پساب در حالت غیرهم‌راستا ($\varphi = 180^\circ$) نسبت به جریان هم‌راستا کمتر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طول مسیر حرکت پساب در حالت غیرهم‌راستا در مقایسه با محیط هم‌راستا کاهش پیدا می‌کند. این موضوع باعث کاهش هم‌آوری سیال محیط پذیرنده به درون جت (رقیق‌سازی) می‌شود (Tofghian و همکاران، ۲۰۲۲).

مدل‌های RNG، VISJET و CORJET میزان رقیق‌سازی پساب تخلیه شده در محیط هم‌راستا را در مقایسه با مطالعه تجربی Toms و Roberts (۱۹۸۷) به ترتیب با ۶، ۸ و ۵ در مقایسه با نتایج مطالعه Choi و همکاران (۲۰۱۶) به ترتیب با ۲۰/۱۵، ۲۶/۷ و ۲۲/۳ درصد خطا پیش‌بینی می‌کنند. در محیط غیرهم‌راستا نیز مدل‌های RNG، VISJET و CORJET میزان رقیق‌سازی را در مقایسه با نتایج مطالعه‌های تجربی (Roberts و Toms، ۱۹۸۷؛ Choi و همکاران، ۲۰۱۶) به ترتیب با ۸ تا ۱۱، ۲۹ تا ۳۱ و ۱۹ تا ۲۱ درصد خطا تخمین می‌زنند.

به صورت مستغرق مایل در محیط پویا و در حالت جریان هم‌راستا (شکل ۸-الف) و غیرهم‌راستا (شکل ۸-ب) تخلیه می‌شود. باتوجه به شکل (۸)، مقدار S_m با افزایش سرعت جریان محیط به صورت تقریباً خطی افزایش می‌یابد. آشفتگی جریان یکی از عوامل اصلی در افزایش میزان رقیق‌سازی پساب است. با افزایش سرعت سیال محیط، آشفتگی جریان و در نتیجه میزان اختلاط و هم‌آوری سیال به درون جت افزایش می‌یابد. باتوجه به شکل (۸)، مقدار S_m در جریان هم‌راستا بیشتر از جریان غیرهم‌راستا است. نیروی وارده به جت (از طرف سیال محیط) در محیط غیرهم‌راستا بیشتر از محیط هم‌راستا است. هرچه نیروی وارده به جت افزایش یابد طول مسیر حرکت جت در محیط آبی کاهش می‌یابد که این موضوع باعث کاهش میزان هم‌آوری سیال به درون جت و در نتیجه کاهش میزان رقیق‌سازی می‌شود. باتوجه به شکل (۸)، مدل‌های عددی مقدار S_m را کمتر تخمین می‌زنند. مدل CORJET مقدار S_m در جریان هم‌راستا و غیر هم‌راستا را به ترتیب با ۳۲/۲ و ۲۹/۴۹ درصد خطا پیش‌بینی کرد. مدل VISJET نیز مقدار S_m را در محیط هم‌راستا و غیرهم‌راستا به ترتیب با ۲۴/۷ و ۱۵/۱ درصد خطا نسبت به مطالعه تجربی Toms و Roberts (۱۹۸۷) کمتر تخمین زد. اما مدل آشفتگی RNG نسبت به دو مدل دیگر نتایج دقیق‌تری را ارائه کرد. مدل RNG مقدار رقیق‌سازی در محل ارتفاع صعود حداکثر جت را در محیط پویا (هم‌راستا و غیرهم‌راستا) با ۸ تا ۱۰ درصد خطا برآورد کرد.

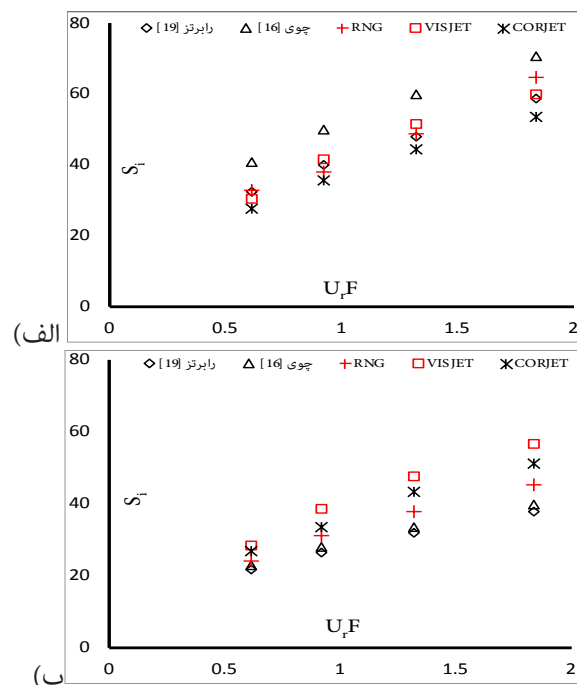


شکل ۸- رقیق‌سازی پساب در محل ارتفاع صعود حداکثر جت در محیط پویا. الف) جریان هم‌راستا ($\varphi = 0^\circ$). ب) جریان غیرهم‌راستا ($\varphi = 180^\circ$).

RNG و CORJET، در جریان هم‌راستا را به ترتیب با ۱۰/۱۲ و ۲۶/۴۵ درصد خطا، و در جریان غیرهم‌راستا نیز هر سه مدل با اختلاف نزدیک به هم ۵ تا ۱۲ درصد نسبت به مطالعه تجربی، مقدار ارتفاع صعود حداکثر جت را پیش‌بینی کردند. مدل‌های RNG، VISJET و CORJET مقدار S_m در محیط پویا (هم‌راستا و غیرهم‌راستا) را به ترتیب با حداکثر ۳۲/۲، ۲۴/۷ و ۱۰ درصد خطا نسبت به مطالعه تجربی تخمین زدند. میزان رقیق‌سازی در محل برخورد پساب به زمین در حالت جریان هم‌راستا به خوبی و با خطای ۵ تا ۲۶ درصد توسط هر سه مدل پیش‌بینی شد. اما در محیط غیرهم‌راستا، مدل‌های انتگرالی مقدار S_i را در مقایسه با مدل آشفتگی RNG با خطای بالایی تخمین زدند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت مدل آشفتگی RNG در مقایسه با مدل‌های انتگرالی VISJET و CORJET نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهد اما زمان و هزینه محاسباتی بالایی نسبت به مدل‌های انتگرالی دارد. اما در مقابل، مدل‌های انتگرالی کاربرپسند بوده و مدل‌سازی در آنها به راحتی و در زمان کوتاهی انجام می‌شود و نتایج قابل قبولی را نیز ارائه می‌دهند.

منابع

- بابایی‌نژاد، و. و خورسندی، ب. ۱۴۰۰. اعتبارسنجی مدل‌های CORMIX و CorJet برای تخلیه پساب چگال از تخلیه کننده چند مجرایی با زاویه تخلیه ۶۰ درجه. نشریه علمی- پژوهشی هیدرولیک، ۱۶(۲): ۱-۱۳. <https://doi.org/10.30482/jhyd.2021.258266.1491>
- Abessi O. and Roberts P.J. 2016. Dense jet discharges in shallow water. Journal of Hydraulic Engineering, 142(1): 04015033. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001057](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001057)
- Cheung S.K.B., Leung D.Y.L., Wang W., Lee J.H.W. and Cheung V. 2000, June. VISJET-a computer ocean outfall modelling system. In Proceedings Computer Graphics International, 21: 75-80. <https://doi.org/10.1109/CGI.2000.852322>
- Choi K.W., Lai C.C. and Lee J.H. 2016. Mixing in the intermediate field of dense jets in cross currents. Journal of Hydraulic Engineering, 142(1): 04015041. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001060](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001060)
- Cipollina A., Brucato A., Grisafi F. and Nicosia S. 2005. Bench-scale investigation of inclined dense jets. Journal of Hydraulic Engineering, 131(11): 1017-1022. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2005\)131:11\(1017\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2005)131:11(1017))



شکل ۹- میزان رقیق‌سازی پساب در محل برخورد به زمین در محیط پویا. الف) جریان هم‌راستا ($\varphi = 0$). ب) جریان غیرهم‌راستا ($\varphi = 180$).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به اعتبارسنجی مدل‌های CORJET، VISJET و RNG ($k-\epsilon$) برای تخلیه پساب چگال (به صورت جت مستغرق مایل با زاویه تخلیه ۶۰ درجه نسبت به افق) در محیط آبی ساکن و پویا پرداخته شد. برای این منظور، نتایج مربوط به میزان رقیق‌سازی و دیگر پارامترهای مربوط به رفتار پساب شور تخلیه شده در محیط آبی ساکن و پویا، با نتایج مطالعه‌های آزمایشگاهی مختلف مقایسه شد. طبق نتایج هر سه مدل در محیط ساکن مقادیر مربوط به میزان رقیق‌سازی، فاصله افقی محل پساب از نازل و ارتفاع صعود حداکثر جت را در مقایسه با نتایج مدل‌های آزمایشگاهی اکثراً کمتر برآورد می‌کنند. مدل‌های CORJET و VISJET پارامترهای مربوط به طول مسیر حرکت پساب چگال تخلیه شده در محیط آبی را با خطای قابل قبولی پیش‌بینی می‌کنند اما میزان رقیق‌سازی را با خطای بالایی برآورد می‌کنند. اما مدل RNG میزان رقیق‌سازی و دیگر پارامترهای مربوط به تخلیه پساب چگال را به خوبی تخمین می‌زند که این موضوع می‌تواند به دلیل در نظر گرفتن آشفتگی جریان توسط مدل RNG باشد. هر سه مدل روند سرعت محوری جت را به خوبی تخمین می‌زنند که در این بین عملکرد مدل RNG مناسب‌تر بود.

میزان رقیق‌سازی برای تخلیه پساب در حالت هم‌راستا ($\varphi = 0$) بیشتر از حالت غیرهم‌راستا ($\varphi = 180$) بود که این موضوع به خوبی توسط هر سه مدل پیش‌بینی شد. مدل‌های VISJET

- Ramezani M., Abessi O. and Firoozjaee A.R. 2021. Effect of proximity to bed on 30° and 45° inclined dense jets: a numerical study. *Environmental Processes*, 8(3): 1141-1164. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001032](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001032)
- Roberts P.J. and Toms G. 1987. Inclined dense jets in flowing current. *Journal of Hydraulic Engineering*, 113(3): 323-340. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1987\)113:3\(323\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1987)113:3(323))
- Saeidi Hossieni S.A.R., Mohammadian A., Roberts P.J. and Abessi O. 2022. Numerical Study on the Effect of Port Orientation on Multiple Inclined Dense Jets. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5): 590. <https://doi.org/10.3390/jmse10050590>. <https://doi.org/10.3390/jmse10050590>
- Shao D. and Law A.W.K. 2010. Mixing and boundary interactions of 30 and 45 inclined dense jets. *Environmental fluid mechanics*, 10(5): 521-553. <https://doi.org/10.1007/s10652-010-9171-2>
- Shrivastava I. and Adams E.E. 2019. Pre-dilution of desalination reject brine: Impact on outfall dilution in different water depths. *Journal of Hydro-Environment Research*, 24: 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2018.09.001>
- Tofighian H., Aghajanzpour A., Abessi O. and Ramezani M. 2022. Simulation of inclined dense jets in stagnant environments: an LES and experimental study. *Environmental Fluid Mechanics*, 22(5): 1161-1185. <https://doi.org/10.1007/s10652-022-09884-z>
- Wang X. and Mohammadian A. 2022. May. Numerical Simulations of 15-Degree Inclined Dense Jets in Stagnate Water Over a Sloped Bottom. In *Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2021: CSCE21 General Track Volume 2*. Singapore: Springer Nature Singapore. doi: [10.1007/978-981-19-0507-0_7](https://doi.org/10.1007/978-981-19-0507-0_7)
- Yan X. and Mohammadian A. 2019. Numerical modeling of multiple inclined dense jets discharged from moderately spaced ports. *Water*, 11(10): 2077. <https://doi.org/10.3390/w11102077>
- Jiang M., Law A.W.K. and Song J., 2019. Mixing characteristics of inclined dense jets with different nozzle geometries. *Journal of Hydro-environment Research*, 27: 116-128. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2019.10.003>
- Jiang M., Chen W. and Law A.W.K. 2021. Mixing characteristics of 45° inclined duckbill dense jets in co-flowing currents. *Journal of Hydro-environment Research*, 36: 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2021.03.006>
- Doneker R.L., and Jirka G.H. 2001. CORMIX-GI systems for mixing zone analysis of brine wastewater disposal. *Desalination*, 139(1-3): 263-274.
- Kikkert G.A., Davidson M.J. and Nokes R.I. 2007. Inclined negatively buoyant discharges. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(5): 545-554. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(01\)00318-6](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(01)00318-6)
- Lai C.C. and Lee J.H. 2012. Mixing of inclined dense jets in stationary ambient. *Journal of hydro-environment research*, 6(1): 9-28. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2011.08.003>
- Loya-Fernández Á., Ferrero-Vicente L.M., Marco-Méndez C., Martínez-García E., Vallejo J.J.Z. and Sánchez-Lizaso J.L. 2018. Quantifying the efficiency of a mono-port diffuser in the dispersion of brine discharges. *Desalination*, 431: 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.11.014>
- Malcangio D. and Petrillo A.F. 2010. Modeling of brine outfall at the planning stage of desalination plants. *Desalination*, 254(1-3): 114-125. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.12.005>
- Meng G. and Wenxin H. 2016. Numerical simulation of a round buoyant jet in a counterflow. *Procedia Engineering*, 154: 943-950. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.520>
- Papakonstantis I.G., Christodoulou G.C. and Papanicolaou P.N. 2011. Inclined negatively buoyant jets 2: concentration measurements. *Journal of Hydraulic Research*, 49(1): 13-22. <https://doi.org/10.1080/00221686.2010.542617>
- Ramakanth A., Davidson M.J. and Nokes R.I. 2022. Laboratory study to quantify lower boundary influences on desalination discharges. *Desalination*, 529: 115641. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115641>

Application of Life Cycle Assessment on Water and Environment

H. Shafaei¹, K. Esmaili^{2*}

1,2- Ph.D. Candidate and Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: esmaili@um.ac.ir)

Received: 17-11-2022

Revised: 29-01-2023

Accepted: 12-04-2023

Available Online: 20-06-2023

کاربرد ارزیابی چرخه عمر بر آب و محیط زیست

حسن شافائی^۱، کاظم اسماعیلی^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکترا و دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: esmaili@um.ac.ir)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۳

Abstract

One of the goals of life cycle assessment is environmental decision-making regarding cleanup of contaminated sites, contaminated water, and water restoration with different methods. Water shortage problems are becoming more serious due to the decrease in rainfall, increase in population, the reduction of water resources and lack of legal framework for water management. Therefore, a proper analysis of the effects and results of the methods used for water purification, groundwater polluting factors, and various water supply processes is necessary, and one of the tools that can perform such an analysis is life cycle assessment. (LCA) is based on a complete understanding of the system from real data. In this research, the analysis of life cycle assessment of wastewater treatment processes, desalination, water footprint has been done considering different water sources. The results of this analysis showed that the most studied topic in the evaluation of the life cycle of wastewater treatment and the most studied type of wastewater was urban wastewater. The least studied subject was river engineering. Among different countries, Iran's share of life cycle assessment studies on water management is the lowest, and due to the importance of life cycle assessment and the environmental impact of various methods and processes on the supply of water needed in the agricultural, drinking and industrial sectors, attention is paid and it requires more studies in this field.

Keywords: Sustainable Development, Modeling, Water Footprint, Wastewater Treatment.

چکیده

یکی از اهداف ارزیابی چرخه عمر، تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در مورد پاک‌سازی محل‌های آلوده، آب‌های آلوده و احیای آب با روش‌های مختلف است. مشکلات کمبود آب به دلیل کاهش بارندگی، افزایش جمعیت، کاهش منابع آب و عدم وجود چارچوب قانونی برای مدیریت آب جدی‌تر می‌شود. بنابراین، تجزیه و تحلیل مناسب آثار و نتایج روش‌های مورد استفاده جهت تصفیه آب، عوامل آلوده‌کننده آب‌های زیرزمینی و فرآیندهای مختلف تأمین آب مورد نیاز، لازم بوده و یکی از ابزارهایی که می‌تواند چنین تحلیلی را انجام دهد، ارزیابی چرخه عمر (LCA) است که براساس درک کامل سیستم از داده‌های واقعی به‌دست آمده است. در این پژوهش به تحلیل ارزیابی چرخه عمر بر فرآیندهای تصفیه فاضلاب، نمک‌زدایی و ردپای آب با در نظر گرفتن منابع آبی مختلف پرداخته شده است. نتایج این تحلیل نشان داد بیشترین موضوع مورد بررسی در ارزیابی چرخه عمر تصفیه فاضلاب و بیشترین نوع فاضلاب مورد مطالعه فاضلاب شهری بوده است. کمترین موضوع مورد بررسی مهندسی رودخانه بود. در بین کشورهای مختلف سهم ایران از مطالعات ارزیابی چرخه عمر بر مدیریت آب، کمترین تعداد بوده و باتوجه به اهمیت موضوع ارزیابی چرخه عمر و تأثیر محیط‌زیستی روش‌ها و فرآیندهای مختلف بر تأمین آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت توجه و انجام بیشتر مطالعات در این زمینه را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، مدل‌سازی، ردپای آب، تصفیه فاضلاب.

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی^۱ (EIA) یک ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است و هدف از آن تعیین اثرات بالقوه محیط‌زیستی، اجتماعی و بهداشتی حاصل از یک اقدام توسعه‌ای پیشنهادی است. ارزیابی اثرات محیط‌زیست به توسعه‌دهندگان و مجریان پروژه کمک می‌کند قبل از تصمیم‌گیری، از پیامدهای احتمالی تصمیمات خود مطلع شوند. به عبارت دیگر هدف آن تسهیل تصمیم‌گیری آگاهانه، شفاف و در عین حال تلاش برای جلوگیری و کاهش اثرات نامطلوب بالقوه از طریق در نظر گرفتن گزینه‌ها، مکان‌ها یا فرآیندهای جایگزین است (Wood, 2002). ارزیابی اثرات محیط‌زیستی را در یک تعریف مختصرتر می‌توان "رویکردی در جهت توسعه، به واسطه ارزیابی قبلی" بیان نمود. تاریخچه ارزیابی و اهمیت قانونی آن به اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی باز می‌گردد. در این سال‌ها دولت ایالات متحده آمریکا ارزیابی را به عنوان مجوز اجرای پروژه‌های عمرانی پذیرفت و سازمان‌ها و مؤسسات موظف شدند قبل از اجرای هر پروژه اثرات محیط‌زیستی آن را بررسی نمایند. براین اساس چنانچه پروژه‌ای دارای احتمال پدید آوردن اثرات سوء بر محیط‌زیست باشد، ناگزیر به تهیه گزارش اثرات محیط‌زیستی می‌باشد. پس از تصویب این قانون در آمریکا و بعد در کنفرانس استکهلم سال ۱۹۷۲، کشورهای مختلف جهان بنا به قوانین و ارزش‌های اجتماعی خویش قوانین مشابهی را مورد تصویب قرار دادند که به تدریج در طی زمان تکمیل و گسترده‌تر شد. در ایران ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در عین حال که موضوع و مفهوم جدیدی است ولی به لحاظ سابقه تاریخی می‌توان نشانه‌ها و احکامی را با عناوین دیگر و به شکل ساده‌تر در قوانین و مقررات محیط‌زیست قبلی جستجو نمود. در قوانین سابق کشور، اصطلاح متداولی تحت عنوان ارزیابی اثرات محیط‌زیست (EIA) وجود نداشت و حتی انجام مراحل ارزیابی نیز در شکل و مفهوم حاضر در مقررات قانونی گذشته پیش‌بینی نشده بود. برای نخستین بار در سال ۱۳۵۴ در آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۵۴/۴/۲۹ کمیسیون‌های مجلسین وقت، صدور پروانه تأسیس هر نوع کارخانه یا کارگاه و توسعه آنها موکول به رعایت مقررات و ضوابط حفاظت و بهسازی محیط‌زیست شده بود.

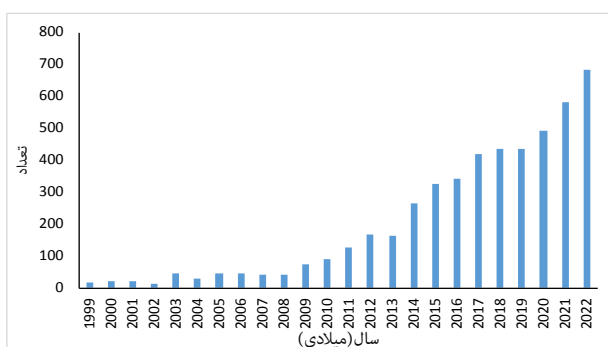
اهداف و ضرورت تحقیق

هدف از انجام این پژوهش مطالعه کاربرد و جایگاه ارزیابی چرخه عمر در مباحث مختلف از جمله علوم و مهندسی آب در ایران و سایر کشورهای جهان و افزایش آگاهی و دانش مورد نیاز برای حل مسائل و چالش‌های موجود در حوزه آب و محیط‌زیست است.

ارزیابی چرخه عمر^۲ روشی است که هدف آن کمی کردن اثرات بالقوه محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی در طیف وسیعی از مسائل محیط‌زیستی (تغییر اقلیم، اثرات تنفسی انسان، کاربری زمین و غیره) در کل چرخه عمر یک محصول است. دو دهه ۱۹۷۰-۱۹۹۰، دهه‌های مفهوم ارزیابی چرخه عمر با رویکردها، اصطلاحات و نتایج بسیار متفاوت بود. در این دوره کمبود واضحی از بحث علمی بین‌المللی و بسترهای تبادل برای ارزیابی چرخه عمر وجود داشت. در سال ۲۰۰۲، برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد^۳ (UNEP) و انجمن سم شناسی و شیمی محیطی^۴ (SETAC) یک مشارکت بین‌المللی چرخه عمر را راه‌اندازی کردند که به عنوان ابتکار چرخه عمر شناخته می‌شود. در دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۰ تقاضا برای ارزیابی چرخه عمر افزایش یافت. دهه ۲۰۱۰-۲۰۲۰ دهه تحلیل پایداری چرخه عمر^۵ (LCSA) است. مفهوم انجام بررسی دقیق از چرخه عمر یک محصول یا فرآیند، مفهومی جدید است که در پاسخ به افزایش آگاهی محیط‌زیستی از سوی عموم مردم، صنعت و دولت‌ها پدیدار شده است. روش ارزیابی چرخه عمر ساختاری ثابت دارد و براساس استانداردهای بین‌المللی (ISO 14040) اجرا می‌شود. استاندارد ISO 14040 به عنوان "تدوین و ارزیابی از ورودی تا خروجی و بررسی توانایی اثرات محیط‌زیستی از یک سیستم تولید در سراسر چرخه عمر" تعریف شد. هدف اصلی نوآوری چرخه عمر، عملی‌سازی تفکر چرخه عمر و بهبود ابزارهای حمایت‌کننده به واسطه داده‌ها و شاخص‌ها است. با بازبینی چهار استاندارد ایزو موجود، کمیته فنی ایزو در سال ۲۰۰۶ با ارائه دو استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ (۲۰۰۶) و ایزو ۱۴۰۴۴ (۲۰۰۶) به جمع‌بندی رسید. مقایسه بین محصولات با استفاده از مطالعه ارزیابی چرخه عمر شامل چهار مرحله است (شکل ۱):

- مرحله ۱: هدف تعیین این است که چگونه بخشی از چرخه عمر محصول، در ارزیابی قرار گرفته می‌شود و ارزیابی با چه هدفی انجام می‌شود. معیارهای مربوط به مقایسه سیستم و زمان‌های خاص در این مرحله توضیح داده شده است.
- مرحله ۲: در این مرحله، تجزیه و تحلیل، توصیفی از جریان مواد و انرژی در سیستم محصول و به‌ویژه تعامل آن با محیط، مواد خام مصرفی و انتشار به محیط را ارائه می‌دهد. تمام فرآیندهای مهم و جریان‌های انرژی و مواد فرعی در مرحله بعد توضیح داده می‌شود.
- مرحله ۳: جزئیات تجزیه و تحلیل برای ارزیابی تأثیر استفاده می‌شود. نتایج نشانگر همه دسته‌های تأثیر، در این مرحله به تفصیل آمده است. اهمیت هر دسته تأثیر با نرمال‌سازی و در نهایت با وزن دهی ارزیابی می‌شود.
- مرحله ۴: تفسیر چرخه عمر شامل بررسی انتقادی، تعیین حساسیت داده‌ها و ارائه نتایج است.

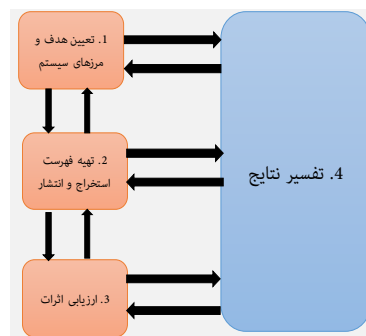
کاربرد هر نوع ارزیابی چرخه عمر باتوجه به مسئله و موضوع تحقیق، انتخاب و در نظر گرفته می‌شود. با مطالعه تحقیقات انجام شده در حوزه آب و محیط‌زیست نشان داده شد بیشترین نوع مورد استفاده از انواع ارزیابی چرخه عمر، گهواره تا گور می‌باشد. در این پژوهش تحقیقات انجام شده روی ارزیابی چرخه عمر در سال‌های بین ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۲ از پایگاه‌های مختلف مانند ساینس دایرکت^۶ و گوگل اسکولار^۷، پایگاه مجلات تخصصی نور^۸، پایگاه اشپرنگر^۹ بررسی و مطالعه شد و همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده روند صعودی این مطالعات نشان از توجه و اهمیت به موضوع ارزیابی چرخه عمر طی این سال‌ها دارد.



شکل ۲- تعداد مقالات منتشر شده در جهان با بحث ارزیابی چرخه عمر

فراوانی مطالعات انجام شده با استفاده از روش‌های ارزیابی چرخه عمر در موضوعات علمی مختلف در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین فراوانی کاربرد ارزیابی چرخه عمر با مقدار و درصد به ترتیب ۲۹/۳۴ و ۳۹/۲۹ درصد برای بحث انرژی انجام شده است. با مطالعه منابع مختلف در داخل کشور نتایج نشان داد از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۱ تعداد ۶۷ مقاله کنفرانسی و ۲۲ مقاله علمی پژوهشی با موضوع ارزیابی چرخه عمر در موضوعات علمی ازجمله تصفیه فاضلاب و محیط‌زیست منتشر شده است. با بررسی مطالعات انجام شده روی کاربرد ارزیابی چرخه عمر در کشورهای مختلف جهان نتایج نشان داد بیشترین مطالعات انجام شده مربوط به کشور آمریکا با ۲۵ مطالعه و کمترین آن برای کشور ایران به دست آمد. نتایج به دست آمده برای سایر کشورها در شکل (۳) نشان داده شده است.

در واقع ارزیابی چرخه عمر به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی محیط‌زیست بعد از ارزیابی فنی و ارزیابی اقتصادی، تکمیل کننده ضلع سوم یک ارزیابی پایدار است. وابستگی شدید ارزیابی چرخه عمر به داده‌ها باعث شد تا نرم افزارهای ارزیابی چرخه عمر شکل بگیرد. فرآیندهای محیط‌زیستی، اغلب بسیار پیچیده و به هم مرتبط هستند و این موجب می‌شود تا مدل کردن چرخه عمر وابستگی شدیدی به داده داشته باشد.



شکل ۱- مراحل ارزیابی چرخه عمر

انواع ارزیابی چرخه عمر به این شرح است:

- **گهواره تا گور^۱**: ارزیابی کامل چرخه عمر از ساخت (گهواره) تا مرحله استفاده است. تمام نهادها، ورودی‌ها و خروجی‌ها برای تمام مراحل چرخه عمر در نظر گرفته می‌شوند.

- **گهواره تا ورودی^{۱۱}**: شامل ارزیابی چرخه عمر جزئی محصول از استخراج منبع (گهواره) تا ورودی کارخانه (پیش از جابجایی به مصرف کننده) می‌باشد. مرحله کاربرد و مرحله دور ریز محصول، در این مورد حذف شده است.

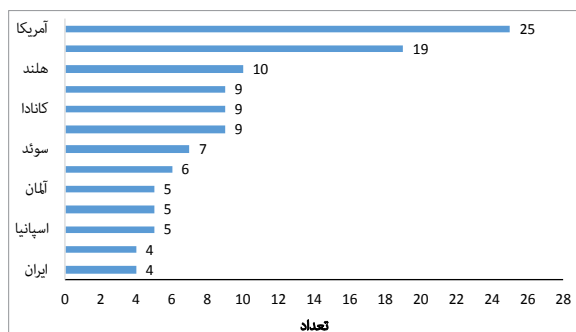
- **گهواره تا گهواره^{۱۲}**: نوعی ارزیابی از گهواره تا گور است که در آن مرحله پایان عمر محصول، فرآیند بازیافت است. از فرآیند بازیافت محصولات جدید و یکسان (مانند قوطی‌های آلومینیومی نوشیدنی از قوطی‌های بازیافتی)، با محصولات مختلف (مانند عایق پشم شیشه از بطری‌های شیشه‌ای جمع آوری شده) منشأ می‌گیرد.

- **ورودی تا ورودی^{۱۳}**: ارزیابی چرخه عمر جزئی می‌باشد که تنها به فرایند ارزش افزوده در کل زنجیره تولید، توجه می‌کند. واحد ورودی به ورودی را می‌توان در زنجیره تولید مناسب برای ایجاد یک ارزیابی گهواره تا ورودی کامل تلفیق نمود.

- **چاه تا چرخ^{۱۴}**: به عنوان یک ارزیابی چرخه عمر ویژه مطرح است که از آن برای جابه جایی سوخت و وسایل نقلیه استفاده می‌شود. این آنالیز اغلب تحت عنوان چاه تا ایستگاه یا چاه تا مخزن و همچنین ایستگاه تا چرخ یا مخزن تا چرخ یا ورودی به چرخ طبقه بندی می‌شود.

- **ارزیابی چرخه عمر ورودی- خروجی اقتصادی^{۱۵}**: شامل استفاده از داده‌های سطح بخش تلفیقی در این رابطه است که چگونه اغلب تأثیرات محیط‌زیست را می‌توان با هر کدام از بخش‌های اقتصاد، مرتبط ساخت و هر کدام از بخش‌ها، تا چه حد از بخش دیگر تأثیر می‌پذیرند.

- **ارزیابی چرخه عمر بر مبنای دیدگاه‌های اکولوژیکی**: ارزیابی چرخه عمر، موارد زیادی از رویکردها و استراتژی‌های مشابه با یک اکو LCA را شامل می‌شود و در آن محدوده بسیار گسترده‌ای از ارزیابی اکولوژیکی مطرح شده است. همچنین ارزیابی چرخه عمر می‌تواند برای مدیریت خردمندانه فعالیت‌های انسانی با درک تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر روی منابع اکولوژیکی و همچنین اکوسیستم‌های محیطی به کار رود.



شکل ۳- فراوانی مطالعات ارزیابی چرخه عمر در کشورهای مختلف

نرم افزارهای کاربردی برای ارزیابی چرخه عمر

نرم افزارهای مورد استفاده در ارزیابی چرخه عمر همراه با کاربردها، مزایا و معایب آنها در جدول (۲) معرفی شده است.

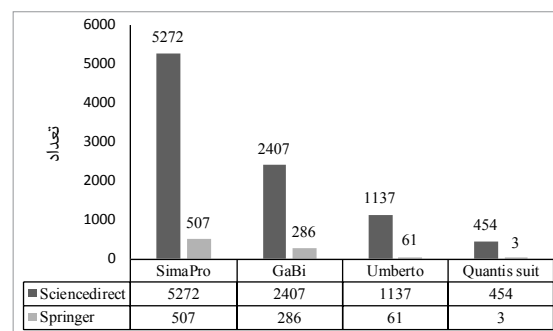
جدول ۱- فراوانی مطالعات انجام شده روی ارزیابی چرخه عمر در موضوعات مختلف (۱۹۹۹-۲۰۲۲)

موضوع	فراوانی	درصد فراوانی
انرژی	۲۹۰۳	۳۴/۲۹
علوم محیطی	۲۷۸۷	۳۲/۹۲
مهندسی	۹۳۶	۱۱/۰۵
علوم اجتماعی	۴۵۷	۵/۳۹
علم مواد	۳۵۷	۴/۲۱
مهندسی شیمی	۳۳۴	۳/۹۴
علوم کشاورزی و زیستی	۲۸۹	۳/۴۱
علوم زمین	۲۳۰	۲/۷۱
شیمی	۹۸	۱/۱۵
علوم کامپیوتر	۷۵	۰/۸۸
تعداد کل	۸۴۶۶	۱۰۰

جدول ۲- معرفی نرم افزارهای کاربردی ارزیابی چرخه عمر، مزایا و معایب آنها

نرم افزار	سال/کشور ارائه دهنده	کاربرد	پایگاه داده	مزایا/معایب
SimaPro	شرکت پری هلند/۱۹۹۰	نرم افزار اقتصادی-برای ارزیابی محیط زیست محصولات و فرایندها	پایگاه داده اکو اینونت (Eco invent) سوئیس، پایگاه داده ورودی و خروجی ایالات متحده آمریکا، پایگاه داده ورودی و خروجی داممارک، داده های صنعت، پایگاه داده Bu- LCA Food, wal 250، پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر ایالات متحده آمریکا فرانکلین، IDEMAT 200	مزایا: انعطاف پذیر و آسان برای استفاده، نسخه چند کاربره، چندین روش ارزیابی تأثیر در دسترس است، حجم زیادی از داده ها گنجانده شده است، نتایج بسیار شفاف معایب: قیمت نسبتاً بالا و عدم پشتیبانی از سیستم عامل های غیر ویندوز
GaBi	شرکت بین المللی آلمانی (Profit) ۱۹۸۹/(Earth)	برای ارزیابی چرخه عمر محصولات لبنی	پایگاه داده اختصاصی Gabi 4500، مجموعه داده دارد. از الگوریتم محاسباتی ترتیبی استفاده می کند	مزایا: پایگاه داده فراوانی جهت ایجاد مدل های چرخه عمر دارد. معایب: ساختار قیمت گذاری غیر شفاف دارد که مقایسه قیمت آن با سایر نرم افزارها را مشکل می کند
OpenLCA	سال ۲۰۰۶- توسط شرکت Greendelta	برای ارزیابی چرخه عمر (LCA) و ارزیابی پایداری	متن باز	به دلیل متن باز بودن، این نرم افزار، به طور رایگان و بدون هزینه های مجوز در دسترس همگان می باشد. برای ارزیابی چرخه حیات اجتماعی، سیاست تولید یکپارچه
Umberto	-	نرم افزاری قدرتمند برای مدل سازی گرافیکی چرخه عمر یک محصول و محاسبات تأثیرات کربنی آن بر روی محیط زیست است، در محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه ای توسط یک محصول در طول چرخه عمر و اندازه گیری تمام گازهای گلخانه ای کاربرد دارد.	پایگاه داده ecoinvent، پایگاه داده cm. chemicals، پایگاه داده estimol این نرم افزار از داده های نسخه ۲ و ۳ Ecoinvent و داده های Gabi بهره می گیرد.	مزایا: پشتیبانی بسیار خوبی از مشتریان دارد و محیطی با کاربری آسان دارد که استفاده از آن را جذاب کرده است معایب: عدم پشتیبانی از سیستم عامل های غیر ویندوز توسط این نرم افزار باعث می شود تا سایر سیستم عامل ها از شبیه سازهای استفاده کنند که از نظر سرعت و سایر مسائل مشکل آفرین است

مقایسه‌ای بین نرم‌افزارهای کاربردی در ارزیابی چرخه عمر از نظر تعداد مقالات انجام شده برای سال‌های بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ از طریق دو پایگاه اشپرینگر و ساینس دایرکت در شکل (۴) ارائه شده است. بیشترین تعداد مقالات در هر دو پایگاه مربوط به نرم‌افزار سیماپرو است. ازجمله مزایای نرم‌افزار سیماپرو عبارتند از: (۱) به راحتی چرخه‌های عمر پیچیده را به روشی سیستماتیک و شفاف، مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل می‌کند. (۲) اثرات محیط‌زیستی محصولات و خدمات خود را در تمام مراحل چرخه عمر اندازه‌گیری می‌کند. (۳) نقاط مهم را در هر پیوند زنجیره تامین خود، از استخراج مواد خام گرفته تا تولید، توزیع، استفاده و دفع، شناسایی می‌کند. دکامین و همکاران (۱۳۹۸) ارزیابی چرخه عمر را به منظور مقایسه بارهای محیط‌زیستی گیاه زراعی سویا بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که اثرات محیط‌زیستی سویا عمدتاً از کودهای شیمیایی، کود دامی، سوخت دیزل و برق برای آبیاری حاصل می‌شود. همچنین در این تحقیق نیز از نرم‌افزار SimaPro استفاده شد. در این تحقیق برای ارزیابی چرخه عمر و ردپای آب تنها عملیات کشاورزی و فرآیندهای مرتبط با آن در نظر گرفته شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد در طبقه اثر گرمایش جهانی، تولید برق ۴۴ درصد، تولید بذر به مقدار ۲۱ درصد و مصرف سوخت دیزل ۱۳ درصد بیشترین سهم را در این طبقه اثر از بین عواملی همچون آفت‌کش، قارچ‌کش، حمل و نقل نهاده، کود فسفات، علف‌کش، بذر و کود نیتروژنه به خود اختصاص دادند.

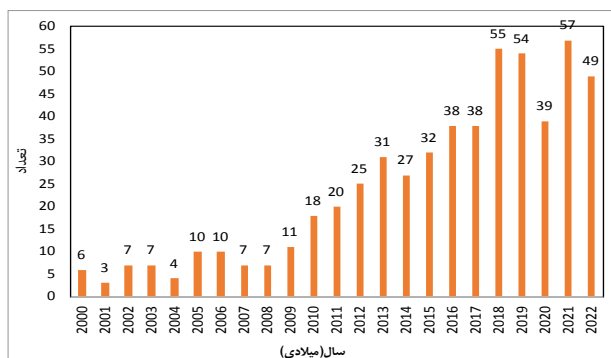


شکل ۴- تعداد مقالات برای هر یک از نرم‌افزارهای کاربردی در ارزیابی چرخه عمر

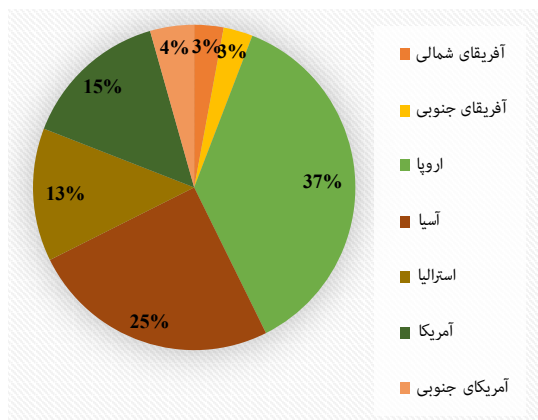
کاربرد ارزیابی چرخه عمر در حوزه آب و محیط‌زیست

در حال حاضر تحقیقات فراوانی در مورد کمبود آب و مدل‌سازی ارزیابی تأثیر چرخه عمر این منبع، همراه با اثرات سلامتی و آسیب اکوسیستم مرتبط با کمبود آب وجود دارد. برخی از مقوله‌های تأثیر پیشنهادی در این روش‌ها شامل کفایت آب برای کاربران مختلف، کیفیت اکوسیستم، مصرف منابع و سلامت انسان است. همچنین اثرات محیط‌زیستی با شناسایی و کمی‌سازی انرژی و مواد مصرف‌شده و ضایعات رها شده به محیط در طول کل چرخه عمر

ارزیابی می‌شود. آب شیرین به‌عنوان یک منبع، کارکردهای اساسی برای انسان و محیط‌زیست فراهم می‌کند. با استفاده از ارزیابی چرخه عمر اهمیت جهانی و منطقه‌ای منابع آب شیرین و دسترسی محدود آنها در سطح جهانی بهتر تشخیص داده شد (Joliet و Stewart، ۲۰۰۴) و نیاز به ارزیابی مصرف منابع آب ناشی از تأثیرات اقتصادی، جمعیتی و تغییرات آب و هوایی را به وضوح بیان کرد (Joliet و همکاران، ۲۰۰۳). تا به امروز هیچ استاندارد پذیرفته شده‌ای برای گزارش مصرف آب در ارزیابی چرخه عمر وجود ندارد (Koehler، ۲۰۰۸). رویکردهای چرخه عمر با ارائه اطلاعات بهتر باعث می‌شود تا این برنامه به‌عنوان استراتژی‌های ملی و بین‌المللی برای توسعه پایدار در نظر گرفته شود. شکل (۵) فراوانی تحقیقات انجام شده در حوزه آب را برای سال‌های بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. نمودار ستونی هر یک از سال‌های مختلف نشان از توجه و توسعه ارزیابی چرخه عمر در این علم دارد. با بررسی تعداد پژوهش‌های انجام شده روی ارزیابی چرخه عمر و موضوعات مختلف مانند تصفیه فاضلاب و ... بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲، شکل (۶) نشان می‌دهد بیشتر مطالعات انجام شده بر موضوع تصفیه فاضلاب (۲۲۰ مقاله) متمرکز بود و کمترین درصد مطالعات انجام شده مربوط به مهندسی رودخانه است. در جدول (۳) تحقیقات انجام شده در موضوعات مختلف حوزه آب و ارزیابی چرخه عمر مطالعه شده است. ارزیابی چرخه عمر برای مقایسه فرآیندهای جایگزین تصفیه فاضلاب برای جوامع روستایی و شهری استفاده می‌شود. در کاربرد ارزیابی چرخه عمر در تصفیه فاضلاب نتایج مطالعات نشان داد رایج‌ترین نوع پساب در مقالات بررسی شده، پساب شهری است. از نظر نوع فرآیند به‌کار رفته در تصفیه فاضلاب بیشترین فرآیند مورد استفاده، لجن فعال بیولوژیکی بود (شکل ۷). در فرآیندهای تصفیه فاضلاب با کاربرد ارزیابی چرخه عمر در ابتدا هر یک از فناوری‌های مورد استفاده را در نظر گرفته و فاکتورها و فرآیندهای وابسته به هر فناوری شناسایی می‌شود. بنابراین انتخاب فناوری و شناسایی فاکتورهای مؤثر اولین مرحله است و در مرحله بعد مرز سیستم (مانند تولید مواد خام، ساخت و عملکرد) تعیین می‌شود.

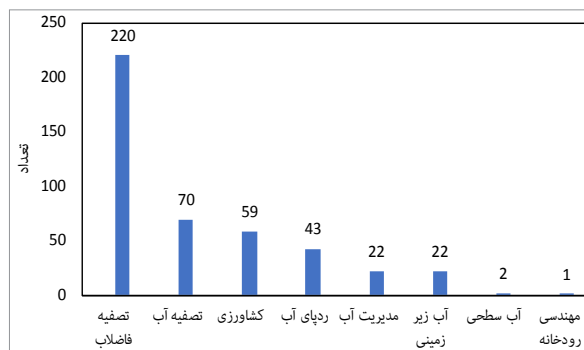


شکل ۵- فراوانی مقالات بررسی ارزیابی چرخه عمر در حوزه علوم و مهندسی آب در سال‌های مختلف (۲۰۰۰-۲۰۲۲)

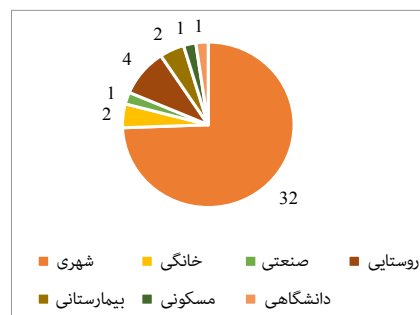


شکل ۸- توزیع جغرافیایی مطالعات ارزیابی چرخه عمر در موضوع فرآیند نمک زدایی آب

با افزایش نگرانی‌ها در مورد کاهش منابع طبیعی و تخریب محیط زیست مطالعات در مورد فرایندها و روش‌های مختلف تصفیه آب و فاضلاب و نمک‌زدایی، باتوجه به پایداری محیط‌زیستی این فرایندها در حال افزایش است. در کاربرد ارزیابی چرخه عمر، منابع آبی مختلفی مورد توجه محققان قرار گرفته و فرایندهای مختلفی برای تصفیه این نوع منابع اتخاذ نموده‌اند. مطالعات انجام شده تصفیه فاضلاب و نمک‌زدایی آب بر روی منابع آبی و روش ارزیابی مختلف همراه با هدف و نتایج به دست آمده در جدول (۴) ارائه شده است. عوامل مختلفی در این مطالعات از جمله نوع فرآیند، مصرف انرژی، تأسیسات به کار رفته در نظر گرفته شده است. Christensen و همکاران (۲۰۰۷) یک دسته اثر جدید "منابع آب زیرزمینی ناسالم" را در مدل LCA خود با عنوان ارزیابی محیط‌زیستی سیستم‌ها و فناوری‌های زباله جامد معرفی کردند تا اثر آلودگی غیررسمی نمک‌های شسته شده از محل‌های دفن زباله و پسماندهای مورد استفاده در ساخت‌وساز را در نظر بگیرند. فاکتورهای مشخصه مربوطه برای هر نمک محاسبه شد. آنها حجم آب زیرزمینی را که به دلیل آلودگی نمکی به ازای واحد جرمی نمک وارد آب زیرزمینی شده و در نتیجه برای آب آشامیدنی نامناسب است، بیان کردند. Hellweg و همکاران (۲۰۰۵) روشی را برای در نظر گرفتن لایه‌های عمیق خاک و آب‌های زیرزمینی برای شستشوی فلزات سنگین از محل‌های دفن زباله ارائه کردند. آنها محیط زیرسطحی را به سه بخش فرعی تقسیم کردند: خاک فوقانی، خاک عمیق و آب زیرزمینی و یک مدل وابسته به مکان را تنظیم کردند که زمان انتقال به آب‌های زیرزمینی را تابعی از نرخ نفوذ، جریان منافذ درشت و pH توصیف می‌کند. کاربرد ارزیابی چرخه عمر به منابع آب، تصفیه آب و فاضلاب و روش‌های مورد استفاده، نمک‌زدایی و ... خلاصه نمی‌شود. مطالعه ارزیابی چرخه عمر حتی در بحث تأسیسات تصفیه‌خانه‌ها و تجهیزات مورد استفاده برای احیای آب بررسی شده است. نمونه‌ای از این مطالعات در جدول (۵) آمده است.



شکل ۶- تعداد مقالات ارزیابی چرخه عمر منتشر شده در بخش آب و عمران بین سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۲۲



شکل ۷- فراوانی انواع فاضلاب مورد مطالعه در ارزیابی چرخه عمر تصفیه فاضلاب

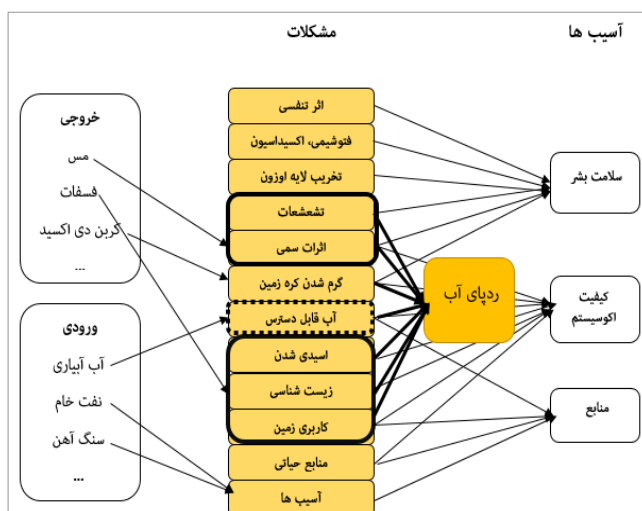
یکی دیگر از مطالعات مهم انجام شده در حوزه آب و محیط‌زیست با استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر، مطالعه نمک‌زدایی آب (آب زیرزمینی، دریا و ...) است. شکل (۸) توزیع جغرافیایی مطالعات ارزیابی چرخه عمر بر روی فناوری نمک‌زدایی را نشان می‌دهد. بیشتر مطالعات ارزیابی چرخه عمر در اسپانیا (۱۷ مطالعه) انجام شد. کشور اسپانیا به دلیل اینکه با تنش آبی روبه‌رو است و برخی از مناطق آن از کمبود آب رنج می‌برند، بزرگترین کشور در استفاده از روش نمک‌زدایی است. چندین تأسیسات نمک‌زدایی در این مناطق برای تامین آب آشامیدنی برای مصرف انسان ایجاد شده است. در این بررسی، ۱۲ مطالعه ارزیابی چرخه عمر از این مناطق وجود داشت که به عملکرد فرآیند نمک‌زدایی از نظر جنبه‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی پرداختند. برای مدیریت کم آبی باید عوامل مهمی در رابطه با شرایط محلی از جمله توپوگرافی، منابع مالی، ظرفیت فنی و نهادی و میزان کمبود آب در نظر گرفته شود (Karami, ۲۰۱۵). با در نظر گرفتن ارزیابی چرخه عمر در برنامه توسعه پایدار و سایر روش‌های ارزیابی پایداری به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا روندهای آینده در فناوری نمک‌زدایی را در چارچوب منطقی پایدار ارائه دهند.

جدول ۳- مطالعات انجام شده با روش‌های مختلف ارزیابی چرخه عمر در حوزه مدیریت آب

محقق	موقعیت مکانی	مرز سیستم	موضوع تحقیق	روش ارزیابی
Karami, (۲۰۱۵)	ایران	گهواره تا ورودی	نمک‌زدایی آب کشاورزی برای زمین با محصول گوجه فرنگی	SimaPro 7
Cherif و همکاران (۲۰۱۶)	تونس	گهواره تا ورودی	پمپاژ آب و نمک‌زدایی با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر	GT PRO
Shahabi و همکاران (۲۰۱۷)	استرالیا	گهواره تا ورودی	نمک‌زدایی آب دریا	CML 2001
Opher و همکاران (۲۰۱۸)	برزیل	گهواره تا گهواره	بازچرخانی آب شهری	SimaPro v8.1
Ronquim و همکاران (۲۰۱۹)	برزیل	گهواره تا ورودی	تصفیه فاضلاب	GaBi, CML 2001
Al-Kaabi و Mackey (۲۰۱۹)	قطر	گهواره تا ورودی	نمک‌زدایی آب دریا به روش اسمز معکوس	GaBi

جدول ۴- کاربرد ارزیابی چرخه عمر در مطالعات تصفیه فاضلاب و نمک‌زدایی آب

محقق	منبع آب	روش/نرم افزار LCA	اهداف و نتایج مطالعه
Sombekke و همکاران (۱۹۹۷)	آب زیرزمینی	LCAqua (بر مبنای SimaPro) Ecoindicator99	مقایسه مراحل تصفیه فاضلاب (شفاف‌سازی، فیلتراسیون، گندزدایی و جذب) بیشترین عامل تأثیرگذار روی هر یک از فرایندها مصرف برق بود.
Mohapatra (۲۰۰۲)	آب زیرزمینی	Ecoindicator99 LCAqua (بر مبنای SimaPro)	مقایسه دو تصفیه‌خانه یکی با استفاده از روش‌های مرسوم و دیگری با اعمال روش دو مرحله RO. این دو نیروگاه اثرات مشابهی را به‌دست آورده‌اند، همچنین مصرف برق مهمترین جنبه محیط‌زیستی در هر دو تصفیه‌خانه بود.
Lundie و Beavis (۲۰۰۳)	-	CML Gabi	مقایسه جایگزین‌های ضد عفونی کننده در تصفیه فاضلاب
Friedrich و همکاران (۲۰۰۷)	رودخانه	CML Gabi	مقایسه تصفیه‌خانه با روش‌های مرسوم در مقابل تصفیه‌خانه با روش اولترافیلتراسیون.
Vince و همکاران (۲۰۰۸)	آب زیرزمینی / دریا/آب سطحی	IMPACT2002+ Gabi	مدل‌سازی LCI مراحل تصفیه.
Raluy و همکاران (۲۰۰۵؛ ۲۰۰۴)	دریا/رودخانه	Eco-Indicator99 Eco-Points 97 CML SimaPro	مقایسه فناوری‌های نمک‌زدایی (تقطیر چند مرحله‌ای، تقطیر چند اثر و RO) تأثیر منابع مختلف انرژی (برق و گرما) بر تأثیرات فناوری‌های نمک‌زدایی بررسی شد.
Horvath و Stokes (۲۰۰۶)	رودخانه / دریا/بارندگی / آب بازیافتی	EIO-LCA(Economic) Input-Output WEST (Gabi)	تمرکز بر اثرات مصرف انرژی سیستم‌های تامین آب (نمک‌زدایی، انتقال و استفاده مجدد).
Horvath و Stokes (۲۰۰۹)	رودخانه / دریا/بارندگی / آب بازیافتی	EIO-LCA (Economic Input-Output) WEST (Gabi)	مطالعه مقایسه گزینه‌های مختلف نمک‌زدایی آب‌های زیرزمینی شور؛ بازیافت فاضلاب برای مصارف شرب
Igos و همکاران (۲۰۱۴)	آب تصفیه شده	+IMPACT۲۰۰۲	مقایسه دو تصفیه‌خانه از نظر زیرساخت نسبت به مراحل تصفیه و سهم زیاده تولید شده مانند لجن و اثر آن بر محیط‌زیست. نتایج نشان داد در صورتی که المان‌های ساختمان تصفیه‌خانه فقط در طول ۱۵ سال استفاده شوند، تأثیرات زیرساختی می‌تواند بسته به روش ارزش‌گذاری و محل بین ۵ تا ۳۰ درصد افزایش یابد، اما برای یک عمر ۴۵ ساله ساختمان تصفیه‌خانه، اثرات آن به ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.
Capa و همکاران (۲۰۲۲)	آب تصفیه شده	CML	بررسی ارزیابی محیط‌زیستی و اقتصادی بر مبنای ارزیابی چرخه عمر در تصفیه فاضلاب صنعتی و آب بازیافتی. نتایج ارزیابی چرخه عمر نشان داد، پتانسیل تخلیه غیرزیستی سوخت فسیلی (۱۴/۱ درصد)، پتانسیل گرمایش جهانی (۹/۶ درصد) پتانسیل اکوسمیت دریایی (۴۳/۹ درصد)، پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی (۹/۴ درصد)، پتانسیل اسیدی شدن (۱۶/۹ درصد) مؤثرترین عوامل در روش CML هستند.



شکل ۹- اثرات در نظر گرفته شده در ارزیابی چرخه عمر از جنبه‌های مختلف آب و محیط‌زیست

جدول ۵- کاربرد ارزیابی چرخه عمر در تحلیل و برنامه‌ریزی تأسیسات آب

موقعیت مطالعه موردی	اهداف مطالعه و نتایج	محقق
ایتالیا	مقایسه اثرات تأسیسات آب	Tarantini و Ferri (۲۰۰۱)
سیدنی، استرالیا	مقایسه و پیش‌بینی پایداری نسبی اجزای تأسیسات آب تحت سناریوهای مختلف	Lundie و همکاران (۲۰۰۴)
بلژیک	تعیین اثرات محیط‌زیستی استفاده از یک متر مکعب آب از ایستگاه پمپاژ به تصفیه‌خانه فاضلاب	Lassaux و همکاران (۲۰۰۷)

ارزیابی چرخه عمر و رد پای آب^{۱۶}

یکی از مطالعات مهم انجام شده در حوزه آب، رد پای آب است. رد پای آب کسری از تأثیرات مرتبط به استفاده از آب و اثر مقابل آن بر دسترسی به آب، انسان، اکوسیستم و همچنین تأثیرات مستقیم بر منابع آب و مصرف‌کنندگان است. این موارد با استفاده از ارزیابی چرخه عمر (به‌عنوان مثال، اوتروپیکاسیون آب شیرین، اسیدی شدن آب شیرین، سمیت انسانی، سمیت محیط‌زیستی) اندازه‌گیری می‌شوند. رد پای آب ممکن است به‌عنوان نتیجه یک ارزیابی مستقل یا به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از نتایج یک ارزیابی محیط‌زیستی بزرگتر، مانند LCA ارائه شود. دستورالعمل‌های ارزیابی رد پای آب در سند فعلی ISO 14046 DIS2 (در تاریخ آوریل ۲۰۱۴) تعریف شده است (ISO، ۲۰۰۶). طبق این سند، «رد پای کمبود آب» و «رد پای در دسترس بودن آب» تنها اثرات مربوط به استفاده از آب را ارزیابی می‌کند، درحالی‌که رد پای آب همه اثرات مربوط به آب را ارزیابی می‌کند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه ارزیابی چرخه عمر و رد پای آب در بخش تولید گیاهان زراعی به‌عنوان یکی از منابع مهم در انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی با استفاده از موادی مانند نانوسیلیس و نانوکلات پتاسیم پرداختند. در این تحقیق از نرم‌افزار SimaPro استفاده شد. با ارزیابی چرخه عمر مربوط به رد پای آب نتایج تحقیق آنها نشان داد بیشترین انتشار کربن دی اکسید در دور آبیاری با فواصل دو و چهار روز یکبار به‌دست آمد. اثرات در نظر گرفته شده در ارزیابی تأثیر چرخه عمر شامل تغییرات آب‌وهوایی، تخریب لایه ازن، اوتروپیکاسیون، اسیدی شدن، سمیت انسانی (سرطانی و غیر مرتبط با سرطان) با مواد معدنی تنفسی، تشعشعات یونی، سمیت محیط‌زیست، تشکیل ازن فتوشیمیایی، کاربری زمین و کاهش منابع است (شکل ۹). در مورد اثرات تغییر اقلیم و گرمایش زمین، در حال حاضر مطمئن‌ترین راه برای ارزیابی پایداری محیط‌زیست انجام تجزیه و تحلیل چرخه عمر است.

عدم قطعیت، که ممکن است نادیده گرفته شود، یکی از عوامل کلیدی موثر بر قابلیت اطمینان نتایج ارزیابی چرخه عمر است. منابع متعدد عدم قطعیت در ارزیابی چرخه عمر به روش‌های مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند، مانند عدم قطعیت پارامتر و مدل، انتخاب‌ها، تغییرپذیری مکانی، تغییرپذیری زمانی، تغییرپذیری بین منابع و اشیاء و غیره. انواع عدم قطعیت در نتایج ارزیابی چرخه عمر به شرح زیر است (Cooke و Bedford، ۲۰۰۱؛ Bevington و Robinson، ۲۰۰۲؛ Funtowicz و Ravetz، ۱۹۹۳؛ Hofstetter، ۲۰۰۰؛ Cooke و Bedford، ۲۰۰۱):

- خطاهای سیستماتیک و خطاهای تصادفی
- عدم قطعیت پارامتر، عدم قطعیت مدل، عدم قطعیت ناشی از انتخاب، تنوع مکانی، تنوع زمانی و تغییرپذیری بین منابع و اشیاء
- عدم قطعیت داده، عدم قطعیت مدل و عدم قطعیت کامل
- تنوع آماری، قضاوت ذهنی، عدم دقت زبانی، تنوع، تصادفی ذاتی، اختلاف نظر و تقریب
- نادیده گرفتن فرآیندهای غیرخطی، فقدان داده‌های فرآیند، عدم وجود جزئیات مکانی در مورد انتشار
- عدم تعامل با سایر آلاینده‌ها، عدم مدل‌سازی متابولیت‌ها و هیچ اطلاعاتی در مورد حساسیت محیط دریافت‌کننده وجود ندارد
- عدم وجود اطلاعات در مورد خواص مواد

نتیجه‌گیری

در این مقاله پژوهش‌های انجام شده بر ارزیابی چرخه عمر در حوزه آب و محیط‌زیست در ایران و سایر کشورهای جهان بررسی شد. کاربرد ارزیابی چرخه عمر بر روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب، نمک‌زدایی، آب‌یرزمینی با معرفی نرم‌افزارهای مورد استفاده و

7-Google scholar.com	8-WWW.noormags.ir
9-WWW.Springer.com	10-Cradle to grave
11-Cradle to gate	12-Cradle to cradle
13-Gate to gate	14-Well to wheel
15-Life cycle cost analysis	16-Water Footprint

منابع

- دکامین، م.، برمکی، م.، کانونی، ا. و موسوی مشکینی، س. م. ۱۳۹۸. ارزیابی اثرات محیط زیستی و رد پای آب گیاه زراعی سویا در مزارع اردبیل. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۱(۸): ۱۷۵-۱۸۴. [10.22034/jest.2020.21113.3011](https://doi.org/10.22034/jest.2020.21113.3011)
- ابراهیمی، م.، دستان، س. و یدی، ر. ۱۳۹۷. ارزیابی چرخه حیات رد پای اکولوژیک آب در تولید گندم تحت اثر رژیم های آبیاری با کاربرد نانوسیلیس و نانو کلات پتاسیم در منطقه بوشهر. نشریه علمی تولید گیاهان زراعی، ۱۱(۴): ۷۱-۸۸.
- Al-Kaabi A.H. and Mackey H.R. 2019. Environmental assessment of intake alternatives for seawater reverse osmosis in the Arabian Gulf. *Journal of Environmental Management*, Vol.242: 22-30. doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.051
- Beavis P. and Lundie S. 2003. Integrated Environmental Assessment of Tertiary and Residuals Treatment-LCA in the Wastewater Industry. *Journal of Water Science Technology*, 47(7): 109-116. [DOI:10.2166/wst.2003.0678](https://doi.org/10.2166/wst.2003.0678)
- Bedford T. and Cooke R. 2001. Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods. Cambridge University Press: Cambridge. 1st ed. Cambridge, United Kingdom.
- Bevington P. and Robinson D.K. 2002. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. McGraw-Hill Education. 3rd Edition. Boston, MA, USA.
- Çapa S., Özdemir A., Günkaya Z., Özkan A. and Banar M. 2022. Environmental and economic assessment based on life cycle approaches for industrial wastewater treatment and water recovery. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103002>
- Cherif H., Champenois G. and Belhadj J. 2016. Environmental life cycle analysis of a water pumping and desalination process powered by intermittent renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59: 1504e1513. doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.094.
- Christensen TH., Bhander G., Lindvall H., Larsen AW., Fruergaard T., Damgaard A., Manfredi S., Boldrin A., Riber C. and Hauschild M. 2007. Experience with the

مقایسه نتایج به دست آمده ارائه شد. هر پژوهشگر باتوجه به هدف، مرحله و مسیر مورد نظر، هر یک از روش های ارزیابی چرخه عمر از جمله گهواره تا گور، گهواره تا گهواره و ورودی را به کار گرفته است. از جمله پر کاربردترین نرم افزارها برای ارزیابی چرخه عمر، نرم افزار SimaPro است که به دلیل داشتن راهنمای قوی برای کاربران و تجزیه تحلیل نقاط ضعف و عدم نیاز به سخت افزار پیشرفته در تصفیه پسماند و سناریوهای بازیافت بسیار مورد توجه است. این دسته از مطالعات ارزیابی چرخه عمر در ایران و در حوزه علوم آب در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است و کاربرد آن در فرآیندهای تصفیه فاضلاب سبب انتخاب روش مناسب باتوجه به مسائل اقتصادی و محیط زیست می شود. در میان جایگزین های تامین آب، نرم زدایی بیشترین میزان را داشت. بنابراین، طراحان، دست اندرکاران، مدیران و اپراتورهای آب و برق، ذی نفعان آب، و سیاست گذاران یا تصمیم گیرندگان باید تلاش های لازم را انجام دهند. علاوه بر این، دانش و آموزش نیز برای به کارگیری یک رویه پایدار و معرفی معیارهای عملکرد محیط زیستی در فرآیند تصمیم گیری مهم هستند و ارزیابی چرخه عمر نشان دهنده اولین گام به سوی ارزیابی سیستماتیک و جامع عملکرد محیط زیستی در سیستم تامین آب شیرین است. نتایج ارزیابی چرخه عمر به محققان بینش عالی برای نوآوری، باتوجه به هدف تحقیق را ارائه می دهد. مانند هر روش علمی، همیشه محدودیت هایی وجود دارد که باید از آنها آگاه شد. در مورد ارزیابی چرخه عمر، این محدودیت ها عبارتند از: ۱) مطالعات مربوط به تولید محصول یا اجرای یک طرح محل وقوع آنها را در نظر نمی گیرد، که باید از طریق ارزیابی خطر جداگانه بررسی شود. ۲) کیفیت داده های موجود: بدیهی است که این مسئله اعتبار کل ارزیابی چرخه عمر را تعیین می کند. قابلیت اطمینان نمرات محیطی به مهارت متخصصان ارزیابی چرخه عمر به کار گرفته شده بستگی دارد. تصمیمات سرمایه گذاری به دلیل مدت زمانی که ارزیابی چرخه عمر طول می کشد به تعویق می افتد. برای غلبه بر این محدودیت ها، هماهنگ سازی مطالعات ارزیابی چرخه عمر با دستورالعمل های عمومی پذیرفته شده، تغییرات در مطالعات ارزیابی چرخه عمر را کاهش می دهد.

پی نوشت

- 1-EIA: Environmental Impact Assessment
- 2-LCA: Life Cycle Assessment
- 3-UNEP: United Nations Environment Program
- 4-SETAC: Society for Environmental Toxicology and Chemistry
- 5-LCSA: Life Cycle Sustainability Analysis
- 6-WWW.Sciencedirect.com

- Motoshita M. Itsubo N. and Inaba A. 2008. Development of impact assessment method on health damages of undernourishment related to agricultural water scarcity. In Proceedings of the Eighth International Conference on EcoBalance. Tokyo, Japan.
- Opher T., Friedler E. and Shapira A. 2018. Comparative life cycle sustainability assessment of urban water reuse at various centralization scales. *International Journal Life Cycle Assess*, 24: 1319e1332. [10.1007/s11367-018-1469-1](https://doi.org/10.1007/s11367-018-1469-1)
- Raluy R.G., Serra L., Uche J. and Valero A. 2004. Life Cycle Assessment of Desalination Technologies Integrated with Energy Production Systems. *Desalination*, 167: 445–458. doi.org/10.1016/j.desal.2004.06.160
- Raluy R.G., Serra L. and Uche J. 2005. Life Cycle Assessment of Desalination Technologies Integrated with Renewable Energies. *Desalination*, 183: 81–93.
- Ronquim F.M., Sakamoto H.M., Mierzwa J.C., Kulay L., Seckler M.M. 2019. Ecoefficiency analysis of desalination by precipitation integrated with reverse. osmosis for zero liquid discharge in oil refineries. *Clean. Prod*, 250: 119547. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119547
- Shahabi M.P., Mchugh A., Anda M. and Ho G. 2017. A framework for planning sustainable seawater desalination water supply. *Sci. Total Environ*, 575: 826-835. [10.1016/j.scitotenv.2016.09.136](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.136)
- Stewart M. and Jolliet O. 2004. User needs analysis and development of priorities for life cycle impact assessment. *International Journal LCA*, 9: 153–160. doi.org/10.1007/BF02994189
- Stokes J. and Horvath A. 2006. Life Cycle Energy Assessment of Alternative Water Supply Systems. *International Journal L.C.A.*, 11 (5): 335 – 343.
- Stokes J. and Horvath A. 2009. Energy and Air Emission Effects of Water Supply. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 2680–2687. [10.1021/es801802h](https://doi.org/10.1021/es801802h)
- Tarantini M. and Federica F. 2001. LCA of Drinking and Wastewater Treatment Systems of Bologna City. Final results, in IRCEW Conference. Fortaleza, Brazil.
- Vince F., Aoustin E., Bréant P., Marechal F. 2008. LCA tool for the environmental evaluation of potable water production. *Desalination*, 220(1-3): 37-56. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.021>
- WOOD C. 2002. Environmental Impact Assessment: a Comparative Review. 2nd edition. Prentice Hall. Harlow, England.
- use of LCA-modelling (EASEWASTE) in waste management. *Journal of Waste Management Research*, 25: 257–262. [10.1177/0734242X07079184](https://doi.org/10.1177/0734242X07079184)
- Friedrich E., Pillay S., Buckley C.A. 2007. The Use of LCA in the Water Industry and the Case for an Environmental Performance Indicator. *Water SA*, 33(4): 443–451. [10.4314/wsa.v33i4.52938](https://doi.org/10.4314/wsa.v33i4.52938)
- Funtowicz, S.O. and Ravetz, J.R. 1993. Science for the Post-Normal Age. *Futures*, 25: 739–755.
- Hellweg S., Fischer U., Hofstetter TB. and Hungerbuhler K. 2005. Site-dependent fate assessment in LCA: transport of heavy metals in soil. *Journal of Cleaner Production*, 13(4): 341–361. doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.10.003
- Hofstetter P. 2000. Perspectives in Life Cycle Impact Assessment: A Structured Approach to Combine Models of the Technosphere, Ecosphere, and Valuesphere. *International Journal of Life Cycle Assess*, 5: 58. doi.org/10.1007/978-1-4615-5127-0
- Igos E., Benetto E., Meyer R., Baustert P. and Othoniel B. 2019. How to Treat Uncertainties in Life Cycle Assessment Studies? *International Journal Life Cycle Assess*, 24: 794–807. doi.org/10.1007/s11367-018-1477-1
- Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G. and Rosenbaum R. 2003. IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology. *Int J LCA* 8, 324–330. doi.org/10.1007/BF02978505
- Karami E. 2015. A Human Ecology Approach to Water Scarcity in the Context of the MENA Countries. *Ecological Society of America 100th Annual Meeting*, Baltimore, Maryland. [10.4236/jwarp.2013.54A008](https://doi.org/10.4236/jwarp.2013.54A008)
- Koehler A. 2008. Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources. *International Journal Life Cycle Assess*, 13: 451–455. [doi:10.1007/s11367-008-0028-6](https://doi.org/10.1007/s11367-008-0028-6).
- Lassaux S., Renzoni R. and Germain A. 2007. Life Cycle Assessment of Water from the Pumping Station to the Wastewater Treatment Plant. *International Journal of L.C.A.*, 12(2): 118–126. doi.org/10.1065/lca2005.12.243
- Lundie S., Peters G.M. and Beavis P.C. 2004. Life Cycle Assessment for Sustainable Metropolitan Water Systems Planning. *Environ. Sci. Technol.*, 38: 3465–3473. doi.org/10.1021/es034206m
- Mohapatra P.K. 2002. Improving Eco-Efficiency of Amsterdam Water Supply: a LCA Approach. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 51(4): 217–227. [10.2166/aqua.2002.0019](https://doi.org/10.2166/aqua.2002.0019)

Groundwater-Drought Conjunctive Management: A review of California Experiences

N. Gazor Habibabadi^{1*}, H. Derakhshan¹

1- PhD Student, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: najmegazor@gmail.com)

Received: 26-02-2023

Revised: 26-05-2023

Accepted: 31-05-2023

Available Online: 20-06-2023

مدیریت توأم آب زیرزمینی-خشکسالی: مروری بر تجارب کالیفرنیا

نجمه گازر حبیب آبادی^{۱*}، هاشم درخشان^۱

۱- دانشجوی دکترا، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: najmegazor@gmail.com)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

Abstract

Iran is located in an arid and semi-arid region, where a large part of its water needs is provided by groundwater resources. In severe and prolonged periods of drought when it is not possible to supply water from surface water resources; Groundwater will be the only source of water supply. Not paying attention to demand management and not controlling over-harvesting during the drought period can further reduce the groundwater storage. Preventive strategies are necessary to reduce the effects of drought and protect groundwater. But unfortunately, most of the strategies to reduce the destructive effects of drought are passive (or reactive) and seek to supply water shortages from groundwater resources during the drought period, and attention to the active strategies of combined groundwater-drought management has been neglected. Therefore, due to the increase of severe and long-term droughts under climate change, it is necessary to pay attention to active strategies and new approaches. Demand management and harvesting reduction as a proactive approach can reserve groundwater in normal and wet years and increase drought resistance by preserving underground resources and ensure water supply security during severe droughts. This article is compiled in two parts in order to explain this approach. The first part describes the planning of related organizations for the combined management of drought and groundwater, and in the second part, the new approaches implemented in California as well as its application in Iran are explained.

Keywords: Drought Reserve, Water Supply, Groundwater, Climate Change, Resilience.

چکیده

کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده، که بخش بزرگی از نیازهای آبی آن از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. در دوره‌های خشکسالی شدید و طولانی مدت که امکان تأمین آب از منابع آب سطحی وجود ندارد؛ آب زیرزمینی یگانه منبع تأمین آب خواهد بود. عدم توجه به مدیریت تقاضا و کنترل اضافه برداشت می‌تواند تنش آبی ایجاد شده را با کاهش ذخیره آب زیرزمینی تشدید نماید. لذا برای کاهش اثرات مخرب خشکسالی و حفاظت از آب زیرزمینی نیاز به استراتژیهای پیشگیرانه ضروری است. اما متأسفانه اکثر استراتژی‌های کاهش اثرات مخرب خشکسالی منفعلانه بوده و بر تأمین کمبود آب ایجاد شده در دوره خشکسالی، از منابع آب زیرزمینی تمرکز دارد و از توجه به مدیریت توأم آب زیرزمینی-خشکسالی غفلت شده است. باتوجه به اثر پدیده تغییرات اقلیم بر افزایش شدت و تواتر وقایع حدی که موجب افزایش احتمال وقوع خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت می‌شود، ضروری است به استراتژی‌های فعال در این زمینه توجه ویژه شود. رزرو آب زیرزمینی در سال‌های نرمال و مرطوب، از طریق مدیریت تقاضا و کاهش برداشت، به‌عنوان رویکردی فعالانه می‌تواند علاوه بر حفظ آب زیرزمینی، مقاومت در برابر خشکسالی را افزایش داده و امنیت تأمین آب در طول خشکسالی‌های شدید را بهبود بخشد. این مقاله در راستای تشریح این رویکرد در دو بخش تدوین شده است. بخش اول به تشریح نحوه برنامه‌ریزی سازمان‌های مرتبط برای مدیریت توأم خشکسالی و آب زیرزمینی پرداخته و در بخش دوم سعی شده رویکردهای جدید در حال انجام در کالیفرنیا تبیین شده، و همچنین کاربرد آن در ایران تشریح شود.

واژه‌های کلیدی: رزرو خشکسالی، تأمین آب، آب زیرزمینی، تغییر اقلیم، تاب‌آوری.

آب زیرزمینی یک منبع حیاتی و ضروری برای میلیاردها نفر در سراسر جهان است. اهمیت این منبع حیاتی در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل دسترسی بسیار کم به منابع آب سطحی دوچندان است. لذا در صورت وقوع خشکسالی شدید و طولانی مدت (ابر خشکسالی)^۱ که منابع آب سطحی به شدت کاهش یافته و از دسترس خارج می شوند آب زیرزمینی به یگانه منبع تأمین آب تبدیل خواهد شد (Langridge و Fend، ۲۰۲۰). همچنین باتوجه به رشد سریع جمعیت اهمیت استراتژیک آب زیرزمینی برای امنیت جهانی آب و غذا، تحت تغییرات اقلیمی، تشدید خواهد شد. آب های زیرزمینی به عنوان تنها منبع دائمی آب شیرین در بسیاری از مناطق، برای امنیت تأمین آب بسیاری از جوامع، اهمیت حیاتی دارد (Taylor و همکاران، ۲۰۱۳؛ Cuthbert و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین آب زیرزمینی یک منبع مهم برای مدیریت اثرات خشکسالی در طول تاریخ بوده است و این وابستگی با تغییر اقلیم افزایش یافته است (Green و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین مدیریت خشکسالی و مدیریت آب های زیرزمینی به شدت به یکدیگر وابسته بوده و باید به عنوان یک سیستم یکپارچه در نظر گرفته شوند (Petersen-Perlman و همکاران، ۲۰۲۲). اما متأسفانه امروزه در بسیاری از نقاط جهان به دلیل رویکرد عرضه محور در بخش آب نرخ پمپاژ آب های زیرزمینی از نرخ تغذیه طبیعی بیشتر شده و این منابع حیاتی دچار کاهش جبران ناپذیر ذخیره آبی شده است در شرایط کنونی که در دسترس بودن آب های سطحی به دلیل تغییر اقلیم تحت تأثیر قرار گرفته و افراد و بخش های بیشتری به آب های زیرزمینی به عنوان منبع تأمین آب متکی هستند و در عین حال، تغذیه آب های زیرزمینی کاهش یافته است و منابع محدودی برای استفاده مصرفی و برای اکوسیستم ها وجود دارد چگونگی تأثیر ابرخشکسالی های پیش بینی شده، تحت شرایط تغییر اقلیم بر ذخیره آب زیرزمینی و شیوه های مدیریتی برای بهبود پایداری آب های زیرزمینی تبدیل به مسئله ای مهم شده است (Fend و Langridge، ۲۰۲۰). این مقاله در راستای تشریح مدیریت توأم خشکسالی و آب زیرزمینی برای رسیدن به دو هدف حفاظت از منابع آب زیرزمینی و کاهش اثرات مخرب خشکسالی تدوین شده است. برای این منظور ابتدا رویکرد عرضه محور و رویکرد تقاضا محور در بحث مدیریت منابع آب زیرزمینی به منظور در نظر گرفتن وضعیت کنونی منابع آبی و همچنین توجه به سرعت تجدیدپذیری آن ها و محدودیت های برداشت تشریح شد و در گام دوم از آنجایی که آب زیرزمینی در دوران خشکسالی منبعی مورد توجه برای تأمین آب خواهد بود به مفهوم رزرو خشکسالی^۲ برای استفاده از آب زیرزمینی در زمان خشکسالی پرداخته شد. در نهایت به بیان جزئیاتی از انجام این نوع مدیریت پرداخته و مثال هایی موفق در این زمینه ارائه شده است.

خشکسالی یکی از پیچیده ترین مخاطرات طبیعی است که فراوانی و شدت این رخداد طبیعی تحت تأثیر تغییر اقلیم در حال افزایش بوده و نقش حیاتی در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب دارد و به منظور کاهش اثرات آن باید رویکردهای مدیریت ریسک مورد توجه قرار گیرد. تدوین طرح های ملی خشکسالی و اندازه گیری پایداری در اجرای طرح ها برای کاهش اثرات نامطلوب دوره های خشکسالی حیاتی است (Karadirek، ۲۰۲۲). روند جاری تغییر اقلیم (که بنابر مدل سازی های اخیر تا سال ۲۱۰۰ ادامه خواهد داشت)، موجب افزایش دما در اکثر مناطق ایران و به ویژه در مرکز و شرق کشور خواهد شد. افزایش دما در فصول زمستان و بهار بیشتر شده و موجب افزایش سهم تبخیر و تبخیر تعرق از بارش ها (و کاهش تجدیدپذیری منابع آب) می شود. توجه به این روند و برآورد اثر آن بر تجدیدپذیری منابع آب زیرزمینی، آشکار می سازد که اگر مدیریت آب های زیرزمینی بر همین منوال باشد، روند پیامدهای نامطلوب تشدید خواهند شد. علاوه بر این، روند تغییر اقلیم منجر به تشدید رخداد های فرین گشته و خواهد شد (داوری، ۱۴۰۰). برای انطباق با تغییرات جهانی اقلیم باید آب های زیرزمینی مدیریت محتاطانه ای - به عنوان یک منبع تجدیدپذیر با روند کند- داشته باشند. برای این منظور باید شدت و فراوانی دوره های خشک در آینده همراه با روند گرمایش در زمینه منابع آب زیرزمینی مورد توجه قرار گیرد (Green و همکاران، ۲۰۱۱). آمادگی یا برنامه ریزی برای کاهش اثرات خشکسالی به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از سیاست خشکسالی، می تواند رویکردهای مختلفی داشته باشد. توجه به این نکته ضروری است که برنامه ریزی در سطوح چندگانه دولتی از محلی تا ملی انجام شود و اهداف این سیاست ها در سطوح محلی و منطقه ای باید منعکس کننده اهداف سیاست های ملی خشکسالی باشد و ضروری است ذی نفعان در همه سطوح برنامه ریزی تا اجرا مشارکت داشته باشند؛ لذا برای دریافت اثربخشی مناسب باید برنامه ریزی و اجرای طرح های مدیریت خشکسالی در مقیاس حوضه رودخانه رخ دهد. برنامه ریزی خشکسالی را می توان به عنوان اقداماتی که توسط شهروندان، صنعت، دولت و دیگران قبل از وقوع خشکسالی با هدف کاهش اثرات و درگیری های ناشی از خشکسالی انجام می شود، تعریف کرد (Wilhite و همکاران، ۲۰۱۴). جدول (۱) به تشریح مقایسه رویکردهای عرضه و تقاضا محور برای افزایش حفاظت از منابع آب زیرزمینی و کاهش تقاضای آب زیرزمینی پرداخته است.

۱- تبیین اقدامات منفعلانه و فعالانه در مدیریت خشکسالی

پیش بینی ها نشان می دهد طی قرن آینده، کاهش بارندگی های منطقه ای و گرم شدن گسترده تحت تأثیر تغییر اقلیم باعث افزایش شدت و تواتر خشکسالی در بسیاری از نقاط جهان می شود (Cook و همکاران، ۲۰۱۸). برای کاهش آسیب پذیری در مقابل

ابرخشکسالی‌های پیش‌رو، رویکرد مدیریت پیشگیرانه (ریسک) و توسعه استراتژی‌های بلندمدت برای تاب‌آوری در برابر ابرخشکسالی بسیار مهم و ضروری است. ولی معمولاً دستورالعمل‌های دولتی و استراتژی‌های سنتی سازگاری با خشکسالی، واکنشی انفعالی (مبتنی بر مدیریت بحران) داشته و پس از وقوع خشکسالی، طرح‌های اضطراری تهیه و اجرا می‌شوند. مشکل این رویکرد ارائه نکردن اقدامات پیشگیرانه بلندمدت برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر کمبود آب ناشی از ورود به دوره خشکسالی است (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). معمولاً مدیریت با رویکرد انفعالی، شامل استراتژی‌های اضطراری و واکنشی و گاه‌آغلط است که اغلب برای پاسخگویی به تقاضای آب در زمان خشکسالی به کار می‌روند (Petersen-Perlman و همکاران، ۲۰۲۲). در واکنش‌های انفعالی به پدیده خشکسالی، عملاً الگوی مصرف دستخوش تغییر نمی‌شود، بلکه تلاش می‌شود با تأمین منابع جدید (اگرچه به صورت موقت) همچون حفر چاه جدید و افزایش برداشت آب زیرزمینی در زمان عرضه آب مدیریت شود و کاستی‌های آن جبران شود (باقری، ۱۴۰۰). از آنجایی که این رویکرد مبتنی بر اجرای اقدامات پس از شروع دوره خشکسالی است، عموماً به دلیل زمان محدود برای انجام اقدامات، ناکارآمد بوده و بیشتر مبتنی بر اقدامات فوری مثل افزایش برداشت آب زیرزمینی در زمان خشکسالی در کنار اقدامات امدادی مانند کمک‌های نقدی دولت به کشاورزان برای جبران خسارت مالی در رابطه با فاجعه خشکسالی می‌باشد (karadirek، ۲۰۲۲). این اقدامات گاه‌آتبغات جبران‌ناپذیری

همچون سرعت بیشتری کاهش سطح آب سفره‌های زیرزمینی خواهد داشت بنابراین، برای کاهش آسیب‌ها در دوره خشکسالی نیاز به درک بیشتری از نحوه مدیریت مناسب خشکسالی و آب‌های زیرزمینی خواهد بود (Petersen-Perlman و همکاران، ۲۰۲۲). در رویکرد فعالانه در بحث مدیریت خشکسالی، کاهش مصرف آب پاسخ اصلی به مدیریت ریسک در این زمینه خواهد بود و در مقابل، برای بهبود امنیت تأمین آب در طول خشکسالی ایجاد و نگهداری آب تحت عنوان رزرو خشکسالی محلی می‌تواند راه‌گشا باشد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). شدت تأثیر خشکسالی به محیط هیدرولوژیکی منطقه و برنامه‌های قبلی انجام شده برای سازگاری با خشکسالی وابسته است. ایجاد رزرو خشکسالی و اختصاص حجم مشخصی از آب زیرزمینی که برای یک سطح معین از شدت خشکسالی قابل برداشت باشد در سال‌های مرطوب باعث می‌شود این آب در سال‌های خشک در دسترس باشد. بنابراین، ظرفیت رزرو زیاد می‌تواند تأثیر خشکسالی را تعدیل کند. آب زیرزمینی یکی از انواع شناخته شده مخازن است که می‌تواند رزرو تعیین شده را در خود جای دهند. هنگامیکه مقادیر زیادی آب زیرزمینی و سایر اشکال رزرو خشکسالی در دسترس باشد، اثرات خشکسالی را می‌توان تا حدودی کاهش داد. با این وجود، در یک دوره خشکسالی طولانی مدت، نمی‌توان با برداشت از منابع آب رزرو شده نیاز آبی را به‌طور کامل برآورده کرد. بنابراین، مقداری کاهش تقاضا ضروری است (National Research Council، ۲۰۰۵).

جدول ۱- نمونه‌هایی از رویکردهای عرضه محور و رویکردهای تقاضا محور برای کاهش آسیب‌پذیری با مدیریت توأم آب زیرزمینی و خشکسالی (Langridge، ۲۰۱۸)

رویکردهای تقاضا محور	رویکردهای عرضه محور
- کاهش تقاضای آب برای آبیاری با تغییر الگوی کشت، ترکیب محصول، روش آبیاری و نوع کاشت (از مزرعه به گلخانه) - افزایش انگیزه برای کاهش تقاضای آب برای محوطه‌سازی و فضای سبز (ایجاد خشک‌منظر^۲ و چمن مصنوعی) - ایجاد سیستم مجوزدهی یا سایر محدودیت‌های نظارتی در مورد برداشت‌ها - گسترش استفاده از مشوق‌های اقتصادی (مانند اندازه‌گیری برداشت و قیمت‌گذاری) برای تشویق کاهش برداشت	- افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و رزرو آب با ساخت مخازن و سدها - نمک‌زدایی آب دریا - حذف پوشش گیاهی مهاجم غیربومی - توسعه سیستم‌های ذخیره و بازیابی آبخوان با استفاده از تخلیه فاضلاب تصفیه شده - افزایش بازچرخانی آب - توسعه استراتژی‌هایی برای جلوگیری از هدررفت آب‌های زیرزمینی در اثر آلودگی

۲- رزرو خشکسالی رویکردی فعالانه در مدیریت خشکسالی

خشکسالی همیشه خطری برای انسان و موجودات زنده بوده است. خشکسالی و تغییرات اقلیمی که گاهی اوقات با آن همراه می‌شود در از بین رفتن و سقوط تمدن‌ها نقش دارند و از نظر تاریخی، خشکسالی، تمدن‌ها و اکوسیستم‌های گوناگونی را نابود کرده است (Lund و همکاران، ۲۰۱۸). در مقابل آب زیرزمینی، به عنوان یک منبع اساسی و حیاتی برای میلیاردها نفر در سراسر جهان و به عنوان بزرگترین ذخیره آب شیرین توزیع شده در جهان، رزرو بسیار ارزشمندی در

برابر تغییرات بارندگی و کمبود آب در طول خشکسالی است و نقش اصلی را در حفظ اکوسیستم‌ها و پاسخگویی به نیاز آب محیط‌زیستی و سازگاری انسان با تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند (wendt و همکاران، ۲۰۲۱؛ FAO، ۲۰۱۶). در دهه‌های اخیر، افزایش استفاده از آب زیرزمینی منجر به کاهش آن‌ها در بخش‌های بزرگی از جهان شده است. بسیاری از منابع آب زیرزمینی در مقیاس‌های زمانی معنی‌دار برای جامعه انسانی و همچنین برای اکوسیستم تجدیدناپذیر هستند. تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده در بسیاری از نقاط جهان با کاهش

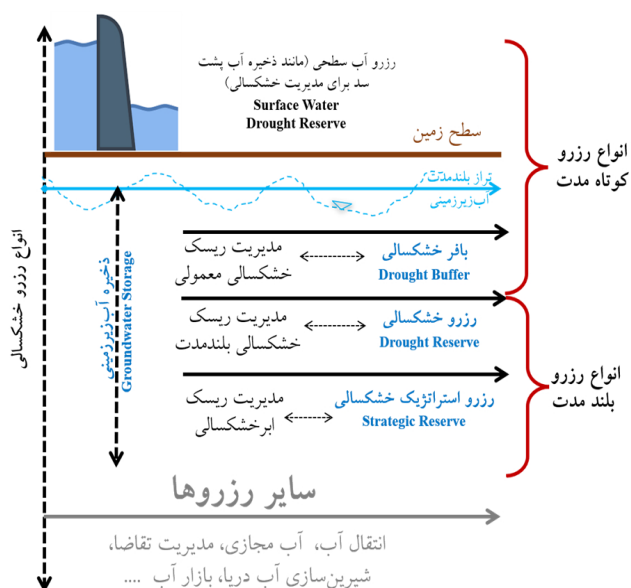
بارندگی و افزایش تبخیر و تعرق این نگرانی‌ها را تشدید می‌کند، که هر دو باعث کاهش تغذیه سفره زیرزمینی و همچنین افزایش نرخ برداشت از آب‌زیرزمینی می‌شوند (Klove و همکاران، ۲۰۱۴). از طرفی افزایش استفاده از آب‌زیرزمینی ممکن است منجر به تشدید خشکسالی‌های جریان رودخانه شود (Wada و Wanders، ۲۰۱۵). از آنجایی که در طول خشکسالی، برای جبران کاهش در دسترس بودن آب سطحی، اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد و در عین حال در همان زمان بارش کمتر باعث کاهش تغذیه آب زیرزمینی می‌شود، این امر منجر به خشکسالی آب‌های زیرزمینی شده و سفره‌های آب زیرزمینی می‌توانند در طول زمان تخلیه شوند و توانایی ذاتی خود را برای استفاده به‌عنوان بافر در دوره‌های خشک از دست بدهند (Shivakoti و همکاران، ۲۰۱۹؛ Langridge و Daniels، ۲۰۱۷). سفره‌های زیرزمینی تنها در صورتی در برابر خشکسالی انعطاف‌پذیری ایجاد می‌کند که آب آن‌ها برای استفاده در خشکسالی اضطراری، رزرو شود (Langridge و Daniels، ۲۰۱۷). بنابراین با حفظ آب‌های زیرزمینی در سال‌های نرمال و مرطوب، کاهش اضافه برداشت و توسعه ذخایر، جوامع می‌توانند مقاومت خود را در برابر خشکسالی افزایش دهند. توسعه و نگهداری رزرو خشکسالی محلی می‌تواند امنیت تأمین آب در طول خشکسالی‌های شدید را بهبود بخشد. با توجه به هزینه‌های اقتصادی، سیاسی و محیط‌زیستی ناشی از ذخیره‌سازی سطحی، افزایش رزرو آب زیرزمینی احتمالاً برای بسیاری از جوامع مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲).

۳- ایجاد رزرو خشکسالی

ایجاد رزرو خشکسالی آب زیرزمینی مستلزم الزامات خاصی در هر مرحله از فرآیند رزرو است که شامل: شناسایی منبع آب برای رزرو، انتقال آب به محل رزرو، تغذیه مجدد در محل رزرو، برداشت آب رزرو شده و انتقال به استفاده کنندگان است. این مراحل مستلزم ملاحظات هیدروژئولوژیکی و الزامات قانونی است. دو نوع آب برای رزرو در دسترس است: آب‌های داخل و خارج از حوضه. آب زیرزمینی داخلی آبی است که از بارش محلی و جریان‌های سطحی درون حوضه به‌دست می‌آید و به آبخوانی که محل رزرو قرار دارد نفوذ می‌کند و با دو روش در آبخوان محل رزرو خشکسالی ذخیره می‌شود: (۱) کاهش تقاضا، که در آن آب‌بران از برداشت آب زیرزمینی در سال‌های نرمال و مرطوب خودداری می‌کنند و از آب‌های سطحی برای برآوردن تقاضا استفاده می‌کنند و (۲) تغذیه مجدد آبخوان به‌صورت مصنوعی. منظور از آب خارجی نیز آبی که از یک منبع دیگر به حوضه انتقال داده می‌شود. مانند آب حاصل از بازچرخانی^۵ و آب شیرین‌سازی شده^۶ که تأسیسات تصفیه و یا نمک زدایی آن‌ها که خارج از حوضه بوده و از نظر هیدروژئولوژیکی با محل ذخیره‌سازی فاصله قابل توجهی دارد و یا آب وارداتی^۷ که از خارج از حوضه به حوضه انتقال داده می‌شود (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲).

منابع آبی که می‌توان برای رزرو استفاده کرد شامل آب حاصل از کنترل سیل^۸ (رهاسازی آب حاصل از کنترل سیل در دشت‌ها جهت نفوذ به سفره‌های آب‌زیرزمینی)، آب شیرین‌سازی شده دریا، آب باران^۹، رواناب رگبارها^{۱۰} و آب بازچرخانی شده است؛ که هر منبع تابع طیف وسیعی از الزامات است و این الزامات باید سعی در ارزیابی و کاهش اثرات بالقوه محیط‌زیستی داشته باشد. همچنین باید به‌گونه‌ای باشد که این رزرو "بدون آسیب" به آب‌بران قانونی آب مورد استفاده برای رزرو باشد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). برای تغذیه یک حوضه آب‌زیرزمینی، باید آن حوضه یا مناطقی از آن قابلیت تغذیه فیزیکی داشته باشد (California Department of Water Resources، ۲۰۰۹). نرخ تغذیه طبیعی هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی به دلیل تغییراتی مانند نوع خاک، پوشش گیاهی، شیب زمین و زمان و شدت بارندگی متفاوت است (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲).

در این مقاله کلمه رزرو معادل کلمه Reserve به‌کار برده شده است که با کلمه Storage به معنای ذخیره بسیار متفاوت است. منظور از رزرو بخشی از آب ذخیره شده در منابع آبی است که باید برای منظور خاصی به‌عنوان مثال مدیریت ریسک خشکسالی کنار گذاشته شود و نشده و مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. مطابق شکل (۱) می‌توان رزرو خشکسالی را به دو دسته اصلی کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم‌بندی نمود. رزرو کوتاه مدت برای خشکسالی‌های معمولی مورد کاربرد بوده و به دو نوع اصلی رزرو کوتاه مدت از ذخایر آب سطحی^{۱۱} و رزرو کوتاه مدت از ذخایر آب‌زیرزمینی که از آن به بافر خشکسالی^{۱۲} نیز یاد می‌شود تقسیم می‌شود. رزرو بلند مدت در آب‌زیرزمینی به دو نوع رزرو بلند مدت^{۱۳} برای خشکسالی‌های بلندمدت و رزرو استراتژیک^{۱۴} برای مدیریت ابرخشکسالی‌ها تقسیم می‌شود.



شکل ۱- انواع رزرو خشکسالی

۱- **مدیریت تقاضا:** صرفه‌جویی و بهره‌وری مصرف آب از طریق مقررات و انگیزه‌های اقتصادی در نیم قرن گذشته، اغلب به‌عنوان یک استراتژی واکنشی برای مقابله با کمبود آب در طول خشکسالی ترویج شده است. البته این قوانین حفاظتی که در طول خشکسالی استفاده می‌شوند پس از پایان خشکسالی لغو می‌شوند (Langridge, ۲۰۱۸). این استراتژی‌ها معمولاً عبارتند از: تعدیل مجوزهای برداشت، ممنوعیت حفاری جدید برای استخراج آب، قیمت‌گذاری برق (تأثیرگذار بر هزینه‌های پمپاژ)، کمتر شدن سطح زیر کشت و هزینه‌های مازاد در صورت برداشت بیش از میزان تخصیص در پروانه. این قبیل استراتژی‌های مدیریت تقاضا رویکرد مهمی برای ایجاد پایداری حوضه بوده و می‌توان از آن‌ها برای کمک به ایجاد رزرو خشکسالی، استفاده کرد (Langridge و Van Schmidt, ۲۰۲۰).

۲- **مدیریت تأمین:** مدیریت تأمین به توسعه منابع آب جدید شامل آب وارداتی، آب بازچرخانی شده و آب شیرین‌سازی شده گفته می‌شود. درحالی‌که این منابع تأمین می‌توانند به تغذیه مجدد حوضه‌ها و انعطاف‌پذیری در برابر خشکسالی کمک کنند، هر یک محدودیت‌هایی نیز دارند. به‌عنوان مثال آب‌های سطحی وارداتی، به دلیل تغییرات اقلیمی و محدودیت‌های محیطی کمتر قابل اطمینان بوده و در ضمن نسبت به منابع دیگر گران‌تر هستند (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲).

۳- **تغذیه آب‌خانه‌ها:** سه فرآیند اساسی می‌توانند سفره‌های زیرزمینی را دوباره احیا کنند: ۱) تغذیه طبیعی^{۱۵}: هنگامی‌که آب از منابع آب سطحی به داخل سفره آب نفوذ می‌کند، تغذیه آبخوان به‌طور طبیعی اتفاق می‌افتد. تغذیه طبیعی در واقع بخشی از چرخه هیدرولوژیکی است که در نتیجه تراوش یا نفوذ آب به داخل آبخوان از منابع مختلف آب سطحی مثل نهرها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تأسیسات انتقال آب سطحی؛ و جریان برگشتی حاصل از کشاورزی فاریاب و بارندگی رخ دهد. ۲) تغذیه جایگزین^{۱۶}: زمانی‌که منابع آب دیگر، به‌جای استخراج آب‌های زیرزمینی جهت مصارف مختلف استفاده می‌شود و آب زیرزمینی استخراج نمی‌شود و یا کمتر استخراج می‌شود درواقع گفت نوعی تغذیه سفره آب زیرزمینی اتفاق افتاده که آن را تغذیه جایگزین می‌نامند. و ۳) تغذیه فعال^{۱۷}: تغذیه سفره آب زیرزمینی به‌صورت مصنوعی که از طریق تغذیه مدیریت شده آبخوان در شرایط کنترل شده از راه پخش کردن آب در نهرها و حوض‌های مصنوعی شرایط نفوذ آب به داخل زمین را ایجاد می‌کند یا از طریق چاه‌های تزریقی، که در آن آب به‌طور مستقیم به زیر زمین تزریق می‌شود رخ دهد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲؛ California Department of Water Resources, ۲۰۰۹).

۴- **تغذیه مصنوعی به کمک سیلاب:** این استراتژی برای تغذیه مجدد سفره‌های زیرزمینی، توجه فزاینده‌ای را به‌عنوان رویکردی به خود جلب می‌کند که در آن جریان‌های سیل را می‌توان هم برای تغذیه مدیریت شده آبخوان (تغذیه فعال) و هم برای آبیاری به‌جای استفاده از آب زیرزمینی (تغذیه جایگزین) استفاده کرد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲).

۵- **بانک آب‌های زیرزمینی، بازارهای آب و انتقال آب:** بانک آب‌های زیرزمینی شامل ذخیره آب‌های سطحی در سفره‌های زیرزمینی در طول دوره‌های فراوانی برای استفاده در دوره‌های خشک‌تر است. که یک ابزار نسبتاً مقرون به‌صرفه برای افزایش عرضه آب در طول خشکسالی و جبران از دست دادن ذخیره فصلی است که در گذشته توسط سیستم‌های تغذیه شده با برف ایجاد شده است (Organisation for Economic Co-Operation and Development, ۲۰۱۷). انتقال آب عبارت است از انتقال حق استفاده از آب از یک بهره‌بردار به بهره‌بردار دیگر. بازارهای آب امکان انتقال موقت، بلندمدت یا دائمی حقوق استفاده از آب را در ازای دریافت هزینه فراهم می‌کند. از آن‌جایی‌که در سطح جهانی بیشترین حجم آب برای آبیاری استفاده می‌شود، آب اغلب توسط کشاورزان به کشاورزان دیگر با منابع آبی کم و محصولات با ارزش بالاتر، به شهرهای در حال رشد، و یا برنامه‌های محیط‌زیستی انتقال داده می‌شود و به‌صورت اجاره یا فروش به بازار عرضه می‌شود (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). بانک‌های بزرگ آب زیرزمینی که به‌عنوان واسطه‌ای در انتقال آب از یک مکان به مکان دیگر عمل می‌کنند، می‌توانند برای افزایش تاب‌آوری در برابر خشکسالی با رعایت برخی نکات مهم مورد استفاده قرار گیرند. این بانک‌ها به‌عنوان تأسیسات ذخیره‌سازی و رزرو، آب را در سال‌های مرطوب دریافت و ذخیره می‌کنند که متعاقباً می‌تواند در صورت نیاز برداشت و برای استفاده در مکان دیگر انتقال داده شود. باتوجه‌به کاهش قابلیت اطمینان آب وارداتی، بهتر است برای بانک آب‌های زیرزمینی بر استفاده از منابع آب منطقه‌ای و محلی تمرکز داشت تا جامعه قادر باشد رزرو خشکسالی را توسعه دهد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). اما باید توجه نمود که پایش و اندازه‌گیری دقیق استفاده از آب‌های زیرزمینی پیش‌نیاز ایجاد یک بازار و بانک خوب است (Organisation for Economic Co-Operation and Development, ۲۰۱۷).

بررسی استراتژی ایجاد رزرو خشکسالی در کالیفرنیا

کالیفرنیا در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ خشک‌ترین دوره ۲۲ ساله از حداقل ۸۰۰ سال قبل را سپری کرده است که ممکن است نشان دهنده افزایش ابرخشکسالی ناشی از گرمایش جهانی در آینده باشد (liu و همکاران، ۲۰۲۲). از سال ۲۰۱۰، برخی از مناطق این ایالت

شاهد کاهش نگران کننده در سطح آب‌های زیرزمینی با اثرات منفی از جمله فرونشست غیرقابل برگشت زمین و نفوذ آب دریا به سفره‌های آب زیرزمینی، کاهش جریان‌های سطحی و از دست دادن دائمی ظرفیت ذخیره آب به‌عنوان آب زیرزمینی مواجه شد (Langridge و Daniels، ۲۰۱۷). از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶، کالیفرنیا یکی از عمیق‌ترین، طولانی‌ترین و گرم‌ترین خشکسالی‌های تاریخی خود را تجربه کرد. بسیاری از اثرات این خشکسالی بر جنگل‌ها، جمعیت ماهیان بومی، سطح آب‌های زیرزمینی و فرونشست زمین برای دهه‌ها باقی خواهد ماند (Lund و همکاران، ۲۰۱۸). فشار ناشی از خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی تحت شرایط خشکسالی در این ایالت احتمالاً در دهه‌های آینده افزایش خواهد یافت و با نیاز به تأمین آب بیشتر و تولید غذای بیشتر برای جمعیت روبه‌رشد تشدید خواهد شد (Liu و همکاران، ۲۰۲۲). هر خشکسالی بزرگ در تاریخ کالیفرنیا انگیزه بهبود در مدیریت آب بوده که اغلب به بررسی و چاره‌اندیشی برای مشکلات بلندمدت پرداخته شود. نوآوری‌ها در مدیریت آب در کالیفرنیا برای دوره‌های خشکسالی تا حد زیادی موثر بوده است (Lund و همکاران، ۲۰۱۸). در این بخش مروری کوتاه بر برنامه‌های کالیفرنیا به‌عنوان تجربه‌ای موفق خواهیم داشت.

در کالیفرنیا، هیچ سازمان ایالتی به تنهایی مسئولیت برنامه‌ریزی و کاهش اثرات خشکسالی را برعهده ندارد و اینکار با همکاری سازمان‌ها و نهادهای مختلف دولتی و مردمی و ذی‌نفعان مختلف انجام می‌شود. بخشی از فرآیند برنامه‌ریزی خشکسالی در کالیفرنیا به شرح زیر است:

- گنجاندن برنامه‌ها و پروژه‌های مرتبط با تأمین آب و همچنین تأثیرات تغییر اقلیم در برنامه‌های مدیریت یکپارچه آب منطقه‌ای.
- برنامه‌های مدیریت آب شهری، تأمین‌کنندگان آب شهری را ملزم می‌کند تا تحلیل‌های احتمالی کمبود آب را برای کاهش عرضه توسعه دهند و منابع کافی برای یک یا چند سال خشک (معمولاً یک خشکسالی ۳ ساله) را با در نظر گرفتن تغییر اقلیم در دسترس داشته باشند.
- برنامه‌های مدیریت آب کشاورزی باید شامل تجزیه و تحلیل اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر منابع آبی آینده باشد.
- برخی از مشکلات نیز برای برنامه‌ریزی خشکسالی در این ایالت وجود دارد از جمله:

- سخت شدن تقاضا در نتیجه اقدامات حفاظتی طولانی‌مدت مانند محدودیت‌های استفاده از آب یا تغییرات ساختار قیمت و دشواری کاهش بیش از حد مصرف آب را برای مصرف‌کنندگان در طول خشکسالی.
- برای اکثر شرکت‌های آب که درآمد خود را از مصرف آب دریافت می‌کنند، حفظ آب در دوره‌های غیرخشکسالی انگیزه منفی به حساب می‌آید.
- برنامه‌ریزی‌های موجود برای انجام رزرو خشکسالی منافع برخی

مصرف‌کنندگان آب مانند صاحبان چاه‌های خصوصی و... را در نظر نگرفته است.

- هنوز برنامه مستدلی برای چگونگی استفاده از رزرو خشکسالی تدوین نشده است و برنامه‌ریزی‌ها در حال حاضر بیشتر بر افزایش میزان رزرو تمرکز دارند (Langridge، ۲۰۱۸).

۱- اقدامات انجام شده برای مدیریت خشکسالی و آب‌های زیرزمینی در کالیفرنیا

در کالیفرنیا برای مدیریت آبی در طول خشکسالی از مشوق‌های قیمت، صرفه‌جویی، بازچرخانی مجدد آب و انتقال آب برای مقابله با کاهش عرضه استفاده می‌شود (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). اما همچنان در طول خشکسالی، پمپاژ آب زیرزمینی بخش قابل توجهی از جایگزینی آب ناشی از کمبود منابع آب سطحی را، تشکیل می‌دهد که این امر منجر به اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی و افت مستمر تراز آب زیرزمینی، تخلیه جریان، کاهش کیفیت آب و خشک شدن چاه‌ها، و همچنین خطرات محیط‌زیستی مانند فرونشست زمین در برخی سفره‌های زیرزمینی، نفوذ فاضلاب و نفوذ آب شور در سفره‌های زیرزمینی در امتداد ساحل شده است (Liu و همکاران، ۲۰۲۲؛ Langridge و همکاران، ۲۰۱۲). برای مبارزه با این تهدیدات، کالیفرنیا قانون مدیریت پایدار آب زیرزمینی را در سال ۲۰۱۴ به تصویب رساند، و مناطقی مانند حوضه مرکزی و دیگر حوضه‌های آب زیرزمینی آن ملزم به توسعه و اجرای برنامه‌های مدیریتی برای دستیابی به سطوح پایدار پمپاژ و تغذیه آب زیرزمینی تا سال ۲۰۴۲ شد (Liu و همکاران، ۲۰۲۲؛ Langridge و Van Schmidt، ۲۰۲۰). این قانون، مدیریت منابع آب را "برای خودکفایی منطقه‌ای در تأمین نیاز آبی با منابع محلی و انعطاف‌پذیری در برابر خشکسالی" ارتقا می‌دهد. بسیاری از حوضه‌های آب زیرزمینی کالیفرنیا قبل از وضع قانون مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، ذخیره قابل توجهی را از دست داده بودند، که این موضوع در دسترس بودن آب زیرزمینی را برای استفاده به‌عنوان یک ذخیره استراتژیک در طول خشکسالی محدود می‌کرد (Van Schmidt و Langridge، ۲۰۲۰). طبق این قانون، مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی به‌عنوان "مدیریت و استفاده از آب‌های زیرزمینی به‌گونه‌ای که آب‌های زیرزمینی در طول افق برنامه‌ریزی و اجرا بدون ایجاد نتایج نامطلوب حفظ شود" تعریف می‌شود. این اثرات "نامطلوب" عبارتند از:

- کاهش مزمن سطح آب زیرزمینی؛ اما به استثنای کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در طول خشکسالی اگر با افزایش سطح آب‌های زیرزمینی در دوره‌های دیگر جبران شود.
- کاهش قابل توجه و غیرمنطقی ذخیره آب زیرزمینی.
- نفوذ قابل توجه و غیرمنطقی آب دریا.
- تخریب قابل توجه و غیرمنطقی کیفیت آب.
- فرونشست زمین به صورت قابل توجه و غیرمنطقی.

• کاهش آب سطحی که اثرات نامطلوب قابل توجه و غیرمنطقی بر مصارف مفید دارد (Water Education Foundation، ۲۰۱۵). برخی از استراتژی‌های مورد استفاده مناطق آب زیرزمینی ایالت کالیفرنیا برای سازگاری با خشکسالی از خشکسالی ۱۹۷۶ تکامل یافته

است. در جدول (۲) روند مدیریت خشکسالی در کالیفرنیا آمده است که در صورت تداوم، می‌تواند به آمادگی بهتر این ایالت برای مقابله با خشکسالی‌های شدید آینده تحت تغییر اقلیم کمک کند (Langridge، ۲۰۱۸).

جدول ۲- روند تکامل مدیریت خشکسالی در کالیفرنیا (Langridge، ۲۰۱۸)

واقع‌ه خشکسالی نوع اقدام	خشکسالی ۱۹۷۶	خشکسالی ۱۹۸۷-۱۹۹۲	خشکسالی ۲۰۰۱-۲۰۰۹	خشکسالی ۲۰۱۱-۲۰۱۶
حفاظتی	داوطلبانه	داوطلبانه	اجباری	حفاظت اجباری - کاهش ۲۵ درصدی برای مصرف شهری
ایجاد رزرو با آب بازچرخانی شده (میلیون مترمکعب)	۳۳۴/۴	۳۴۴/۱	۸۲۵/۲	۸۸۰/۷
اصلاح قانون	ظرفیت‌سازی برای مدیریت پایای آب زیرزمینی	مدیریت پایای آب زیرزمینی - طرح‌های داوطلبانه	ظرفیت‌سازی برای اجباری کردن طرح مدیریت پایای آب زیرزمینی	تصویب قانون مدیریت پایای آب زیرزمینی ۲۰۱۴ (SGMA) - الزامات اجباری
ایجاد رزرو خشکسالی	فرهنگ‌سازی برای مدیریت تقاضا و ایجاد رزرو خشکسالی	اولین رزرو محلی خشکسالی آب زیرزمینی در حوضه گل‌تا ایجاد شد	ایجاد رزرو خشکسالی توسط سایر استان‌های ایالت کالیفرنیا	در این دوره برای اولین بار مناطقی که رزرو خشکسالی داشتند از این ذخایر برای مدیریت خشکسالی استفاده کردند

از آن جایی که برنامه‌ریزی خشکسالی باید در مقیاس حوضه رودخانه رخ دهد در نواحی مختلف کالیفرنیا بسته به شرایط موجود اقدامات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. ناحیه آبی اورنج کانتی^{۱۸} دارای دو استراتژی قابل توجه است که می‌تواند تلفات ذخیره آب زیرزمینی را در طول زمان کاهش دهد و در نتیجه انعطاف‌پذیری در برابر خشکسالی را افزایش دهد:

(۱) تحقیق و سپس مدیریت حوضه برای حفظ سطح آب‌های زیرزمینی در محدوده قابل قبولی که می‌تواند از کاهش غیرقابل جبران آب زیرزمینی در طول دوره‌های خشکسالی طولانی جلوگیری کند. (۲) برنامه‌های عمده برای افزایش تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از آب بازچرخانی شده برای حفظ محدوده قابل قبول برای سطوح آب زیرزمینی.

اورنج کانتی مدیریت حوضه را با تأمین کامل آب مورد نیاز برای توسعه، بدون الزام کاهش مصرف آب انجام می‌دهد. در عوض، با افزایش ظرفیت خود برای تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از چهار منبع جریان‌های پایه رودخانه سانتا آنا^{۱۹} و جریان‌های سیل، آب‌های سطحی وارداتی، و آب بازچرخانی شده، منابع آب موجود را به حداکثر می‌رساند. هدف آن‌ها استفاده از این منابع برای تغذیه مجدد حوضه آب زیرزمینی به اندازه کافی برای رفع نیازهای بهره‌برداران و در عین حال اجتناب از نفوذ آب دریا است. در حوضه اصلی آب زیرزمینی سن گابریل^{۲۰} در اواسط دهه

۱۸۰۰، کشاورزی و دامداری اقتصادهای غالب بودند اما در حال حاضر بهره‌برداران شهری بیشترین میزان مصرف آب را دارند که تقریباً به‌طور کامل به حوضه آب زیرزمینی برای تأمین آب وابسته هستند. حوضه سن گابریل توسط منابع طبیعی محلی (بارش و رواناب از کوه‌های سن گابریل) و آب‌های سطحی وارداتی تصفیه نشده تغذیه می‌شود و تقاضای آب این منطقه با آب‌های زیرزمینی محلی، آب‌های سطحی محلی و وارداتی تصفیه شده و آب بازچرخانی شده برای مقاصد غیرشرب برآورده می‌شود. در این منطقه پمپاژ آب بیش از حق آبه مجاز بوده ولی کاربرانی که بیش از حق آبه مجاز خود پمپاژ می‌کنند، هزینه معادل جایگزین نمودن آب مازاد برداشت شده شامل جایگزینی این آب با پساب یا انتقال آب از حوزه دیگر را متحمل می‌شوند. در طول خشکسالی ۲۰۱۲-۲۰۱۶، به دلیل خشکسالی و بارندگی ناکافی تقریباً ۴۹۳/۴ میلیون مترمکعب از آب زیرزمینی، مازاد بر میزان تجدید برای رفع نیازهای آبی پمپ شد و جایگزینی آب زیرزمینی پمپاژ شده به دلیل کمبود بارندگی و در دسترس نبودن آب وارداتی قابل جبران نبود. پس از این دوره در این حوضه برای تاب‌آوری تحت خشکسالی‌های شدیدتر پیش‌بینی شده، تحت تغییر اقلیم تدابیر زیر اندیشیده شد: (۱) تعیین میزان برداشت مجاز از سفره آب زیرزمینی با در نظر گرفتن سطح پایین برای آبدهی مطمئن سفره: آبدهی مطمئن میزان آبدهی است که برداشت آن به سفره آسیب وارد نمی‌کند و برداشت

مجاز تعریف شده تحت مفهوم آبدهی مطمئن مقدار آبی است که می‌توان بدون پرداخت هزینه مازاد استخراج کرد. این موضوع انگیزه کاهش پمپاژ آب زیرزمینی را برای پاسخگویی به تقاضا ایجاد می‌کند، زیرا هر آبی که بیش از حد مجاز پمپ شود، کاربران را ملزم به پرداخت هزینه‌ای برای تغذیه مجدد می‌کند. این استراتژی همچنین می‌تواند بودجه خرید آب‌های سطحی وارداتی تصفیه نشده را برای تغذیه مجدد افزایش دهد.

۲) شکل‌گیری ارزیابی توسعه منابع، ایجاد برنامه‌های استفاده از سیل برای کمک به مدیریت منابع آب حوضه اصلی تحت شرایط خشکسالی در "بدترین حالت" (بدترین حالت در نظر گرفته شده، شرایط خشکسالی مشابه خشکسالی ۲۰۱۲-۲۰۱۶ با مدت ۱۵ سال تعریف شده است). هدف خرید ۱۲۳/۴ میلیون مترمکعب آب در مدت ده سال و ذخیره آن برای نیازهای آینده است (Langridge, ۲۰۱۸).

در حوضه آب زیرزمینی تیهوچاپی^{۳۱} که یک منطقه روستایی بوده و کاربری زمین عمدتاً کشاورزی است استفاده کنندگان آب زیرزمینی شامل بخش کشاورزی، تأمین کنندگان آب^{۳۲}، شرکت‌های مشترک آب^{۳۳}، تأسیسات صنعتی و انجمن‌های آب‌بران هستند که آب زیرزمینی را پمپاژ می‌کنند. همچنین تأمین کنندگان آب در این منطقه برای مصارف خانگی کاملاً به آب‌های زیرزمینی وابسته هستند. این منطقه دارای امکانات تغذیه آب‌های زیرزمینی است و سیاست حفاظتی جامع آن امکان تزریق مقداری از آب‌های سطحی وارداتی را به عنوان رزرو خشکسالی فراهم می‌کند. در سال ۲۰۱۱، تأمین کنندگان آب ملزم به ایجاد یک منبع رزرو آب ۵ ساله در حوضه شدند که برابر با نیاز آبی وارداتی ۵ ساله است تا به عنوان رزرو خشکسالی عمل کند. حداکثر فرصت ایجاد این رزرو یک دوره ۱۰ ساله است. در طول خشکسالی ۲۰۱۱-۲۰۱۶، آب‌بران توانستند از این آب رزرو شده استفاده کنند. البته مصرف کنندگان بخش کشاورزی ملزم به انجام این رزرو نیستند، اما در عوض از سیاست کاهش هزینه پمپاژ آب برای انگیزه آب‌بران این بخش استفاده می‌شود.

در منطقه آبی گلتا^{۳۴} مدیریت حوضه آب زیرزمینی گلتا، با رزرو خشکسالی آب زیرزمینی که در سال ۱۹۹۱ تأسیس شد، در خط مقدم مدیریت پیشگیرانه خشکسالی بوده است. در خشکسالی شدید سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۶ که تا سال ۲۰۱۸ برای نواحی ساحلی این منطقه ادامه داشت رزرو خشکسالی آب‌های زیرزمینی بافر مهمی برای رفع نیازهای آبی بود. تنها ۱۵ درصد از منابع آبی این منطقه را آب زیرزمینی تشکیل می‌دهند، اما در طول خشکسالی ۲۰۱۲-۲۰۱۶ که منابع آب سطحی در دسترس کاهش یافت آب‌های زیرزمینی منبع اصلی تأمین آب این منطقه بود. در سال ۲۰۱۷ که افزایش دسترسی به آب‌های سطحی ایجاد شد برای تغذیه مجدد حوضه آب زیرزمینی و بازایی سطح آب‌های زیرزمینی اقدام شد، و همچنان محدودیت‌های اجباری خشکسالی به قوت خود باقی است. طبق قوانین این منطقه آب وارداتی به منطقه در ابتدا برای

پرکردن حوضه و ایجاد یک رزرو خشکسالی استفاده می‌شود و در زمانی که خشکسالی منطقه‌ای منجر به کاهش میزان آب سطحی در منطقه شود این رزرو می‌تواند برای تحویل به مشتریان فعلی استفاده شود. هنگامی که سطح آب زیرزمینی حوضه به سطوح مطمئن بازایی شود و تمام تعهدات دیگر برای تحویل آب برآورده شود، منطقه آبی گلتا می‌تواند مجدداً تا یک درصد از کل عرضه آب شرب خدمات جدیدی را ارائه دهد. اما، در صورت اتصال یک سرویس جدید به سیستم آبرسانی، تعهد رزرو سالانه برای خشکسالی، باید متناسب با افزایش میزان عرضه‌ای که صورت گرفته است افزایش یابد. به طوری که منابع آب سالم در مواقع خشکسالی با هر تقاضای جدید یا اضافی به خطر نیفتد (Langridge و همکاران، ۲۰۱۸). البته آژانس‌ها و کاربرانی که در کالیفرنیا مایل به تغذیه مجدد و بازایی آب‌های زیرزمینی هستند، این مسئولیت را برعهده دارند که ثابت کنند اینکار بر سایر "آب‌بران قانونی" حوضه آب زیرزمینی تأثیر منفی نمی‌گذارد و آسیبی وارد نمی‌کند (Langridge و همکاران، ۲۰۱۲).

۲- محدودیت‌های استراتژی ایجاد رزرو خشکسالی

در حالی که ایجاد رزرو خشکسالی به عنوان یک رویکرد مهم و پیشگیرانه برای افزایش انعطاف‌پذیری در برابر خشکسالی است اما توجه به این نکته مهم است که این استراتژی در برخی از حوضه‌ها امکان‌پذیر نبوده و در اولویت نیست. تجزیه و تحلیل مدل آب‌وهوای جهانی نشان می‌دهد در آینده زمستان‌های بسیار مرطوب نیز خواهیم داشت. بنابراین، برای برخی از حوضه‌های آب زیرزمینی احتمالاً تأثیر تغییر اقلیم، باعث فراوانی بیشتر سیل خواهد شد و اولویت مدیریت برای حوضه کنترل آن خواهد بود. علاوه بر این، هر حوضه‌ای توانایی ذخیره آب‌های زیرزمینی را به صورت محلی به عنوان یک رزرو خشکسالی ندارد. به عنوان مثال شش حوضه^{۳۵} در کالیفرنیا گروهی از حوضه‌های آب زیرزمینی مجاور هستند که یک حوضه آب زیرزمینی نسبتاً کوچک است و فضای کافی برای رزرو مقادیر زیادی آب در طول سال‌های مرطوب برای استفاده در سال‌های خشک را ندارد. همچنین، توزیع نابرابر امکانات تغذیه در این حوضه وجود دارد و در کنار شرایط خاص هیدروژئولوژیک و حقوق پیچیده آب در حوضه، ظرفیت رزرو آب برای مدت طولانی محدود است. همچنین وقوع حوادث سیل‌های شدیدتر تحت تغییر اقلیم، ناتوانی حوضه را در جذب حداکثر مقدار رواناب سیل تشدید می‌کند. بنابراین در برخی حوضه‌ها، استراتژی‌های کنترل دقیق تقاضا در همه زمان‌ها احتمالاً تنها پاسخ سازگاری با خشکسالی است. به عنوان مثال در آبخوان کوچک در ساحل شمالی کالیفرنیا، مندوسینو هلدنر^{۳۶} باتوجه به بافت زمین در این حوزه، هر ساله بیشتر آب‌های زیرزمینی از طریق چشمه‌ها به صورت فصلی به اقیانوس آرام جریان می‌یابد و امکان رزرو ندارد (Langridge, ۲۰۱۸).

با وجود نقش آب زیرزمینی به عنوان منبع تأمین حیاتی و مهمتر از آن داشتن نقش پشتیبان در طول خشکسالی، برنامه‌ریزی خشکسالی و برنامه‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی به ندرت با یکدیگر تلاقی می‌کنند. معمولاً طرح‌های خشکسالی توجه محدودی به حفظ آب زیرزمینی در بلندمدت دارند و همچنین برنامه‌های آب زیرزمینی توجه محدودی به خشکسالی‌های پیش‌رو در آینده دارند.

در ایران مدیریت خشکسالی هیچ ارتباطی با مدیریت تقاضا ندارد و همواره تلاش شده با تأمین نیاز آبی از منابع مختلف به خصوص آب‌های زیرزمینی در هر صورت برای تقاضاهای موجود، عرضه صورت گیرد و همین امر تاکنون منجر به تخلیه بیش از میزان تجدیدپذیری بسیاری از سفره‌های آب زیرزمینی تقریباً در تمامی نقاط کشور گشته و آسیب‌های جبران‌ناپذیری همچون از دست دادن ذخایر ارزشمند آب‌های زیرزمینی و همچنین فرونشست زمین را به همراه داشته است. برای مدیریت توأم خشکسالی و آب‌های زیرزمینی انجام مدیریت تقاضا و کاهش مصرف اصلی‌ترین راه‌حل است. در وضعیت کنونی سفره‌های آب زیرزمینی در ایران ابتدا باید با بازیابی سطح آبخوان‌ها حیات این منابع ارزشمند را تضمین نمود. سپس با تغییر مسیر مدیریت منابع آبی، از مدیریت عرضه به مدیریت تقاضا به سمت رزرو خشکسالی حرکت کرد. رزرو خشکسالی، ایجاد ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی با یک رویکرد پیشگیرانه جایگزین است که می‌تواند با افزایش عرضه در زمان خشکسالی، آسیب‌پذیری در برابر خشکسالی را کاهش دهد و همچنین با کاهش نرخ افت سطح آب زیرزمینی، با ایجاد تعادل هیدرولوژیکی حوضه‌های آب زیرزمینی در زمان خشکسالی منجر به حفظ ذخیره استراتژیک آب زیرزمینی می‌شود. این رزرو برای حفظ سرمایه طبیعت برای خشکسالی طولانی‌مدت اجتناب‌ناپذیر، بسیار مهم بوده و فقط در یک دوره خشک طولانی‌مدت قابل برداشت و استفاده خواهد بود. این رویکرد شبیه به ذخیره پول در حساب بانکی برای مواقع اضطراری است. این رویکرد در ابتدا قطعاً دشواری و پیچیدگی‌هایی به همراه خواهد داشت و بدون داشتن برنامه منسجم و همراهی تمام ذی‌نفعان و سازمان‌های مرتبط در رده‌های مختلف موفقیتی حاصل نخواهد شد.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر کامران داوری برای ارائه ایده اولیه این مقاله و راهنمایی‌های ایشان در نگارش مقاله سپاسگزاری می‌نمایم.

پی‌نوشت

1-Mega-drought

2-Drought Reserve:

بخشی از منابع آبی که طبق توافق و برنامه‌ریزی‌های انجام شده در زمینه مدیریت منابع آبی تنها در صورت بروز خشکسالی تعریف شده قابل برداشت و استفاده خواهد بود.

3-Xeriscape

محوطه‌سازی و ایجاد فضای سبزی با کیفیت که همراه با صرفه‌جویی آب و محافظت از محیط‌زیست می‌باشد. اصطلاح Xeriscape اولین بار در ایالت کلرادو در دهه ۱۹۸۰ در پاسخ به خشکسالی‌های طولانی مدت مطرح شد. که متشکل از واژه یونانی xero به معنی خشکی و landscape به معنی چشم‌انداز است.

4-Recharge

5-Recycled Water

6-Desalinated Water

7-Imported Water

8-Flood Control Releases 9-Captured Rainwater

10-Storm Water 11-Surface Water Drought Reserve

12-Drought Buffer

13-Drought Reserve

14-Strategic Reserve

15-Natural Recharge

16-In-lieu Recharge

17-Active Recharge

18-Orange County

19-Santa Ana

20-San Gabriel

21-Tehachapi

22-Water Purveyors

یک تأمین‌کننده آب، مسئولیت تأمین و انتقال آب به اماکن مسکونی و تجاری را دارد.

23-Mutual Water Companies 24-Goleta

25-Six Basins 26-Mendocino Haedlands

منابع

باقری، ع. ۱۴۰۰. سازگاری: کم‌آبی یا زیادی مصرف؟. نشریه آب و توسعه پایدار، ۸(۱): ۱.

داوری، ک. ۱۴۰۰. تشدید رخدادهای فرین و کاهش احتمالی تجدیدپذیری آب‌های زیرزمینی در ایران. نشریه آب و توسعه پایدار، ۸(۴): ۱۲۱-۱۲۵.

Cuthbert MO., Gleeson T., Moosdorf N., Befus, KM., Schneider A., Hartmann J. and Lehner B. 2019. Global patterns and dynamics of climate-groundwater interactions. Nature Climate Change, 9(2): 137-141.

[10.1038/s41558-018-0386-4](https://doi.org/10.1038/s41558-018-0386-4)

Cook BL., Mankin JS. and Anchukaitis KJ. 2018. Climate change and drought: From past to future. Current Climate Change Reports, 4:164-179. [10.1007/s40641-018-0093-2](https://doi.org/10.1007/s40641-018-0093-2)

DWR (California Department of Water Resources). 2009. California Water Plan Update 2009: Public Review Draft

- National Research Council. 2005. Water conservation, reuse, and recycling: proceedings of an Iranian-American workshop. Washington, DC: National Academies Press. [10.17226/11241](https://doi.org/10.17226/11241)
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). 2017. Groundwater Allocation: Managing Growing Pressures on Quantity and Quality. IWA Publishing. London, England, United Kingdom. [10.2166/9781780409412](https://doi.org/10.2166/9781780409412)
- Petersen-Perlman JD., Aguilar-Barajas I. and Megdal S.B. 2022. Drought and Groundwater Management: Interconnections, challenges, and policy responses. *Current Opinion in Environmental Science & Health*: 100364, 28: 100364. [10.1016/j.coesh.2022.100364](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100364)
- Shivakoti B., Villholth KG., Pavelic P. and Ross A. 2019. Strategic use of groundwater-based solutions for drought risk reduction and climate resilience in Asia and beyond. Contributing Paper to Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2019). United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland
- Taylor RG., Scanlon B., Döll P., Rodell M., Van Beek R., Wada Y., Longuevergne L., Leblanc M., Famiglietti JS., Edmunds M. and Konikow L. 2013. Ground water and climate change. *Nature climate change*, 3(4): 322-329. [10.1038/nclimate1744](https://doi.org/10.1038/nclimate1744)
- Wanders N. and Wada Y., 2015. Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. *Journal of Hydrology*, 526: 208-220. [10.1016/j.jhydrol.2014.10.047](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.047)
- Wendt D.E., Bloomfield JP., Van Loon A.F., Garcia M., Heudorfer B., Larsen J. and Hanna, DM. 2021. Evaluating integrated water management strategies to inform hydrological drought mitigation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(10): 3113-3139. [10.5194/nhess-21-3113-2021](https://doi.org/10.5194/nhess-21-3113-2021)
- Water Education Foundation, 2015. The 2014 Sustainable Groundwater Management Act: A Handbook to Understanding and Implementing the Law. Published by Water Education Foundation. California.
- Wilhite DA., Sivakumar MV. and Pulwarty R. 2014. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. *Weather and climate extremes*, 3: 4-13. [10.1016/j.wace.2014.01.002](https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.01.002)
- Chapter 8– Conjunctive Management and Groundwater Storage. Department of Water Resources. California Natural Resources Agency. State of California.
- FAO. 2016. Global Diagnostic on Groundwater Governance. Rome, Italy: FAO.
- Green TR., Taniguchi M., Kooi H., Gurdak JJ., Allen DM., Hiscock KM., Treidel H. and Aureli A. 2011. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. *Journal of Hydrology*, 405(3-4): 532-560. [10.1016/j.jhydrol.2011.05.002](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.002)
- Karadirek IE., 2022. Drought Management. In *Water and Wastewater Management Cham: Springer International Publishing*: 27-34. [10.1007/978-3-030-95288-4_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95288-4_3)
- Kløve B., Ala-Aho P., Bertrand G., Gurdak JJ., Kupfersberger H., Kværner J., Muotka T., Mykrä H., Preda E., Rossi P. and Uvo CB. 2014. Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *Journal of Hydrology*, 518: 250-266. [10.1016/j.jhydrol.2013.06.037](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.037)
- Langridge R., Fisher A., Racz A., Daniels B., Rudestam K. and Hihara B. 2012. Climate change and water supply security: reconfiguring groundwater management to reduce drought vulnerability.
- Langridge R. and Daniels B. 2017. Accounting for climate change and drought in implementing sustainable groundwater management. *Water Resources Management*, 31(11): 3287-3298. [10.1007/s11269-017-1607-8](https://doi.org/10.1007/s11269-017-1607-8)
- Langridge R. 2018. Management of Groundwater and Drought Under Climate Change. *California's Fourth Climate Assessment*, 10(x): 1-54.
- Langridge R. and Fendl A. 2020. Implications of climate change to groundwater. *Encyclopedia of the World's Biomes*: 438-453. [10.1016/B978-0-12-409548-9.12021-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12021-4)
- Langridge R. and Van Schmidt N.D. 2020. Groundwater and drought resilience in the SGMA era. *Society & Natural Resources*, 33(12): 1530-1541. [10.1080/08941920.2020.1801923](https://doi.org/10.1080/08941920.2020.1801923)
- Liu PW., Famiglietti J., Purdy A., Kim K., McEvoy A., Reager J., Bindlish R., Wiese D., David C. and Rodell M. 2022. Groundwater Depletion in California's Central Valley Accelerates During Megadrought. *Nature Communications*, 13(1): 7825. [10.1038/s41467-022-35582-x](https://doi.org/10.1038/s41467-022-35582-x)
- Lund J., Medellín-Azuara J., Durand J. and Stone K. 2018. Lessons from California's 2012–2016 drought. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(10): 04018067. [10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000984](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000984)

Contingent Valuation of the Drinking Water Quality in Dehloran City

A. Sayeh Miri^{1*}, A. Cheraghi², A. Shayan³, A. Soleimani³

1, 2, 3- Associate Professor, MSc Student and Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Literature and Humanities, Ilam University, Iran.

*(Corresponding Author Email: a.sayehmiri@ilam.ac.ir)

Received: 09-08-2022

Revised: 06-11-2022

Accepted: 26-11-2022

Available Online: 20-06-2023

ارزش گذاری مشروط کیفیت آب آشامیدنی شهر دهلران

علی سایه میری^{۱*}، آرزو چراغی^۲، عبدالله شایان^۳، اردشیر سلیمانی^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: a.sayehmiri@ilam.ac.ir)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۵

Abstract

Having access to safe drinking water is the biggest key to overall public health. Throughout human history, water has been recognized as the most basic element for survival and referred to as the rare elixir of life. The main purpose of this article is to estimate the economic value of the household water quality in Dehloran city using the contingent valuation method (CVM). Simple random sampling method was used, and the sample size of 384 individuals was determined using the Cochran formula with a 95% confidence level, $P=50\%$, and a 5% error rate. The Cronbach's alpha coefficient was used for the reliability of the questionnaire, and its value was obtained as $r=0.86$. The logit model was used to measure the willingness to pay, and the parameters of this model were estimated based on the maximum likelihood method. In order to calculate the willingness to pay (WTP), three suggested amounts of 2000 Rials, 4000 Rials and 6000 Rials were presented as three inter-related questions for each family member per month based on the average household water consumption in Dehloran city. The results showed that the average willingness to pay to improving household water quality was 5875 Rials and the economic value of household water quality in Dehloran city is 29316 Rials per month. Moreover, variables such as age, concern about drinking water quality, information about communicable diseases, and monthly water bill have a significant effect on willingness to pay.

Keywords: Water Valuation, Willingness to Pay, Logit Model, Dehloran.

چکیده

برخورداري از آب آشاميدني سالم، بزرگترين کليد سلامت عمومي است. در طول تاريخ بشر، آب به عنوان اساسي ترين جز بقا شناخته شده و از آن به عنوان اکسير نادر زندگي ياد شده است. هدف اصلي اين مقاله برآورد ارزش اقتصادي کيفيت آب خانگي شهر دهلران با استفاده از روش ارزش گذاري مشروط (CVM) است. روش نمونه گيري به صورت تصادفي ساده انجام شد، تعداد نمونه با استفاده از روش کوکران با در نظر گرفتن درجه اطمینان ۹۵٪ و ۵۰٪ و خطای ۵٪ تعداد ۳۸۴ نفر تعيين شد. براي پايابي پرسشنامه از ضريب آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آن ۰/۸۶ به دست آمد. براي اندازه گيري ميزان تمایل به پرداخت از مدل لاجيت استفاده شد و بر اساس روش حداکثر درست نمایی، پارامترهای اين مدل برآورد شد. به منظور محاسبه ميزان تمایل به پرداخت (WTP) سه مبلغ پيشنهادهی ۲۰۰۰ ريال، ۴۰۰۰ ريال و ۶۰۰۰ ريال به صورت سه سوال وابسته به يکديگر براي هر نفر خانواده در ماه بر اساس ميزانگين مصرف آب خانوارها در شهر دهلران مطرح شد. نتايج نشان داد متوسط تمایل به پرداخت براي بهبود کيفيت آب خانوار، ۵۸۷۵ ريال و ارزش اقتصادي کيفيت آب خانگي شهر دهلران ماهانه ۲۹۳۱۶ ريال می باشد. همچنين تأثیر متغیرهای سن، نگرانی از کيفيت آب آشاميدني، اطلاعات در مورد بيماری های قابل انتقال و قبض ماهيانه آب اثر معناداری بر تمایل به پرداخت دارند. واژه های کليدي: ارزش گذاري آب، تمایل به پرداخت، مدل لاجيت، دهلران.

به منظور بهبود تصمیم‌گیری‌های اقتصادی در حرکت به سمت توسعه پایدار، روش‌های ارزش‌گذاری متعددی برای تخمین ارزش کالاها و خدمات غیر بازاری وجود دارد. هنگامی که کالا بازاری دارد، عرضه و تقاضا اطلاعات ارزشمندی در مورد منافع و ارزش حاصل از کالا یا خدمات ارائه می‌کنند، اما برای کالا و خدماتی نظیر آب که ماهیت غیر بازاری دارند، نیاز به اطلاعات بیشتری از سمت تقاضا وجود دارد. به دلیل ماهیت غیر بازاری آب اطلاعات تقاضای آن به طور مستقیم قابل مشاهده نیست (اکبری و همکاران، ۱۳۸۳). در یک مفهوم کلی، ارزش، نشان‌دهنده جلوه مطلوب و خوشایند اشیاء، موقعیت‌ها و نتایج است. اخلاقیات، اولویت‌ها، مبادلات و تمایلات همراه با ریسک، همگی بیان‌کننده ارزش هستند؛ بنابراین طیف وسیعی از تعاریف، دسته‌بندی‌ها و یا مفاهیم نظری در مورد ارزش وجود دارد که هر یک از جنبه‌هایی اهمیت لازم را دارند. برای تعیین ارزش اقتصادی آب روش‌های مختلفی وجود دارد که در یک تقسیم‌بندی کلی باتوجه به نوع نگاه به آب می‌توان آن‌ها را به دو دسته شامل روش‌های ارزش‌گذاری آب به عنوان نهاده تولید و روش‌های ارزش‌گذاری آب به عنوان یک کالای نهایی تقسیم‌بندی کرد. آب در مصارف کشاورزی یا صنعتی به عنوان یک نهاده تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. آب در مصارف خانگی و شهری به صورت یک کالای نهایی به دست مصرف‌کننده یا خدمات عمومی می‌رسد و مصرف‌کننده از مصرف آن مطلوبیت کسب می‌کند یا بخش عمومی و دولت، رفاه اجتماعی را با آن افزایش می‌دهند. برای تعیین ارزش اقتصادی آب عمدتاً از روش‌های ارزش‌گذاری مشروط و روش مشاهده مبادلات بازار آب استفاده می‌شود (Young و Haveman، ۲۰۰۶). روش ارزش‌گذاری مشروط، یک نمونه از الگوی ترجیحات بیان شده است که عموماً از ترجیحات مردم، مستقیماً استخراج می‌شود، به‌ویژه وقتی که برای کالای مورد بررسی بازار واقعی وجود نداشته باشد (Genius و همکاران، ۲۰۰۸). مقاله حاضر با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط دوگانه تمایل به پرداخت برای آب آشامیدنی شهر دهلران را ارزیابی می‌کند. این مقاله با به‌کارگیری مدل رگرسیون لاجیت، عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت شهروندان دهلرانی در مورد ارزش‌گذاری کیفیت آب خانگی مورد بررسی قرار داده است. به طور مشخص هدف تحقیق پیرامون پاسخ به این سوال‌ها بوده است که افراد تا چه میزان حاضر هستند برای داشتن آب آشامیدنی با کیفیت مبلغی بپردازند؟ همچنین، عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت آنان برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی کدام است؟ قسمت‌های دیگر این مقاله عبارتند از: منطقه مورد مطالعه، پارامترهای آب، پیشینه تحقیق، روش تحقیق، جامعه و نمونه آماری، متغیرهای تحقیق.

منطقه مورد مطالعه شامل شهر دهلران در فاصله ۲۲۰ کیلومتری شهر ایلام و در قسمت جنوب شرق این استان می‌باشد. آب‌وهوای دهلران متمایل به گرم است و میزان بارندگی سالانه آن ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. دهلران از شرق به شوش و سوسنگرد و از شمال به آبدانان و دره شهر و از جنوب غربی به عراق محدود است. آب شرب شهر دهلران از نه حلقه چاه تأمین می‌شود که پنج حلقه از چاه‌ها (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) در منطقه بره بیجه (جنوب شرق دهلران) و چهار حلقه از چاه‌ها (۶، ۷، ۸ و ۹) در دشت اکبر (شرق دشت دهلران) قرار گرفته‌اند (افسرده و همکاران، ۱۳۹۳). دهلران دومین شهر پرجمعیت استان ایلام می‌باشد و باتوجه به آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن که در سال ۱۳۹۵ صورت گرفته است جمعیت این شهر ۶۵۶۳۰ نفر بوده است (نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۹۰). پژوهش‌های میدانی در این دشت نشان داده است این دشت به دلیل هم‌جواری با دشت شوش، جنوب بین‌النهرین و ارتفاعات زاگرس، نقش ارتباطی مهمی در برهم‌کنش‌های فرهنگی منطقه غرب و جنوب غرب ایران در دوران پیش از تاریخ داشته است. گستردگی دهلران همسو با چین‌خوردگی‌های زاگرس و در جهت شمال غربی-جنوب شرقی است و رودخانه‌های میمه و دویرج و مسیل‌های بزرگ، آن را به دشت‌های کوچک‌تری تقسیم می‌کنند؛ اما به واسطه عبور رودخانه دویرج از میانه آن، می‌توان دشت دهلران را به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم کرد (بدیعی، ۱۳۷۸). بخش غربی شامل سرزمین‌های واقع در حد فاصل رودخانه‌های میمه و دویرج و بخش شرقی مشتمل بر دشت‌های سمیده، پتک و نهر عنبر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه پژوهش (بدیعی، ۱۳۷۸)

- پارامترهای آب شرب

مهمترین پارامترهای شیمیایی آب شرب عبارت‌اند از: فلوئور (F)، نیترات و نیتريت (NO_3^-)، کلر (CL)، سولفات (SO_4^{2-})، آهن (Fe)، سدیم (Na)، سختی کل (TH)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)

جدول ۱- پارامترهای موجود در آب شرب
دهلران (افسرده و همکاران، ۱۳۹۳)

ردیف	نوع ترکیب	متوسط	واحد
۱	F ⁻	۰/۶	mg/l
۲	NO ₃ ²⁻	۱۵	mg/l
۳	CL ⁻	۷۰	mg/l
۴	SO ₄ ²⁻	۳۵۰	mg/l
۵	Fe	۰/۰۴	mg/l
۶	Na	۶۰	mg/l
۷	TH	۵۶۰	mg/l
۸	TDS	۸۵۰	mg/l
۹	EC	۱۳۵۰	ms/cm

پیشینه موضوع

پیرامون اندازه‌گیری ارزش اقتصادی و ارزش‌گذاری مشروط توسط مدل لاجیت مطالعات مختلفی در داخل و خارج کشور انجام شده است که به‌صورت مختصر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. محمودی و همکاران (۱۳۹۵) ارزش بوستان آبشار یاسوج، یکی از شاخص‌ترین بوستان‌های یاسوج از دید بازدیدکنندگان را بررسی کردند. در این تحقیق متغیرها در قالب مدل رگرسیونی درآمد و توسط مدل لاجیت میزان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر در پرداخت افراد شناسایی شد و با حداکثر درست‌نمایی پارامترهای مدل مشخص شد. براین اساس متوسط ارزش تفریحی سالانه هر خانوار برای بوستان آبشار یاسوج برابر ۱۲۰۵۴/۱ ریال بوده است. مهدوی و همکاران (۱۳۹۶) ارزش تفرجی پارک جنگلی چغاسبز شهرستان ایلام را با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط برآورد کردند. برای برآورد تمایل به پرداخت افراد از الگوی لاجیت بر اساس روش حداکثر درست‌نمایی استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با استفاده از ۲۸۰ پرسشنامه از بازدیدکنندگان این پارک به‌دست آمد. نتایج نشان داد میانگین تمایل به پرداخت هر فرد برای بازدید از این پارک ۱۳۹۶۹/۱ ریال و میانگین تمایل به پرداخت هر خانوار با احتساب ۳ نفر معادل ۴۱۹۰۸/۲ ریال بوده است. تهامی‌پور و بی‌نیازی (۱۳۹۱) ارزش‌گذاری منابع طبیعی با رویکرد مبتنی بر ترجیحات مصرف‌کنندگان در مطالعه موردی کیفیت آب در استان گیلان را بررسی کردند. اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل ۲۴۵ پرسشنامه با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی در سال ۱۳۹۱ در استان گیلان به‌دست آمد. نتایج نشان داد متوسط ارزش اقتصادی آب شرب در مناطق شهری و روستایی استان گیلان به‌ترتیب ۶۴۴۴ و ۵۷۶۹ ریال به‌ازای هر مترمکعب بوده است. همچنین مؤثرترین عوامل در پذیرش مبلغ پیشنهادی و تمایل به پرداخت خانوارهای استان در

مناطق شهری، سطح درآمد ماهیانه خانوار و در مناطق روستایی، کیفیت آب می‌باشند. راسخی و حسینی (۱۳۸۹) ارزش‌گذاری مشروط آب آشامیدنی شهر پل سفید را بررسی کردند. در این تحقیق، با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، به ارزش‌گذاری کیفیت آب آشامیدنی شهر پل سفید پرداخته شد. در این پژوهش با به‌کارگیری یک الگوی لاجیت، عوامل اقتصادی اجتماعی مؤثر بر تمایل به پرداخت مانند درآمد، سن، تعداد فرزندان کوچک در خانه و سطح تحصیلات مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد، ۸۳ درصد از خانوارها، حاضر به پرداخت مبلغی برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی شهر یاد شده بودند. به‌طور مشخص، میانگین تمایل به پرداخت برای آب آشامیدنی سالم حدود ۳۲۹۲۰ ریال برای هر خانوار برآورد شد.

مرادی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان "برآورد ارزش تفریحی فضای سبز و پارک با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط (مطالعه موردی: پارک بهاران شهرستان میبد)" تأثیر متغیرهای: مدت زمان بازدید و سطح تحصیلات با اثر مثبت و متغیرهای وسایل حمل و نقل و حداکثر مبلغ پیشنهادی با اثر منفی و معنی‌داری بر تمایل به پرداخت مبالغ پیشنهادی رسیدند.

دانایی‌فر و همکاران (۱۳۹۹) با مطالعه‌ای با عنوان "برآورد ارزش اکوتوریستی منطقه تنگ تکاب شهرستان بهبهان با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط" تأثیر متغیرهای درآمد، تحصیلات، اندازه خانوار، دفعات بازدید از منطقه و قیمت پیشنهادی بررسی کرده و اثر معنی‌داری روی احتمال تمایل به پرداخت افراد داشته‌اند.

Haq و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با استفاده از دو روش ارزش‌گذاری مشروط و رفتار پیشگیرانه، کیفیت آب در ناحیه ابوت‌آباد^۱ پاکستان را تحلیل و بررسی کردند. به‌منظور تعیین میزان تمایل به پرداخت ساکنان برای بهبود کیفیت آب از رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای با روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده و در روش رفتار پیشگیرانه از چند روش برای برآورد رفتار تصفیه آب خانوار استفاده کردند. آموزش، آگاهی، منابع آب در دسترس و کیفیت آب آشامیدنی عوامل اثرگذار بر تمایل به پرداخت بودند. Vasquez و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای از روش ارزش‌گذاری مشروط انتهای باز، جهت برآورد تمایل به پرداخت افراد، برای آب سالم و مطمئن در پارال مکزیک استفاده نمودند. در این مطالعه، از روش لجستیک برای برآورد تمایل به پرداخت استفاده شد خانوارهای مکزیکی عموماً حاضر به همکاری برای انجام سرمایه‌گذاری جهت توسعه زیربنایی در جهت عرضه مداوم و باکیفیت آب بودند و تمایل داشتند حدود ۱/۸ تا ۷/۵۵ درصد از درآمد خود را برای سرمایه‌گذاری جهت بهبود کیفیت آب بپردازند.

Adamowicz و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعه‌ای در کانادا با استفاده از دو روش غیر بازاری ارزش‌گذاری مشروط و بیان انتخاب بر مبنای مشخصات ارزش، کاهش ریسک سلامتی را برای کانادایی‌ها در زمینه

آب آشامیدنی پاکیزه و سالم، مورد آزمون قرار دادند. خطرات سلامتی که آن‌ها مورد آزمون قرار دادند، شامل بیماری‌های میکروبی و یا مرگ در اثر آن و بیماری سرطان مثانه و یا مرگ در اثر آن می‌باشد. با استفاده از الگوی لاجیت ترکیبی، ترجیحات افراد برای کاهش خطرات ناشی از این دو بیماری را استخراج نمودند. در نهایت آنها نشان دادند کانادایی‌ها تمایل به پرداخت برای کاهش خطرات سلامتی، در ارتباط با آب دارند و ترجیحات معتدل‌تری برای کاهش موارد آلودگی میکروبی نسبت به سرطان دارند.

Do و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه‌ای با عنوان "پایداری اکوسیستم رودخانه: کاربرد روش ارزش‌گذاری مشروط در ویتنام" در بررسی

خود به این نتیجه رسیدند، خانوارها به‌طور قابل توجهی مایل به مشارکت در همه پروژه‌های افزایش تاب‌آوری هستند و با حاکمیت محلی در ارتباط هستند و برای سیاست عمومی در جهت افزایش تاب‌آوری در کشورهای در حال توسعه ضروری هستند:

در جدول (۲) خلاصه‌ای از مطالعات داخلی و خارجی آمده است. به‌طور کلی با توجه به مرور مطالعات داخلی و خارجی می‌توان عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان در روش ارزش‌گذاری مشروط در خصوص ارزش‌گذاری آب خانگی شامل سن، جنس، تحصیلات، میزان درآمد (هزینه)، اندازه خانوار، قیمت پیشنهادی می‌باشد که در این مطالعه مدل سازی، تخمین و تحلیل شده است.

جدول ۲- خلاصه‌ای از مطالعات داخلی و خارجی انجام شده

ردیف	نام/سال	عنوان/مکان	روش/تکنیک	نتیجه کلی
۱	مرادی و همکاران، ۱۴۰۱	برآورد ارزش تفریحی فضای سبز و پارک با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط (مطالعه موردی: پارک بهاران شهرستان میبد)	ارزش‌گذاری مشروط	متغیرهای مدت زمان بازدید و سطح تحصیلات، اثر مثبت و متغیرهای وسایل حمل و نقل و حداکثر مبلغ پیشنهادی اثر منفی و معنی‌داری بر تمایل به پرداخت مبالغ پیشنهادی داشته‌اند.
۲	دانایی‌فرو و همکاران، ۱۳۹۹	برآورد ارزش اکوتوریستی منطقه تنگ تکاب شهرستان بهبهان با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط	ارزش‌گذاری مشروط	متغیرهای درآمد، تحصیلات، اندازه خانوار، دفعات بازدید از منطقه و قیمت پیشنهادی اثر معنی‌داری روی احتمال تمایل به پرداخت افراد دارند.
۳	راسخی و حسینی، ۱۳۸۹	ارزش‌گذاری مشروط آب آشامیدنی شهر پل سفید	ارزش‌گذاری مشروط	۸۳ درصد خانوارها حاضر به پرداخت مبلغی برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی هستند و میانگین تمایل به پرداخت ۳۲۹۲ تومان برای هر خانوار به‌دست آمد.
۴	تهامی‌پورو بی‌نیازی، ۱۳۹۱	ارزش‌گذاری منابع طبیعی با رویکرد مبتنی بر ترجیحات مصرف‌کنندگان، گیلان	ارزش‌گذاری مشروط	متوسط ارزش اقتصادی آب شرب در مناطق شهری و روستایی استان گیلان به‌ترتیب ۶۴۴۴ و ۵۷۶۹ ریال به‌ازای هر متر مکعب به‌دست آمد.
۵	Rosado و همکاران، ۲۰۰۶	ترکیب روش ارزش‌گذاری مشروط و رفتار پیشگیرانه: برنامه‌ای کاربردی برای پرداخت بهای آب آشامیدنی، منطقه شهری اسپرتیو برزیل	ارزش‌گذاری مشروط و رفتار پیشگیرانه	اگر هزینه بهبود کیفیت آب آشامیدنی افزایش یابد تمایل به پرداخت کاهش می‌یابد.
۶	Genius و همکاران، ۲۰۰۸	تمایل مصرف‌کنندگان برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی، شهر ریدینمو	ارزش‌گذاری مشروط	میانگین تمایل به پرداخت شهروندان برای بهبود کیفیت آب، ۱۷/۶۷٪ از صورت حساب ماهانه‌شان به‌دست آمد.
۷	Vasquez و همکاران، ۲۰۰۹	تمایل به پرداخت آب آشامیدنی سالم، پارال	ارزش‌گذاری مشروط	شهروندان تمایل داشتند ۴۵/۶۴٪ بیشتر از قبض آب فعلی خود را برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی بپردازند.
۸	Haq و همکاران، ۲۰۱۰	تعیین نیاز عمومی برای آب آشامیدنی سالم، پارال	ارزش‌گذاری مشروط و رفتار پیشگیرانه	آموزش، آگاهی، منابع آب در دسترس و کیفیت آب آشامیدنی، عوامل اثرگذار بر تمایل به پرداخت بودند.
۹	Adamowicz و همکاران، ۱۹۹۵	ارزش کاهش ریسک سلامتی در زمینه آب آشامیدنی پاکیزه، کانادا	ارزش‌گذاری مشروط	کانادایی‌ها در ارتباط با آب، تمایل به پرداخت بالایی برای کاهش خطرات سلامتی دارند.
۱۰	Do و همکاران، ۲۰۲۲	پایداری اکوسیستم روخانه: کاربرد روش ارزش‌گذاری مشروط در ویتنام	ارزش‌گذاری مشروط	خانوارها به‌طور قابل توجهی مایل به مشارکت در همه پروژه‌های افزایش تاب‌آوری هستند و با حاکمیت محلی در ارتباط هستند و برای سیاست عمومی در جهت افزایش تاب‌آوری در کشورهای در حال توسعه ضروری هستند.

می‌کند تمایل به پرداخت افراد را تحت سناریوهای بازار فرضی مطمئن تعیین کند (Han و Lee، ۲۰۰۲). دونقطه قوت قابل توجه در استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط وجود دارد، ۱- با این روش علاوه بر اینکه می‌توان تمایل به پرداخت استفاده‌کنندگان از منبع طبیعی موردنظر را به‌دست آورد، تمایل به پرداخت را در شرایط بروز تغییرات محیط‌زیستی در اکوسیستم مورد مطالعه می‌توان اندازه گرفت. ۲- با استفاده از این روش می‌توان در روش هزینه سفر ارزش‌گذاری سفرهای دارای چند مقصد را با سؤالات فرضی در مورد هر یک از مقصدها اقدام کرد.

روش ارزش‌گذاری مشروط از پرسش‌های فرضی، با هدف تعیین میزان تمایل به پرداخت، برای منافع خاصی استفاده می‌کند. در روش ارزش‌گذاری مشروط از پاسخ‌دهندگان خواسته می‌شود تغییراتی را ارزش‌گذاری کنند که بین دو موقعیت توضیح داده شده اتفاق می‌افتد. به این ترتیب طراحی پرسشنامه برای ارزش‌گذاری مشروط، قسمت اصلی این روش را تشکیل می‌دهد. در این پژوهش برای برآورد ارزش اقتصادی کیفیت آب خانگی شهر دهلران از روش ارزش‌گذاری مشروط-روش انتخاب دو گانه دوبعدی (DDC)^۲ استفاده شد.

• روش انتخاب دوگانه دوبعدی (DDC)^۲

Hanemann و Carson (۲۰۰۵) روش دوگانه تک بعدی (SDC) را تعدیل و اصلاح نموده که نتیجه آن روش انتخاب دوگانه دو بعدی (DDC) بود. این روش مستلزم تعیین و انتخاب یک پیشنهاد بیشتر نسبت به پیشنهاد اولیه است. پیشنهاد بیشتر به جواب بلی یا خیر (عکس‌العمل پاسخگو) در پیشنهاد اولیه بستگی دارد. مهمترین مزیت این روش آن است که فرد قادر به برآورد حداکثر مقدار (WTP)^۳ از میان داده‌ها است. این روش به‌عنوان روشی سازگار تلقی شده و کارا تر از روش DC تک بعدی است. مهمترین مزیت این روش این است که فرد قادر خواهد بود مقدار حداکثر تمایل به پرداخت را از داده‌های استخراج شده از این روش، مشخص نماید (امیرنژاد و عطایی سلوط، ۱۳۹۰). این روش نوعی ارزیابی بر اساس پرسشنامه است که پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ معادل ۸۶ درصد انجام شده است و در آن به پاسخ‌دهندگان فرصت می‌دهد تا تصمیم اقتصادی خود را بگیرند. در این روش، در یک بازار فرضی برای آب آشامیدنی با کیفیت خوب، مبلغی به فرد پیشنهاد می‌شود و فرد بر اساس حداکثر کردن مطلوبیت خود، تمایل به پرداخت خود را نسبت به مبلغ پیشنهادی ابراز می‌دارد. پذیرفتن مبلغ پیشنهادی (مطلوبیت حاصل از پذیرش) بالاتر از مطلوبیت عدم پذیرش پیشنهاد است که در فرم ریاضی به‌صورت رابطه (۱) نشان داده می‌شود:

$$U(1, y-A, s) + \epsilon_1 \geq U(0, y, s) + \epsilon_0 \quad (1)$$

که در آن U مطلوبیت غیرمستقیمی است که فرد به‌دست می‌آورد، Y درآمد فرد، A مبلغ پیشنهادی و S سایر ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی است. ϵ_0 و ϵ_1 نیز متغیرهای تصادفی با میانگین صفر هستند که به‌طور برابر و مستقل توزیع شده‌اند.

تجزیه و تحلیل نیازهای اقتصادی و اجتماعی مردم می‌تواند به پیش‌بینی نیازها و کمبودهای آب آشامیدنی و نیازهای بهداشتی کمک‌های قابل توجهی کند، ازجمله این عوامل می‌توان به ارزشی که مردم برای آب آشامیدنی قائل هستند اشاره کرد که در ادبیات اقتصاد منابع و بخش عمومی برای کالای عمومی یا محیط‌زیستی مفهوم تمایل نهایی به پرداخت ابراز می‌کند. یکی از روش‌های استاندارد و انعطاف‌پذیر و پرکاربرد (برای اندازه‌گیری تمایل به پرداخت) روش ارزش‌گذاری مشروط می‌باشد (خداوردی زاده و همکاران، ۱۳۸۷). ارزش‌گذاری بهبود کیفیت آب آشامیدنی، تجزیه و تحلیل تمایل به پرداخت و مخارج واقعی در بازار برای بهبود آب‌لوله‌کشی است که نوعی ارزش‌گذاری غیر بازاری است. این روش عموماً زمانی استفاده می‌شود که قیمت‌های بازاری بعضی کالاهای عمومی (مثل کیفیت آب آشامیدنی) هزینه واقعی آن را نشان نمی‌دهد. عنصر اصلی در تعیین قیمت این کالاها، تمایل به پرداخت می‌باشد. تمایل به پرداخت به‌دست‌آمده از این روش، ترجیحات افراد را مشخص می‌کند که می‌توان آن را اندازه پولی برای دسترسی به کالا یا خدمت تفسیر کرد. معمولاً به دو روش مستقیم و غیرمستقیم می‌توان تمایل به پرداخت افراد را مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار داد. در روش مستقیم، از مردم مستقیماً سؤال می‌شود که تمایل به پرداخت آن‌ها برای بهبود کیفیت آب لوله‌کشی چقدر است؟ در این روش تمایل به پرداخت از طریق پرسشنامه برآورد می‌شود. از مهمترین روش‌های به‌کار گرفته شده در روش مستقیم، ارزش‌گذاری مشروط است. در روش ارزش‌گذاری مشروط، فرد بر اساس یک بازار فرضی تصمیم می‌گیرد؛ یعنی تمایل به پرداخت باتوجه به یک رفتار فرضی و نه رفتار واقعی، برآورد می‌شود. نقدی که بر این روش مطرح است آن است که آیا پاسخ‌های داده شده به سؤالات فرضی معتبر هستند یا نه؟ و آیا می‌توان تنها با تکیه بر این پاسخ‌ها تمایل به پرداخت را برآورد نمود؟ این مشکل، با توجه ویژه به پرسشنامه و به‌کارگیری دقت در طرح سؤالات قابل حل می‌باشد (Gorbunova و Gnedenko، ۱۹۹۸).

پژوهش‌های متعددی درباره برآورد ارزش اقتصادی آب آشامیدنی به روش ارزش‌گذاری مشروط انجام شده است. این روش به‌عنوان یک روش انعطاف‌پذیر برای اندازه‌گیری ارزش غیربازاری منابع محیط‌زیستی به‌کار می‌رود. این روش ظاهراً ساده به نظر می‌رسد یعنی تنها از عده‌ای پرسیده می‌شود که چقدر تمایل به پرداخت برای کالای خاص دارند؛ درحالی‌که در استفاده از این روش نه تنها به نظریه‌های اقتصادی نیاز است، بلکه به چندین نظام و قواعد جامعه‌شناسی، روانشناسی، آمار و اقتصادسنجی نیاز است (امامی و قاضی، ۱۳۸۷). روش ارزش‌گذاری مشروط به‌عنوان یکی از روش‌های استاندارد و انعطاف‌پذیر برای ارزش‌گذاری منافع غیرمصرفی و منافع مصرفی غیر بازاری منابع محیط‌زیستی به‌کار می‌رود (Hanemann، ۱۹۹۴). این روش تلاش

تفاوت مطلوبیت (ΔU) را می‌توان به صورت رابطه (۲) نشان داد:

$$\Delta U = U(1, Y, A, S) - U(0, Y, S) + (\epsilon_1 - \epsilon_0) \quad (2)$$

در روش ارزش‌گذاری مشروط برای تعیین تمایل به پرداخت افراد معمولاً از پرسشنامه دوگانه استفاده می‌شود و دارای یک متغیر وابسته با انتخاب دوگانه (پذیرش یا عدم پذیرش مبلغ پیشنهادی) می‌باشد که به یک مدل کیفی انتخابی نیاز دارد. معمولاً مدل‌های لاجیت و پروبیت برای روش‌های انتخاب کیفی استفاده می‌شوند؛ بنابراین در این روش با استفاده از ابزار پرسشنامه، مبلغ پیشنهادی باتوجه به میانگین قبض آب بها برای برخورداری از آب باکیفیت خوب به فرد (سرپرست خانوار) پیشنهاد می‌شود و همچنین سایر متغیرهای اجتماعی-اقتصادی مثل تحصیلات، درآمد، هزینه، سن و اعضای خانوار سؤال می‌شود. سپس یک الگوی کیفی مانند مدل لاجیت برآورد می‌شود. احتمال (π) پذیرش یکی از پیشنهادها توسط فرد (A) بر اساس مدل لاجیت به صورت رابطه (۳) نشان داده می‌شود (Carson و Hanemann, ۲۰۰۵).

$$\pi_1 = F_{\pi}(\Delta U) = 1 / (1 + \exp(-\Delta U)) = 1 / (1 + \exp\{-(\alpha - \beta A + \gamma Y + \theta S)\}) \quad (3)$$
 که در آن $F_{\pi}(\Delta U)$ تابع توزیع تجمعی است و بعضی از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی را در برمی‌گیرد. γ ، θ و β نیز ضرایبی هستند که باید برآورد شوند و انتظار می‌رود $\gamma > 0$ ، $\theta > 0$ و $\beta \geq 0$ باشند. ارزش اقتصادی کل از طریق انتگرال‌گیری سطح زیر منحنی توزیع احتمال لاجیت محاسبه می‌شود. بر اساس تعریف الگو در رابطه فوق، انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بی‌نهایت با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی که رایج‌ترین تکنیک برای تخمین مدل لاجیت می‌باشد، به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود (Lehtonen و همکاران, ۲۰۰۳).

$$E(wtp) = \int_0^{\infty} F_{\pi}(\Delta U) dA = \int_0^{\infty} (1 / (1 + \exp(-\alpha^* + \beta A))) dA \quad (4)$$
 که در آن $E(wtp)$ مقدار انتظاری تمایل به پرداخت و α^* عرض از مبدأ تعدیل شده می‌باشد که به وسیله پارامترهای اجتماعی-اقتصادی به جمله عرض از مبدأ اصلی α اضافه شده است و به صورت رابطه (۵) نشان داده می‌شود.

$$[\alpha^* = (\alpha + \gamma Y + \theta S)] \quad (5)$$
 یکی از اهداف مهم در برآورد مدل لاجیت، پیش‌بینی آثار تغییر در متغیرهای توصیفی بر احتمال پذیرش مبلغ پیشنهادی توسط فرد می‌باشد. احتمال پذیرش مبلغ پیشنهادی توسط هر فرد مصاحبه‌شونده به صورت رابطه (۶) است.

$$\pi_i = F(x_i^* \lambda) = 1 / (1 + \exp^{x_i^* \lambda}) \quad (6)$$
 که در آن x_i^* متغیرهای توصیفی و λ پارامترهایی است که باید برآورد شود. برای ارزیابی آثار تغییر در هر یک از متغیرهای مستقل X_{ik} روی احتمال پذیرش مبلغ پیشنهادی، باید از رابطه فوق مشتق جزئی گرفت که حاصل به صورت رابطه (۷) نشان داده می‌شود.

$$\partial \pi_i / \partial x_{ik} = (\exp^{x_i^* \lambda} / (1 + \exp^{x_i^* \lambda})^2) \times \lambda_k \quad (7)$$
 که در آن λ_k پارامتر متغیر مستقل k ام است. این رابطه تحت عنوان

اثر نهایی شناخته می‌شود و از آن برای تفسیر ضرایب مدل برآورد شده به جای پارامترها استفاده می‌شود.

در نهایت با استفاده از تحلیل رگرسیون، عوامل مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت ابراز شده برای برخورداری از آب باکیفیت بالا از طرف خانوارهای شهر دهلران مورد شناسایی و تحلیل قرار می‌گیرد. برای این کار حداکثر مبلغ اعلام شده از طرف فرد به عنوان حداکثر تمایل به پرداخت در طول یک دوره به عنوان متغیر وابسته بر روی متغیرهای اقتصادی و اجتماعی و همچنین میزان مصرف آب در طول دوره برازش می‌شود. این رگرسیون به صورت رابطه (۸) بیان می‌شود.

$$y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + U_i \quad (8)$$
 که در آن y حداکثر تمایل به پرداخت در طول یک دوره است، X_1 میزان درآمد ماهانه خانوار، X_2 میزان تحصیلات سرپرست خانوار، X_3 میزان مصرف آب خانوار در طول دوره، X_4 تعداد اعضای خانوار، X_5 کیفیت آب مصرفی و U_i عبارت اخلال می‌باشد.

• جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری در این تحقیق شامل خانوارهای شهر دهلران، طی آبان و آذر سال ۱۳۹۷ بود. به منظور گردآوری داده‌های مورد نیاز درباره افراد جامعه از روش نمونه‌گیری احتمالی (تصادفی) ساده استفاده شد. همچنین یکی از روش‌های آماری که برای برآورد حجم نمونه به کار می‌رود، فرمول کوکران است. در پژوهش حاضر باتوجه به اینکه اندازه جامعه مشخص و محدود بود، با در نظر گرفتن سطح خطای (d) ۵ درصد و سطح اطمینان ۹۵ درصد برای نمونه‌گیری، اندازه نمونه مورد نیاز تعداد ۳۸۴ نفر به دست آمد که به صورت رابطه (۹) نشان داده می‌شود:

$$n = (Z^2 \times p \times q / d^2) / ((Z^2 \times p \times q / d^2) - 1) + 1 / N \quad (9)$$
 که در آن n حجم نمونه، Z مقدار متغیر نرمال استاندارد، که در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر (۱/۹۶) می‌باشد. p مقدار نسبت صفت موجود در جامعه است و q درصد افرادی که فاقد آن صفت در جامعه هستند (مقدار هر کدام ۰/۵ در نظر گرفته شد). N جمعیت جامعه آماری مورد نظر می‌باشد.

• توصیف و تحلیل متغیرهای تحقیق

در این قسمت به توصیف و تفسیر متغیرهای به کار رفته در مدل پرداخته می‌شود.

باتوجه به جدول (۳) میانگین درآمد ۳۶ میلیون ریال می‌باشد، حداقل درآمد ۱۳ میلیون ریال و بیشترین درآمد ۱۰۰ میلیون ریال می‌باشد. میانگین هزینه ۲۵ میلیون ریال و انحراف آن ۹۴۵ میلیون ریال است. همچنین میانگین سنی پاسخ‌دهندگان ۳۶ سال هست که انحراف معیار آن ۱۰/۵۹ می‌باشد. همچنین میانگین تعداد اعضای خانوار ۵ نفر و میانگین افراد تحصیل کرده ۳ نفر می‌باشد. از جمع

پاسخگویان ۳۷/۵۰٪ زن و ۶۲/۵۰٪ مرد هستند که ۳۶/۷۲٪ مجرد و ۶۳/۲۸٪ متأهل می‌باشند همچنین از لحاظ تحصیلات ۲۲٪ دارای مدرک زیر دیپلم و دیپلم ۲۹٪ دارای مدرک فوق دیپلم، ۳۶٪ مدرک کارشناسی و... که از این آمار بیشترین فراوانی مربوط به مدرک کارشناسی و کمترین مربوط به مدرک دکتری می‌باشد. همچنین ۶۲٪ دارای شغل آزاد و ۳۸٪ کارمند دولت هستند. همچنین میانگین سنی پاسخ‌دهندگان ۳۶ سال هست که انحراف معیار آن ۱۰/۵۹ است، تعداد اعضای خانوار از ۲ نفر تا ۸ نفر متغیر هست که از این تعداد ۱ نفر تا ۸ نفر دارای تحصیلات هستند و میانگین آن‌ها ۵ نفر است.

جدول ۳- توصیف متغیرهای تحقیق (واحد میلیون ریال)

متغیر	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار
درآمد	۳۶	۱۳	۱۰۰	۲۰۰۲۸۳۰
هزینه	۲۵	۱۰۰	۴۰۰	۹۴۵۹۹۸/۴
سن	۳۵/۹۵۳	۱۳	۷۲	۱۰/۵۹۱۸
تعداد افراد تحصیل کرده	۳	۱	۸	۱/۳۳۸۱۶۳
تعداد اعضای خانوار	۵	۲	۹	۱/۸۴۱۴۵۸

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود ۳۷/۵۰٪ از پاسخ‌دهندگان زن و ۶۲/۵۰٪ مرد هستند که ۳۶/۷۲٪ مجرد و ۶۳/۲۸٪ متأهل می‌باشند همچنین از لحاظ تحصیلات ۲۲٪ دارای مدرک زیر دیپلم و دیپلم ۲۹٪ دارای مدرک فوق دیپلم، ۳۶٪ مدرک کارشناسی و... که از آمار بیشترین فراوانی مربوط به مدرک کارشناسی و کمترین مربوط به مدرک دکتری می‌باشد. همچنین ۶۲٪ دارای شغل آزاد و ۳۸٪ کارمند دولت هستند.

جدول ۴- متغیرهای توصیفی گسسته

متغیرها	زیرمجموعه	فراوانی	درصد
جنسیت	زن	۱۴۴	۳۷/۵۰
	مرد	۲۴۰	۶۲/۵۰
وضعیت	مجرد	۱۴۱	۳۶/۷۲
تأهل	متأهل	۲۴۳	۶۳/۲۸
تحصیلات	کمتر از دیپلم و دیپلم	۸۳	۲۱/۶۱
	فوق دیپلم	۱۱۱	۲۸/۹۱
	کارشناسی	۱۴۰	۳۶/۴۶
	کارشناسی ارشد	۴۵	۱۱/۷۲
	دکتری	۵	۱/۳۰
شغل	آزاد	۲۳۷	۶۱/۷۲
	دولتی	۱۴۷	۳۸/۲۸

باتوجه به جدول (۵) می‌توان گفت که ۹۲٪ از پاسخ‌دهندگان آب‌لوله‌کشی را به عنوان منبع آب آشامیدنی انتخاب کرده‌اند و فقط ۵٪ آب چشمه را انتخاب کرده‌اند. ۱۱۸ نفر کیفیت آب آشامیدنی را در حد متوسط انتخاب کرده‌اند که بیشترین فراوانی را دارد و کمترین فراوانی مربوط به مورد کیفیت خیلی خوب هست که فراوانی ۴/۶۹٪ دارد. بیشترین فراوانی دلیل نارضایتی از آب‌لوله‌کشی مربوط به مزه بد هست که تعداد ۱۲۰ نفر بالغ بر ۳۲٪ این مورد را انتخاب کرده‌اند و کمترین فراوانی هم مربوط به رنگ نامناسب می‌باشد. همچنین اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال در بین مردم با ۲۵/۵۲٪ از مردم اطلاعات زیادی در این مورد داشتند.

جدول ۵- متغیرهای توصیفی گسسته از بخش داده‌های اجتماعی

متغیر	فراوانی	درصد
منبع اصلی آب آشامیدنی	آب لوله‌کشی	۳۵۲
	آب چاه	۳
	آب معدنی	۲۱
	آب چشمه	۵
	سایر	۳
ارزایی کیفیت آب آشامیدنی (لوله‌کشی)	خیلی خوب	۱۸
	خوب	۹۰
	متوسط	۱۱۸
	بد	۸۰
	خیلی بد	۷۸
دلیل نارضایتی از آب لوله‌کشی در صورت نارضایتی	مزه بد	۱۲۰
	بوی بد	۴۳
	رنگ نامناسب	۳۶
	املاح باقیمانده در ظرف	۵۱
	رسوب در لوله	۶۸
	سایر	۵۴
اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال	خیلی زیاد	۷۱
	زیاد	۹۸
	متوسط	۹۴
	کم	۶۰
	خیلی کم	۶۱
علت نداشتن تمایل به پرداخت یا تمایل به پرداخت پایین	خوب بودن کیفیت آب	۱۱
	از وظایف آب و فاضلاب است	۱۵۰
	عدم اعتماد به کارایی ارکان ذی ربط	۲۹
	درآمد پایین	۷۶
	سایر	۱۷

• بررسی میزان تمایل به پرداخت

در این بخش به منظور محاسبه میزان تمایل به پرداخت افراد، سه مبلغ پیشنهادی ۴۰۰۰۰ ریال، ۶۰۰۰۰ ریال و ۲۰۰۰۰ ریال به صورت سه سؤال وابسته به یکدیگر مطرح شد. در سؤال اول مبلغ پیشنهادی اولیه (۴۰۰۰۰ ریال) پرسش شده است. در صورت ارائه پاسخ منفی مبلغ پیشنهادی پایین تر (۲۰۰۰۰ ریال) و در صورت ارائه پاسخ مثبت مبلغ پیشنهادی بالاتر (۶۰۰۰۰ ریال) سؤال شد. پاسخ گویان در مواجهه شدن با مبلغ پیشنهادی می توانستند آن را پذیرفته و یا نپذیرند. همچنین در انتها حداکثر تمایل به پرداخت پاسخ دهندگان نیز برای تحلیل های بعدی پرسیده شد. نتایج حاصل از تمایل به پرداخت جهت ارزش گذاری آب خانگی شهر دهلران در جدول (۲) آمده است. باتوجه به داده های این قسمت از بین ۳۸۴ پاسخ دهنده، ۲۴۰ نفر (۶۲/۵۰٪) اولین مبلغ پیشنهادی (۴۰۰۰۰ ریال) را برای بهبود کیفیت آب خانگی پذیرفتند و ۱۴۴ نفر (۳۷/۵۰٪) این پیشنهاد را رد کردند و تمایل به پرداخت (۴۰۰۰۰ ریال) از درآمد ماهیانه خود را نداشتند. به ۱۱۴ نفر پاسخ دهنده ای که مبلغ پیشنهادی اولیه (۴۰۰۰۰ ریال) را نپذیرفته بودند مبلغ پایین تر (۲۰۰۰۰ ریال) پیشنهاد شد که از این تعداد ۶۰ نفر (۴۱/۶۷٪) این مبلغ را پذیرفتند و ۸۴ نفر (۵۸/۳۳٪) حاضر به پرداخت این مبلغ نشدند و از ۲۴۰ پاسخ دهنده ای که اولین مبلغ پیشنهادی (۴۰۰۰۰ ریال) را پذیرفته بودند در گروه پیشنهاد بالاتر قرار گرفتند آیا تمایل به پرداخت (۶۰۰۰۰ ریال) از درآمد ماهیانه خود برای استفاده آب خانگی دارند یا خیر؟ ۹۶ نفر (۴۰٪) از پاسخ گویان این پیشنهاد را پذیرفتند و ۱۴۴ نفر (۶۰٪) از پاسخ دهندگان این پیشنهاد را رد کردند.

جدول ۶- وضعیت پاسخگویی تمایل به پرداخت با سه مبلغ پیشنهادی برای محاسبه ارزش اقتصادی کیفیت آب خانگی شهر دهلران

وضعیت و مبلغ	مبلغ پیشنهادی اولیه (۴۰۰۰۰ ریال)	مبلغ پیشنهادی بالا (۶۰۰۰۰ ریال)	مبلغ پیشنهادی پایین (۲۰۰۰۰ ریال)
پذیرش	۲۴۰	۹۶	۶۰
تعداد	۶۲/۵۰	۴۰	۴۱/۶۷
عدم پذیرش	۱۴۴	۱۴۴	۸۴
تعداد	۳۷/۵۰	۶۰	۵۸/۳۳
جمع	۳۸۴	۲۴۰	۱۴۴
درصد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

نتایج

• تفسیر ضرایب مدل لاجیت

در این مطالعه به منظور بررسی عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت افراد از مدل لاجیت استفاده شد. در این روش پاسخ های داده شده به پرسش های روش ارزش گذاری مشروط (بله یا خیر) به عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرها از جمله مبلغ پیشنهادی و متغیرهای اقتصادی- اجتماعی به عنوان متغیرهای مستقل استفاده شد. از آنجایی که چنین مدلی با روش مربعات معمولی قابل برآورد نیست، برای برآورد این مدل از روش حداکثر راست نمایی استفاده شد (Loomis و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج برآورد ضرایب متغیرهای توضیحی مدل لاجیت، سطوح معناداری آماری آن ها و تأثیرگذاری این متغیرها بر متغیر وابسته با استفاده از روش حداکثر راست نمایی در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷- نتایج ضرایب مدل لاجیت برای محاسبه تمایل به پرداخت آب خانگی شهر دهلران

متغیرها	آماره رگرسیون خطی	انحراف معیار	احتمال	اثرات نهایی
عرض از مبدأ	۵/۲۸۷۰۷۲	۳/۴۴۵۸۱۲	۰/۱۲۵	-
جنسیت	-۱/۳۴۳۲۴۸	۰/۷۰۹۴۰۶۳	۰/۰۵۸	-۰/۰۵۳۰۶۰۸
وضعیت تأهل	۰/۲۳۴۴۰۱۶	۰/۷۷۰۲۰۸۶	۰/۷۶۱	۰/۰۰۹۲۵۹۳
تحصیلات	-۰/۵۴۴۵۰۱۷	۰/۳۷۶۷۳۱۶	۰/۱۴۸	-۰/۰۲۱۵۰۸۸
شغل	۰/۵۰۰۸۱۳۵	۰/۷۲۹۳۸۷۸	۰/۴۹۲	۰/۰۱۹۷۸۳۱
تعداد اعضای خانوار	۰/۱۰۹۹۶۰۵	۰/۲۲۸۰۶۷۶	۰/۶۳۰	۰/۰۰۴۳۴۳۶
سن	۰/۰۴۰۴۹۸۴	۰/۰۳۷۳۴۱۴	۰/۳۷۸	۰/۰۰۱۵۹۹۸
درآمد	-۲/۳۷۰۰۷e	۱/۹۰۰۰۷e	۰/۲۱۱	-۹/۳۷۰۰۹e
قبض ماهیانه آب	۰/۰۱۳۵۳	۲/۸۶۰۰۶e	۰/۰۵۶	۲/۱۶۰۰۷e
هزینه خانوار	۷/۴۳۰۰۹e	۴/۷۰۰۰۷e	۰/۹۸۷	۲/۹۴۰۱۰e
نگرانی از سلامت آب آشامیدنی	۰/۸۷۸۷۹۶۸	۰/۳۳۱۴۰۱۵	۰/۰۰۸	۰/۰۳۴۷۱۴
کیفیت آب آشامیدنی	-۰/۴۸۳۳۴۸۷	۰/۹۰۸۰۱۷۶	۰/۵۹۵	-۰/۰۱۹۰۵۳۷
اطلاعات در مورد بیماری های قابل انتقال از طریق آب آشامیدنی	۰/۷۲۹۶۲۷۳	۰/۳۱۲۷۰۱۹	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸۸۲۱۶

متغیها	آماره رگرسیون خطی	انحراف معیار	احتمال	اثرات نهایی
میزان مصرف هفتگی از آب معدنی	۰/۰۵۹۲۰۰۹	۰/۰۳۰۴۲۳۳	۰/۰۵۲	۰/۰۰۳۳۸۵
میزان مصرف از دستگاه تصفیه آب	-۰/۱۲۸۰۷۸	۰/۱۳۲۸۹۲۶	۰/۳۳۵	-۰/۰۰۵۰۵۹۳
بهبود کیفیت آب آشامیدنی از طریق آب و فاضلاب	۲/۴۶۶۶۷۸	۰/۹۵۰۴۱۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۹۷۴۳۸۴
مبلغ پیشنهادی	-۳/۸۴۱۹۸۶	۰/۷۲۸۸۵۶	۰/۰۰۰	-۰/۱۵۱۷۶۵۶
مک فادن	۰/۶۲۳۹	-	-	-
رگرسیون لاجستیک (LR)	۱۲۹/۴۴	-	۰/۰۰۰	-

فلوریدا که مردان نسبت به زنان حاضر به پرداخت مبلغ بیشتری بودند (Shrestha و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت دارد.

مقدار ضریب متغیر وضعیت تأهل ۰/۲۳۴ برآورد شد که این ضریب مثبت شد با این حال به دلیل ماهیت موهومی این متغیر تفسیر مستقیم آن مدنظر نبوده و اثر نهایی آن مورد تفسیر قرار گرفت. مقدار اثر نهایی متغیر وضعیت تأهل نشان می‌دهد که تغییر آن از مجرد به متأهل سبب افزایش احتمال تمایل به پرداخت پاسخ‌دهنده به میزان ۰/۰۰۹۳ درصد می‌شود. می‌توان گفت افراد متأهل نسبت به افراد مجرد احتمال تمایل به پرداخت بالاتری دارند.

مقدار ضریب متغیر تحصیلات ۰/۵۴۴۵- برآورد شد. این متغیر از لحاظ آماری معنادار نیست و علامت مورد انتظار را ندارد به طوری که با افزایش تحصیلات میزان تمایل به پرداخت کاهش می‌یابد. مقدار اثر نهایی متغیر مربوطه ۰/۰۲۲- است یعنی به ازای یک سال افزایش در متغیر تحصیلات میزان تمایل به پرداخت ۰/۰۲۲ درصد کاهش می‌یابد. مقدار ضریب تعداد اعضای خانوار ۰/۱۰۹۹۶۰۵ برآورد شد. این متغیر از لحاظ آماری معنادار نیست ولی علامت مورد انتظار را دارد به طوری که با افزایش تعداد خانوار میزان تمایل به پرداخت افزایش می‌یابد. اثر نهایی متغیر تعداد اعضای خانوار با افزایش یک نفر به اعضای خانواده احتمال پذیرش مبالغ پیشنهادی برای پاسخ‌دهندگان را ۰/۰۰۴ افزایش می‌دهد که مطابق انتظارات تئوریک می‌باشد.

مقدار ضریب متغیر سن ۰/۰۴۰۴۹۸۴ برآورد شد که این متغیر از لحاظ آماری در سطح ۹۰ درصد معنادار است و این نشان می‌دهد که سن افراد تأثیری معنی‌دار بر پذیرش یا رد مبلغ پیشنهادی دارد؛ و بر اساس اثر نهایی آن با افزایش هر سال به سن افراد، احتمال پذیرش مبالغ پیشنهادی را برای پاسخ‌دهندگان ۰/۰۰۱۶ افزایش می‌یابد.

مقدار ضریب قبض ماهیانه آب تأثیر مثبت و معناداری بر تمایل به پرداخت دارد به طوری که با افزایش قبض ماهیانه آب تمایل به پرداخت ۰/۰۰۱۹۶۹ افزایش می‌یابد. مقدار ضریب درآمد و هزینه‌بر تمایل به پرداخت تقریباً صفر و کاملاً بی‌معنا است.

ضریب نگرانی از سلامت آب آشامیدنی مثبت و معنادار برابر با ۰/۸۷۸۷۹۴۸ بود که مطابق با انتظار تئوریک می‌باشد اثر نهایی نگرانی از سلامت آب آشامیدنی ۰/۰۳۴۷۱۴ است که نشان‌دهنده آن است که اگر یک درصد نگرانی از سلامت آب افزایش (کاهش) یابد تمایل به پرداخت برای کیفیت آب افزایش (کاهش) می‌یابد.

در رگرسیون لاجستیک (LR) مانند رگرسیون معمولی باید معنی‌دار بودن ضرایب متغیرهای مستقل را آزمون کرد که این کار به کمک آماره رگرسیون خطی به دست آمده از مدل، به صورت زیر بیان می‌شود:

نتایج نشان‌دهنده این است که مقدار آماره LR مدل ۱۲۹/۴۴ است و در سطح خطای ۰/۰۵ معنی‌دار است؛ بنابراین با ضریب اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که فرض صفر بودن هم‌زمان ضریب تمامی متغیرها رد می‌شود و در نتیجه مدل معنی‌دار است این آماره همانند آماره F در رگرسیون خطی می‌باشد. نتایج حاصل آماره مک فادن مدل نشان می‌دهد که مقدار این آماره در مدل ۰/۶۲۳۹ درصد می‌باشد؛ و این به این معنی است که متغیرهای مستقل مدل از قدرت توزیع دهنده خوبی برخوردارند و ۶۲٪ متغیر وابسته به وسیله متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود این آماره همانند آماره R^2 در رگرسیون خطی می‌باشد.

متغیر مستقل مبلغ پیشنهادی دارای ضریب تخمینی ۳/۸۴- است که در خطای ۵ درصد معنادار می‌باشد. علامت منفی این ضریب حاکی از آن است که چنانچه مبلغ پیشنهادی به عنوان مبلغ بهبود کیفیت آب خانوارها افزایش پیدا کند، تمایل به پرداخت (قبول مبلغ پیشنهادی) کاهش می‌یابد. اثر نهایی مبلغ پیشنهادی ۰/۱۵۲- می‌باشد که این به این معنی است که افزایش (کاهش) یک واحدی مبلغ پیشنهادی احتمال تمایل به پرداخت را ۰/۱۵۲ کاهش (افزایش) می‌دهد. این نتیجه با نتایج تحقیقات قربان‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) در برآورد ارزش اقتصادی منابع آب موجود در تالاب شادگان و دریاچه اوژن و پریشان همخوانی دارد.

مقدار برآوردی ضریب متغیر جنسیت ۱/۳۴- است. این متغیر از لحاظ آماری معنادار نیست؛ به این معنا که تفاوتی بین زنان و مردان برای تمایل به پرداخت وجود ندارد؛ اما با توجه به ماهیت موهومی بودن متغیر جنسیت تفسیر مستقیم آن مدنظر نبوده بلکه اثر نهایی آن مورد تفسیر قرار خواهد گرفت. مقدار اثر نهایی متغیر جنسیت نشان می‌دهد که تغییرات این متغیر از زن به مرد سبب افزایش احتمال تمایل به پرداخت پاسخ‌دهنده به میزان ۰/۰۵۳- می‌شود. این مورد با مطالعه Haveman و Young (۲۰۰۶) در سنجش ارزش خدمات اکوسیستم تالاب در هانگ ژائو چین و در بررسی مطبوعیت محیط زیستی منطقه رودخانه آپالایکولا در

• محاسبه ارزش اقتصادی کیفیت آب خانگی شهر دهلران

میانگین تمایل به پرداخت هر فرد (۵۸۷۵) × میانگین تعداد افراد خانوار (۴/۹۹) = متوسط ارزش اقتصادی کیفیت آب خانگی شهر دهلران برای هر خانواده (ریال ۲۹۳۱۶)
کل جمعیت شهر دهلران (۶۵۶۳۰) × متوسط ارزش اقتصادی کیفیت آب خانگی شهر دهلران برای هر خانواده (۲۹۳۱۶) = ارزش اقتصادی کل (ریال ۱۹۲۴۰۰۹۰۸۰)

نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، تعیین ارزش اقتصادی آب آشامیدنی شهر دهلران با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط و همچنین تعیین عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت شهروندان دهلرانی برای آب آشامیدنی بود. نتایج مطالعه حاضر به وضوح نشان می‌دهد مردم به کیفیت آب آشامیدنی اهمیت داده و حاضر هستند مبلغی برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی بپردازند که در اغلب مطالعات دیگران تأیید شده است (مرادی، و همکاران، ۱۴۰۱؛ دانایی فر و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج مطالعه نشان داد، درآمد ماهیانه با حداکثر تمایل به پرداخت خانوارها رابطه مثبت دارد، به این معنی که هرچه درآمد بیشتر باشد تمایل به پرداخت بیشتر خواهد شد. همچنین مصرف آب خانوار با حداکثر تمایل به پرداخت آنها رابطه مثبت دارد با استفاده از داده‌های به دست آمده و آزمون نیکوی برازش (مک فادن)، این متغیر از لحاظ آماری کاملاً معنادار بود، به طوری که با افزایش قبض ماهیانه آب، تمایل به پرداخت افزایش داشته است. تعداد اعضای خانوار با حداکثر تمایل به پرداخت خانوارها رابطه مثبت داشت. به طوری که با افزایش تعداد خانوار، میزان تمایل به پرداخت افزایش می‌یابد. بعد از تخمین پارامترهای مدل لاجیت، ارزش متوسط تمایل به پرداخت، با انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا حداکثر معادل ۵۸۷۵۰ ریال به دست آمد و همچنین ارزش اقتصادی کیفیت آب خانگی شهر دهلران برای هر خانوار ۲۹۳۱۶۰ ریال برآورد شد. در این مطالعه عوامل اقتصادی-اجتماعی مؤثر بر تمایل به پرداخت مانند سن، تحصیلات، نگرانی از کیفیت آب آشامیدنی، درآمد، میزان تمایل به پرداخت، شغل، تعداد اعضای خانوار، قبض ماهیانه آب و اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال از طریق آب آشامیدنی مورد بررسی قرار گرفت و باتوجه به نتایجی که به دست آمد متغیرهایی مانند سن، نگرانی از کیفیت آب آشامیدنی، قبض ماهیانه آب و اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال از طریق آب آشامیدنی تأثیر مثبت و معناداری بر میزان تمایل به پرداخت داشتند. نکته قابل توجه در این مطالعه، میزان تمایل به پرداخت مردم برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی است که نشان می‌دهد هرچه کیفیت آب

ضریب متغیر اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال از طریق آب آشامیدنی مثبت و معنادار و برابر با ۰/۷۳۹۶۳۷۳ می‌باشد که به این معناست که هرچقدر اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال از طریق آب آشامیدنی افزایش یابد تمایل به پرداخت برای افزایش کیفیت افزایش می‌یابد همچنین ضریب نهایی این متغیر ۰/۰۲۸۲۱۶ می‌باشد یعنی اگر یک درصد اطلاعات در مورد بیماری‌های قابل انتقال افزایش یابد تمایل به پرداخت ۰/۰۲۸۸ افزایش می‌یابد.

ضریب متغیر بهبود کیفیت آب آشامیدنی از طریق آب و فاضلاب نشان دهنده آن است که هرچقدر آب و فاضلاب کیفیت آب آشامیدنی را افزایش دهد مردم تمایل به پرداخت بیشتری دارند ضریب این متغیر ۲/۴۶۶۶۷۸ می‌باشد که مثبت و معنادار است همچنین اثر نهایی این متغیر ۰/۰۹۷ است که نشان می‌دهد هر چه کیفیت آب آشامیدنی از طریق آب و فاضلاب افزایش یابد تمایل به پرداخت برای افزایش کیفیت آب ۰/۰۹۷ افزایش می‌یابد، لذا این متغیر در سیاست‌گذاری‌های آینده لازم است مدنظر قرار گیرد.

ضریب متغیر کیفیت آب آشامیدنی ۰/۴۸۲۳۴۸۷- می‌باشد با اینکه این اثر بی‌معناست اما مطابق با انتظارات تئوریک است. اثر نهایی این متغیر ۰/۰۱۹- می‌باشد که به این معنی است هر چه کیفیت آب آشامیدنی افزایش یابد تمایل به پرداخت ۰/۰۱۹ کاهش می‌یابد. پس اگر این اتفاق افتاده باشد و کیفیت آب بالا رفته باشد دیگر لزومی ندارد به مردم مبلغ بالا پیشنهاد شود. چون مردم دیگر شکایتی از آب شرب خود ندارند. پس تا زمانی که کیفیت آب آن‌ها بهبود پیدا نکرده باشد آن‌ها حاضر هستند برای بهبود کیفیت آب مبلغ بالاتری بپردازند.

ضریب متغیر میزان مصرف هفتگی از آب معدنی مثبت و معنادار برابر با ۰/۰۵۹۲۰۰۹ می‌باشد این به این بدین معنی است که با افزایش مصرف از بطری‌های آب معدنی تمایل به پرداخت افزایش می‌یابد اثر نهایی این متغیر ۰/۰۰۲۳ می‌باشد که به این معنی است که با افزایش (کاهش) یک بطری از مصرف هفتگی آب معدنی تمایل به پرداخت برای کیفیت آب آشامیدنی ۰/۰۰۲۳ افزایش می‌یابد. یعنی آن‌ها مجبور هستند پول بیشتری برای خرید آب معدنی بپردازند. در نتیجه، پرداختن پول بیشتر برای خرید آب معدنی، تمایل به پرداخت را بالا می‌برد. شاید بتوان گفت پول آب معدنی، هزینه فرصت کیفیت آب شرب شبکه است.

• محاسبه میزان تمایل به پرداخت

مقدار انتظاری تمایل به پرداخت بعد از تخمین پارامترهای مدل لاجیت، با استفاده از روش متوسط تمایل به پرداخت با انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا پیشنهاد حداکثر به صورت رابطه (۹) محاسبه شده است:

$$E(WTP) = \int_0^{\max A} F_1(\Delta U) dA = \int_0^{\max A} (1/(1 + \exp\{-\alpha^* + \beta A\})) dA = \int_0^{6000} (1/(1 + e^{-(13.286 - 3.84x)})) dx = 5875 \text{ ریال}$$

آشامیدنی از طریق آب و فاضلاب افزایش یابد تمایل به پرداخت برای افزایش کیفیت آب ۰/۰۹۷٪ افزایش می‌یابد. بررسی حاضر نشان می‌دهد که ۶۲/۵ درصد از خانوارهای مورد مطالعه دارای تمایل به پرداخت جهت بهبود کیفیت آب آشامیدنی می‌باشند. همچنین میانگین تمایل به پرداخت هر فرد به صورت ماهانه ۲۹۳۱۶ ریال برآورد شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از برآورد مدل لاجیت، نگرانی از کیفیت آب، درآمد و سن از مهمترین عوامل تعیین کننده تمایل به پرداخت برای بهبود کیفیت آب به شمار می‌روند. باتوجه به اهمیت آب آشامیدنی برای خانوارهای دهلرانی و تمایل به پرداخت بالای آن‌ها در راستای داشتن آبی سالم و با کیفیت، پیشنهاد می‌شود باتوجه به ارزش گذاری آب شرب و عوامل موثر بر آن برنامه ریزی مناسبی برای بهبود آب آشامیدنی صورت گیرد تا نگرانی خانوارها در ارتباط با کیفیت آب آشامیدنی کاهش یابد.

پی‌نوشت

- 1-Abbottabad
- 2-Double and Multiple Bounded Dichotomous Choice
- 3-One and One-Half Bounded Dichotomous Choice
- 4-Willingness To Pay (WTP)

منابع

اکبری، ن.، عمادزاده، م. و رضوی، س. ۱۳۸۳. بررسی عوامل موثر بر قیمت مسکن در شهر مشهد رهیافت اقتصادسنجی فضایی در روش هدانیک. پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار (پژوهش‌های اقتصادی)، ۴(۱۱-۱۲): ۵۷-۷۸.

افسرده، ز.، طاهری تیزرو، ع.، شهبازی، ح. و خانه زر، ر. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی شهرستان دهلران. همایش ملی آب، انسان و زمین. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان.

امامی میبدی، ع. و قاضی، م. ۱۳۸۷. برآورد ارزش تفریحی پارک ساعی در تهران با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۲(۳۶): ۱۸۷-۲۰۲.

امیرنژاد، ح. و عطایی سلوط، ک. ۱۳۹۰. ارزش گذاری اقتصادی منابع زیست محیطی. انتشارات آوای مسیح. چاپ اول. ساری. بدیعی، ر. ۱۳۷۸. جغرافیای مفصل ایران: جغرافیای طبیعی، جلد ۱. نشر اقبال. چاپ ششم. تهران.

تهامی پور، م. و بی‌نیازی، ک. ۱۳۹۱. ارزش گذاری منابع طبیعی با رویکرد مبتنی بر ترجیحات مصرف کنندگان: مطالعه موردی کیفیت آب در استان گیلان. دومین همایش ملی رویکردی بر

حسابداری، مدیریت و اقتصاد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فومن. فومن، ایران.

خداوردی زاده، م. باب اله، م. و کاووسی ک. ۱۳۸۷. برآورد ارزش تفریحی روستای توریستی کندوان آذربایجان شرقی با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط. علوم محیطی، ۵(۴): ۴۳-۵۲.

دانایی فر، ا. ۱۳۹۹. برآورد ارزش اکوتوریستی منطقه تنگتکاب شهرستان بهبهان با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط. فصلنامه راهبرد توسعه، ۱۶(۱): ۲۱۱-۲۳۹.

راسخی، س. و حسینی، س. ۱۳۸۹. ارزش گذاری مشروط آب آشامیدنی شهر پل سفید. فصلنامه مدل سازی اقتصادی، ۱(۱): ۵۵-۷۱.

محمودی، ا.، جاودان اصل، م. و حسن پور، ب. ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی کارکرد تفریحی منابع زیست محیطی پارک جنگلی (مطالعه موردی پارک جنگلی آبشار یاسوج). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۴): ۱۲۳-۱۳۶.

مرادی، غ.، دهقان بنادکوک، ف.، فیاضی، م. و اپرا جونقانی، ا. ۱۴۰۱. برآورد ارزش تفریحی فضای سبز و پارک با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط (مطالعه موردی: پارک بهاران شهرستان میبد). محیط شناسی، ۸۴(۱): ۳۵-۵۳. [jes.2022.334903.1008257/10.22059](https://doi.org/10.22059/jes.2022.334903.1008257/10.22059)

قربان نژاد، م.، منتظر حجت، ا. ح. و منصوری، ب. ۱۳۹۳. برآورد ارزش استفاده ای تالاب شادگان. فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد مقداری، ۱۱(۱): ۴۱-۷۳.

مهدوی ع.، اسد فلسفی زاده، ن.، بیگ محمدی، ف. و جهانی، ش. ۱۳۹۶. برآورد ارزش تفریحی پارک جنگلی چغاسبز ایلام به روش ارزش گذاری مشروط. فصلنامه جنگل و فرآورده های چوب، ۷۰(۲): ۲۴۱-۲۵۰. [JFWP.2017.62481/10.22059](https://doi.org/10.22059/JFWP.2017.62481/10.22059)

نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن. ۱۳۹۰. مرکز آمار ایران.

Adamowicz W., Garrod G.D. and Willis K.G. 1995. Estimating the Passive Use Benefits of Britain's Inland Waterways. Centre for Rural Economy Research Report, University of Newcastle upon Tyne. Tyne, United Kingdom. www.ncl.ac.uk/England.

Do H.H. and Fror O. 2022. River Ecosystem Resilience: Applying the Contingent Valuation Method in Vietnam. Sustainability, 14: 12029. <https://doi.org/10.3390/su141912029>

Genius M.Hatzak, E.kouromichalaku, M.kouvaku G. 2008. Evaluating consumers' willingness to pay for Improvd potable water wality and quantity, Water Resource manage, 22: 1825-1843.

- Vasquez WF., Mozumder P., Hernandez-Arce I. and Bertens RP. 2009. Willingness to pay for safe drinking water: Evidence from Partal, Mexico, Environ Namage. Aug, 90(11): 400-3391. [10.1016/j.jenvman.2009.05.009](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.009)
- Young R.A. and Haveman R.H. 2006. Economics of water resources: A survey. Chapter 11, the handbook of resources economics, 2: 465-529. [https://doi.org/10.1016/S1573-4439\(85\)80018-X](https://doi.org/10.1016/S1573-4439(85)80018-X)
- Gnedenko E.D. and Gorbunova Z.V. 1998. A Contingent Valuation Study of Projects Improving Drinking Water Quality. Modern Toxicological Problems, 3: 1800-1829.
- Hanemann W.M. 1994. Valuing the environment through contingent valuation. Journal of economic perspectives, 8(4): 19-43.
- Carson R.T. and Hanemann W. 2005. Chapter 17 Contingent Valuation. Handbook of Environmental Economics, 2: 821-936. [https://doi.org/10.1016/S1574-0099\(05\)02017-6](https://doi.org/10.1016/S1574-0099(05)02017-6)
- Haq M., Almad I. and satar A. 2010. Factors Determining Public Demand for Safe Drinking water (A case study of District Peshawar. PIDE-Working Papers:58, Pakistan Institute of Development Economics.
- Lee C. and Han S. 2002. Estimating the use and preservation values of national parks tourism resources using a contingent valuation method. Tourism Management, 23(5): 531-540. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(02\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(02)00010-9)
- Lehtonen E., Kuuluvainen J., Pouta E., Rekola M. and Li C-Z. 2003. Non-market benefits of forest conservation in southern Finland. Environ Science Policy, 6(3): 195-204. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(03\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(03)00035-2)
- Loomis J. B., González J. M. and González-Cabán A. 2007. Spatial limits of the TCM revisited: Island effects. In Selected paper prepared for presentation at the Western Agricultural Economics Association. Portland.
- Rosado Marcia and Cunha-e-Sa M. A. and Dula-Soares M. M. and Nunes L. C. 2006. Combining Averting Behavior and Contingent Valuation Data: An Application to Drinking Water Treatment (2000). FEUNL Working Paper No. 392, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=880458> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.880458>
- Shrestha R.K., Stein T.V. and Clark J. 2007. Valuing nature-based recreation in public natural reads of the Apalachicola River region, Florida. Journal of Environmental Management, 85: 977-985. [10.1016/j.jenvman.2006.11.014](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.11.014)

The Effect of Cenocarpus Extract on Spinach Resistance to Drought Stress

M. Farasati^{1*}, A. Nakhzari Moghaddam², E. Gholamalipour Alamdari², M. Rajabnia³

1, 2, 3- Associate Professor in Watershed Management Department, Assistant Professor in Plant Production Department and MSc Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

*(Corresponding Author Email: farasati2760@gmail.com)

Received: 26-11-2022

Revised: 04-04-2023

Accepted: 17-04-2023

Available Online: 20-06-2023

اثر عصاره کنوکارپوس بر مقاومت اسفناج به تنش خشکی

معصومه فراستی^۱، علی نخزری مقدم^۲، ابراهیم غلامعلی پور علمداری^۲، متین رجب نیا^۳

۱، ۲، ۳- به ترتیب دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، استادیار گروه تولیدات گیاهی و دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: farasati2760@gmail.com)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸

Abstract

In order to investigate the effect of Cenocarpus extract on the resistance of spinach to drought stress, a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with two replications in the crop year 2019-2020 in the research greenhouse of Gonbad Kavous University. Experimental treatments including 5 levels of drought stress (0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50 MAD) and 5 levels of extract (0, 2%, 4%, 6% and 8%) were applied. The results showed that the greatest increase in consumption efficiency in the growth period and total water consumption was obtained from the 6% extract concentration with values of 1.045 $\mu\text{g/mL}$ and 0.235 $\mu\text{g/mL}$, respectively. The efficiency of water consumption based on dry weight and the efficiency of water consumption on wet weight of the treatment without extract were obtained as 603.2% and 695.8%, respectively. The results of the comparison of the average weight of aerial parts under water stress and from the treatment of 2% extract were obtained. The maximum root length was obtained with 8.17 and 8.07 cm for 20% and 30% drainage, respectively, and the minimum root length belonged to the 50% moisture drainage treatment. The highest amount of chlorophyll, efficiency of consumption during the growth period and total water consumption were obtained from the control treatment, and also the highest efficiency of water consumption per dry weight and efficiency of water consumption per wet weight were obtained from the 2% extract treatment.

Keywords: Water Stress, Spinach, Cenocarpus Extract, Water Use Efficiency.

چکیده

به منظور بررسی اثر عصاره کنوکارپوس بر مقاومت اسفناج به تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. عامل های مورد بررسی شامل تنش خشکی در پنج سطح (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد تخلیه مجاز) و عصاره کنوکارپوس در پنج سطح (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ درصد) بود. نتایج نشان داد که بیشترین افزایش بهره وری در دوره رشد از تیمار ۶٪ غلظت عصاره به ترتیب ۱/۰۴۵ و ۰/۲۳۵ میکروگرم بر میلی لیتر به دست آمد. بهره وری آب براساس وزن خشک و بهره وری آب براساس وزن تر از تیمار بدون عصاره به ترتیب ۶۰۳/۲ درصد و ۶۹۵/۸ درصد حاصل شد. نتایج مقایسه میانگین تحت تنش آبی وزن تر اندام هوایی و از تیمار ۲٪ عصاره به دست آمد. حداکثر طول ریشه به ترتیب به تخلیه مجاز ۲۰ و ۳۰ درصد با ۸/۱۷ و ۸/۰۷ سانتیمتر به دست آمد و حداقل آن متعلق به تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت بود. بیشترین مقدار کلروفیل، بهره وری آب در دوره رشد و کل آب مصرفی از تیمار شاهد به دست آمد. همچنین بیشترین بهره وری آب در وزن خشک و وزن تر از تیمار ۲٪ عصاره حاصل شد.

واژه های کلیدی: تنش آبی، اسفناج، عصاره کنوکارپوس، بهره وری آب.

و نمای زیبایی به شهرها می‌بخشد. ازجمله استان‌هایی در ایران که این درخت در آن کاشته می‌شود می‌توان به خوزستان بوشهر و هرمزگان اشاره کرد. این گیاه در نواحی ساحلی می‌روید ولیکن در نواحی ساحلی و خشک نیز قابل گشت است. علاوه بر ایران در سواحل کالیفرنیا، فلوریدا و آمریکای گرم و مرطوب و برزیل نیز دیده می‌شود.

نتایج تحقیقات اثر تنش خشکی بر خصوصیات بازدارندگی گیاه دارویی اسفند نشان داد با افزایش غلظت در شرایط گلخانه مقادیر پودر اندام هوایی و ریشه در مورد برخی صفات اندازه‌گیری شده در گونه خرفه، بازدارندگی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش غلظت عصاره برگ از صفر به ۸ درصد، طول نهایی ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص پنبه به‌ترتیب ۹/۴۴، ۹/۶۹، ۹/۵۷، ۵/۶۴ و ۳/۸۳ درصد کاهش یافت (Hooshmandzadeh و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین تأثیر تنش خشکی بر عملکرد اندام هوایی، عملکرد اسانس، درصد اسانس، عملکرد برگ و ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین عملکرد اندام هوایی را تیمار T1 (بدون تنش) با میانگین ۶۴۶۹ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد اسانس را تیمار T3 (۶۰٪ ظرفیت زراعی) با میانگین ۹۷۰/۱۲ کیلوگرم در هکتار داشت. بالاترین درصد اسانس را تیمارهای T5 (۲۰٪ ظرفیت زراعی) و T4 (۴۰٪ ظرفیت زراعی) به‌ترتیب با میانگین ۰/۳۰۱۲ و ۰/۲۸۱۳ درصد داشتند. آزمایش نشان داد تیمارهای متوسط تنش خشکی برای بادرنجبویه مناسب می‌باشد. در تحقیقی که بر روی تأثیر عصاره ورمی کمپوست بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی نخود تحت تنش خشکی انجام گرفت دریافتند که طول ساقه چه، ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، طول گیاه‌چه و شاخص بنیه بذر نسبت به سطح شاهد بیشتر شد (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۵). اثرات متقابل عصاره ورمی کمپوست و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه داشت به‌طور کلی می‌توان استفاده از عصاره ورمی کمپوست در سطح ۵ درصد حجمی را برای افزایش برخی شاخص‌های جوانه‌زنی توصیه کرد. آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد. پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه دارد (Fabian و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج نشان داد تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشته است. به‌طوری‌که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، در تمامی مراحل رشد کاهش و قطر ساقه در مراحل رشد به‌ویژه تنش شدید و طول ریشه در مرحله‌ی گلدهی افزایش داشته است (قائم و همکاران، ۱۳۹۷). تأثیر مقادیر مختلف

کمبود آب در عصر کنونی یک موضوع بحرانی و حیاتی برای اکثر کشورهای واقع در مناطق خشک و بیابانی است. از مؤثرترین روش‌های غیر تخریبی در تعیین وضعیت آبی گیاه، استفاده از دمای پوشش گیاهی است که یک شاخص قابل اعتماد برای سنجش تنش آبی است (Fitzgerald و همکاران، ۲۰۰۶). پاسخ گیاه به آبیاری، تابعی از وضعیت آب در گیاه می‌باشد و تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند پتانسیل آب و خاک، وضعیت ریشه گیاه و نحوه مقاومت آن در برابر تنش آبی و شرایط جوی قرار می‌گیرد (Seifi و همکاران، ۲۰۱۴). در حال حاضر تنش آبی به‌عنوان یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی محدودکننده تولید گیاهان به‌شمار می‌رود. بروز تنش آبی در زمان جوانه‌زنی می‌تواند تا حد زیادی درصد سبز شدن و در نهایت استقرار گیاه را کاهش و یا حتی در برخی از موارد نیز به‌طور کامل مانع سبز شدن گیاه شود (Yan، ۲۰۱۴). از سبزی‌ها در تغذیه روزمره استفاده می‌شود و نیز به‌دلیل خصوصیات طعم و مزه و مفید بودن آن در حفظ سلامتی و تندرستی، امروزه تعداد زیادی از آن‌ها جز غذاهای اصلی و ضروری به‌شمار می‌آیند. تولید سبزی از نظر اقتصاد ملی و محلی بسیار با اهمیت بوده و جایگاه آن بیش از هر چیز بر اساس مصرف بالای این محصول استوار است (Arasteh و همکاران، ۲۰۲۰؛ Bandeira، ۲۰۰۳). اسفناج (*Spinacia oleraceae* L) گیاهی یک‌ساله و روزبلند از مهمترین سبزی‌های برگری که به‌صورت تازه و یا فرآوری شده مصرف می‌شود. این گیاه ارزش غذایی بالایی دارد. به‌طوری‌که در بین اغلب میوه‌ها و سبزی‌های رایج مورد مصرف، غنی از ویتامین‌ها و عناصر معدنی است (سیفی و همکاران، ۱۳۹۳). کنوکارپوس یک درخت زینتی رایج در مناطق نیمه گرمسیری و گرمسیری بارنگ پوسته معمولاً قهوه‌ای تیره و ترک بردارنده و انشعاب که به ۱/۵ تا ۴ متری ارتفاع و یا یک درخت همیشه سبز با ارتفاع بین ۱۲ تا ۲۰ متر و گاهی بیشتر می‌رسد (Bandeira، ۲۰۰۳). مناطق کاشت آن نیاز به زهکشی و مواد معدنی آلی ندارد و مقاومت خوبی در برابر محیط سخت دارد. به‌عنوان یک درخت مقاوم به شوری و گرما و همچنین کم‌آبی جهت حفاظت از سواحل و اراضی شور کاشته می‌شود و با توجه به مقاومت بالا به خاک‌های شور به خوبی در نواحی نزدیک دریا کاشت می‌شود و همچنین در شهرها در کنار پیاده‌روها و میدین و خط میانی خیابان‌ها کاشته می‌شود. به دلیل اینکه سایه خوبی دارد برنامه کاشت آن در شهرهای گرم کشور توسط شهرداری‌ها و سازمان‌های مرتبط با سرعت خوبی در حال پیگیری می‌باشد. برنامه کاشت آن در کشورهای حوزه خلیج فارس و همچنین کشور عربستان سعودی و عراق و ایران که مناطق گرم و خشک و معمولاً با خاک شور دارند ادامه دارد

آب آبیاری بر رشد و نمو اسفناج در مراحل اولیه رشد مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد عمق آب آبیاری و تناوب آن می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط رشد سبزی‌ها مؤثر بوده و سبب تغییراتی در شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه مانند ریشه‌زنی، افزایش طول ساقه و ریشه، شاخه‌زنی و مواد آلی شود. این موارد می‌توانند بر عملکرد سبزی‌ها اثرات قابل‌توجهی داشته باشند (Leskovar, 1998). در مطالعه‌ای که بر نقش عصاره مخمر در کاهش اثرات تنش خشکی در مطالعه فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی انجام گرفت نتایج نشان داد غلظت شش گرم بر لیتر عصاره مخمر می‌تواند در کاهش شدت تنش خشکی مفید باشد. عصاره مخمر می‌تواند به‌عنوان یک راهکار اکولوژیک، باعث افزایش پاسخ دفاعی در برابر تنش‌های محیطی شود (کرامتی و همکاران، ۱۴۰۰). کاربرد عصاره جلبک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشاء، سبب بهبود رشد ریحان در شرایط تنش خشکی شد (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۴۰۰).

بررسی اثر عصاره ورمی کمپوست و تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی نخود نشان داد عصاره ورمی کمپوست در تیمار خشکی ۰/۳- مگاپاسکال توانست برخی شاخص‌های جوانه‌زنی مورد بررسی را بهبود بخشد، به‌طوری‌که در سطح ۱۰ درصد عصاره ورمی کمپوست بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و در سطح ۲۰ درصد عصاره ورمی کمپوست بیشترین وزن خشک ساقه‌چه و در سطح ۵ درصد عصاره ورمی کمپوست بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در مقایسه با شاهد مشاهده شد. در تیمارهای ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال، عصاره ورمی کمپوست به جز وزن خشک ریشه‌چه نتوانست کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی را که در اثر تنش خشکی ایجاد شده بود، جبران کند (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

تخلیه مجاز رطوبت خاک، متداول‌ترین معیار برای تعیین زمان آبیاری به‌ویژه در استفاده از روش‌های بیلان آب در برنامه‌ریزی‌های آبیاری به‌شمار می‌آید. این معیار بیانگر بخشی از ظرفیت ذخیره آب قابل دسترس یا قابل استخراج توسط گیاه در ناحیه توسعه ریشه است. با توجه به نقش عصاره کنوکارپوس در حفظ رطوبت خاک، هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر عصاره کنوکارپوس بر مقاومت اسفناج به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی روباز

دانشگاه گنبدکاوس انجام شد. در زمان بارندگی روی گلخانه پوشانده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار اجرا شد. دو عامل مورد بررسی تنش خشکی در پنج سطح شامل تخلیه مجاز به مقدار ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد و عصاره کنوکارپوس در پنج سطح شامل ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ درصد بود.

به عنوان مثال برای عصاره ۲ درصد، ۲ میلی‌لیتر عصاره در ۹۸ میلی‌لیتر آب ترکیب شد. در عصاره ۴، ۶ و ۸ درصد نیز به‌ترتیب با ۹۶، ۹۴ و ۹۲ میلی‌لیتر آب ترکیب شد. در این تحقیق از اسفناج تیغی^۱ (محلی) استفاده شد. برای تعیین زمان آبیاری در هریک از تیمارها، رطوبت خاک به‌طور مرتب و روزانه در عمق خاک گلدان (عمق‌های ۱۵-، ۳۰-، ۱۵-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر) به روش وزنی و TDR اندازه‌گیری شد و زمانی که تخلیه رطوبت قابل‌استفاده خاک به‌اندازه تیمار آبیاری مدنظر رسید، گلدان مربوطه آبیاری شد. مقدار آب مورد نیاز هر تیمار در زمان آبیاری بر اساس معادلات زیر به‌دست آمد.

$$L_n = (\theta_{fc} - \theta_i) \times d \quad (1)$$

$$L_g = L_n / e \quad (2)$$

$$V = L_g \times A \quad (3)$$

θ_{fc} رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی، θ_i رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (رطوبتی که در آن تخلیه آب قابل‌استفاده به مقادیر پیش‌بینی‌شده برسد)، d عمق توسعه ریشه (میلی‌متر)، L_n عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)، L_g عمق ناخالص آبیاری (میلی‌متر)، e راندمان آبیاری که برابر با ۸۵ درصد در نظر گرفته شد. A مساحت هر گلدان (مترمربع) و V حجم آب آبیاری به لیتر می‌باشد.

$$WHC(\%) = (M_{wet} - M_{dry}) / M_{dry} \times 100 \quad (4)$$

تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و همبستگی صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر عصاره کنوکارپوس بر وزن تر بوته، کلروفیل و بهره‌وری آب در سطح یک درصد و اثر تنش آبی بر وزن تر اندام هوایی، طول ریشه، طول بزرگ‌ترین برگ، کلروفیل و کل آب مصرفی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل عصاره × تنش در مورد هیچیک از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۱).

جدول ۱- آنالیز تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر عصاره کنوکارپوس و تنش آبی

صفات منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی (گرم)	طول ریشه (سانتیمتر)	طول بزرگترین برگ (سانتیمتر)	کلروفیل (میلی گرم بر گرم)	کل آب مصرفی (میلی لیتر)	بهره‌وری آب (%)
تکرار	۱	۰/۳۰۴ ^{ns}	۰/۱۹۲ ^{ns}	۰/۲۳۱ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	۴۶۲/۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
عصاره	۴	۷/۶۹۳ ^{**}	۰/۴۵۹ ^{ns}	۳/۵۶۴ ^{ns}	۲۲/۵۲ ^{**}	۱۴۶/۵ ^{ns}	۰/۱۹۱ ^{**}
تنش	۴	۵/۵۶۹ ^{**}	۲/۶۵۰ ^{**}	۵/۴۲۲ ^{**}	۲۲/۸۵ ^{**}	۱۲۲/۲ ^{**}	۰/۰۷۳
عصاره × تنش	۱۶	۰/۴۴۴ ^{ns}	۰/۲۱۱ ^{ns}	۰/۲۳۱ ^{ns}	۰/۱۶۳ ^{ns}	۷۴۵/۷ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}
خطا	۲۴	۰/۷۲۸	۰/۲۳	۰/۶۷۷	۱/۷۴۱	۵۲۰/۷	۰/۰۱۶
CV (%)	-	۱۴/۵۲	۶/۱۸	۷/۷۲	۶/۴۷	۳/۳۱	۱۴/۶۹

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)

ns: یعنی تیمار اثر معنی‌داری بر روی صفت نداشته است.

• مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر عصاره کنوکارپوس

- وزن تر اندام هوایی:

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در تیمار عدم مصرف عصاره کنوکارپوس وزن تر اندام هوایی با مقدار ۷/۰۲ گرم بیش از سایر تیمارها بود. کمترین مقدار این صفت هم مربوط به تیمار مصرف ۸ درصد عصاره کنوکارپوس بود. بین تیمارهای ۲، ۴ و ۶ درصد عصاره کنوکارپوس از نظر وزن تر اندام هوایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن تر اندام هوایی، کلروفیل

و بهره‌وری آب تحت تأثیر عصاره کنوکارپوس

صفات عصاره کنوکارپوس	وزن تر اندام هوایی (گرم)	کلروفیل (میلی گرم بر گرم)	بهره‌وری آب (درصد)
۰	۷/۰۳ ^a	۲۲/۳۵ ^b	۱/۰۴۵ ^a
۲	۶/۱۸ ^b	۲۱/۵۶ ^{ab}	۰/۸۸۸ ^b
۴	۵/۸۹ ^b	۱۹/۸۵ ^a	۰/۸۵۷ ^b
۶	۵/۷ ^b	۱۹/۳۱ ^a	۰/۸۱۴ ^b
۸	۴/۶ ^c	۱۸/۸۶ ^a	۰/۶۶۳ ^c
%LSD	۰/۷۴	۱/۲۲	۰/۱۲

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است. حرف a بیانگر بالا بودن مقدار پارامتر و b بعد از a و به این ترتیب از a تا c اعداد کمتر شده‌اند. حروف دوتایی نشان‌دهنده یکسان بودن مقادیر پارامترها می‌باشد. به عنوان مثال ab نشان دهنده نزدیک بودن دو مقدار پارامتر دارای توان‌های a و b می‌باشد.

- کلروفیل:

باتوجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) بیشترین مقدار کلروفیل با ۲۲/۳۵ میلی گرم برگرم متعلق به تیمار عدم مصرف عصاره کنوکارپوس و کمترین مقدار متعلق به تیمار ۸٪ عصاره کنوکارپوس

با مقدار ۱۸/۸۶ میلی گرم برگرم بود. باتوجه به تحقیقات ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌ها در غلظت‌های مختلف تیمار نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار بر مولفه‌های میزان کلروفیل کل، طول ریشه‌چه، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه بذر در اثر افزایش غلظت عصاره‌های دو گونه Atriplex نسبت به شاهد بود.

- بهره‌وری آب:

نتایج به دست آمده نشان داد حداکثر میزان بهره‌وری آب مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۱/۰۴۵ بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها وجود داشت. حداقل میزان بهره‌وری آب در تیمار ۸٪ غلظت عصاره کنوکارپوس با مقدار ۰/۶۶۳ به دست آمد. به نظر می‌رسد که هر چه غلظت عصاره بیشتر شود وزن خشک گیاه کمتر می‌شود. در تحقیقی گزارش نمودند با افزایش خشکی محتوای نسبی آب برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی کاسته شد نتایج نشان داد محلول‌پاشی ۲ میلی مولار پوترسین از سایر غلظت‌ها موثرتر واقع شد و توانسته است اثرات مضر تنش خشکی را تا حد زیادی در گیاه جعفری کاهش دهد (Yan, ۲۰۱۵).

• مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش آب

- وزن تر اندام هوایی:

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین مقدار وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد تخلیه رطوبت به ترتیب با ۶/۸۴۴ و ۶/۱۳۳ گرم بود. کمترین مقدار این صفت متعلق به تیمار تخلیه ۵۰٪ درصد رطوبت با ۴/۷۷۹ گرم بود. به نظر می‌رسد عصاره کنوکارپوس در غلظت بالا تأثیر خود را روی گیاه اسفناج گذاشته و باعث کاهش وزن اسفناج شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن تر اندام هوایی، طول بزرگترین برگ، طول ریشه، کلروفیل، کل آب مصرفی و بهره‌وری آب تحت تأثیر تنش آبی

صفات تخلیه رطوبت (درصد)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	طول ریشه (سانتیمتر)	طول بزرگترین برگ (سانتیمتر)	کلروفیل (میلی گرم برگرم)	کل آب مصرفی (میلی لیتر)	بهره‌وری آب (%)
۱۰	۵/۷۳ ^{۱b}	۱۰/۵۸ ^{ab}	۷/۶۱ ^c	۱۹/۵۷ ^a	۵۷۹۷ ^a	۰/۷۸۹ ^{cd}
۲۰	۶/۸۴۴ ^a	۱۱/۳۵ ^a	۸/۱۷ ^a	۲۲/۱۹ ^{ab}	۶۲۸۵ ^{ab}	۰/۹۶۳ ^a
۳۰	۶/۱۳۳ ^a	۱۱/۱۵ ^{ab}	۸/۰۷ ^b	۲۱/۴۶ ^{ab}	۶۱۶۴ ^a	۰/۸۸۴ ^b
۴۰	۵/۸۸۹ ^b	۱۰/۷۴ ^{bc}	۸/ab۰۲	۲۰/۳۴ ^{bc}	۶۰۴۵ ^c	۰/۸۸۳ ^{cb}
۵۰	۴/۷۷۹ ^c	۹/۴۶ ^c	۶/۹۲ ^d	۱۸/۳۷ ^c	۵۵۵۱ ^d	۰/۶۶۳ ^d
%LSD۵	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۴۳	۱/۲۲	۲۱۵/۴	۰/۱۲

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار می‌باشد.
حرف a بیانگر بالا بودن مقدار پارامتر و b بعد از a و به این ترتیب از a تا d اعداد کمتر شده‌اند.
حروف دوتایی نشان‌دهنده یکسان بودن مقادیر پارامترها می‌باشد. به عنوان مثال cd نشان‌دهنده نزدیک بودن دو مقدار پارامتر دارای توان‌های c و d می‌باشد.

- طول بزرگترین برگ:

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد طول بزرگترین برگ با مقدار ۱۱/۳۵ سانتیمتر در تیمار ۱۰ درصد تخلیه رطوبت و کمترین آن متعلق به تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت برابر ۹/۴۶ سانتیمتر بود که اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها در سطح ۵٪ دارد.

- طول ریشه:

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تحت تنش آبی نشان می‌دهد حداکثر طول ریشه مربوط به تخلیه مجاز ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب ۸/۱۷ و ۸/۰۷ سانتیمتر به دست آمد و حداقل آن متعلق به تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبت بود.

- کلروفیل:

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف عصاره کنوکارپوس نشان داد بیشترین مقدار کلروفیل (۲۲/۱۹) در تیمار ۲۰ درصد تخلیه رطوبت مشاهده شد. در بررسی بابونه تحت تنش آبی مشاهده شد تنش آبی باعث کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و میزان تبادل دی اکسیدکربن شد و عملکرد این گیاه دارویی را تحت تأثیر قرارداد (سیفی و همکاران، ۱۳۹۳).

- بهره‌وری آب (بر اساس گرم وزن تر به ازای یک لیتر آب):

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف عصاره کنوکارپوس^۲ نشان داد بیشترین بهره‌وری آب بر اساس گرم وزن تر (۰/۹۶۳) در تیمار ۲۰ درصد تخلیه مجاز مشاهده شد و کمترین این مقدار (۰/۶۶۳) از تیمار ۵۰ درصد تخلیه مجاز حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد. بهره‌وری آب یکی

از خصوصیات مهم فیزیولوژیک می‌باشد و نشان‌دهنده توانایی گیاه در مقابله با کمبود آب است؛ عواملی که بهره‌وری آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل عوامل آب‌وهوایی، شرایط خاک و عوامل گیاهی هستند (smailpour و همکاران، ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد بیشترین وزن تر اندام هوایی، کلروفیل و بهره‌وری آب از تیمار بدون عصاره به ترتیب ۷/۰۲۲ گرم، ۲۲/۳۵ درصد و ۱/۰۴۵ درصد حاصل شد. نتایج مقایسه میانگین تحت تنش آبی بیشترین وزن تر اندام هوایی و طول ریشه از تیمار ۲۰ درصد تخلیه مجاز به دست آمد. نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها تحت تأثیر عصاره نشان داد از تیمارهای شاهد به جزء آب مصرفی در دوره رشد و کل آب مصرفی که از تیمار ۴٪ عصاره حاصل شد. به نظر می‌رسد عصاره کنوکارپوس بر کل آب مصرفی بیشترین اثر را دارد.

نتایج حاصله نشان می‌دهد محلول‌پاشی ۲٪ عصاره کنوکارپوس تحت تنش خشکی از سایر غلظت‌ها موثرتر واقع شد و توانست اثرات مضر تنش خشکی را تا حد زیادی در گیاه اسفناج کاهش دهد با افزایش خشکی همچنین محتوای نسبی آب برگ و رنگی‌های فتوسنتزی کاسته شد.

پی‌نوشت

1-Spinacia oleraceae L

2-Conocarpus erectus L

- Fitzgerald G.J., Rodriguez D., Christensen L.K., Belford R, Sadras V.O., and Clarke T. R. 2006. Spectral and thermal sensing for nitrogen and water status in rain-fed and irrigated wheat environments. *Journal of Precision Agriculture*, 7(4): 233-248. doi.org/10.1007/s11119-006-9011-z
- Hooshmandzadeh F., Sodaizadeh H., Hakimi M. and Hakimzadeh M. 2019. The effect of drought stress on the inhibitory properties of Esfand medicinal plant (*Peganum harmala* L.). *Two scientific journals of dry canvas*. Ninth Year, 1: 125-138. [10.1016/j.phytochem.2019.03.004](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.03.004)
- Leskovar D.I. 1998. Root and shoot modification by irrigation. *Hortitechnology*. 8(4): 510-514. [10.21273/HORTTECH.8.4.510](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.4.510)
- Yan M. 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. *South African Journal Botany*, 99: 88-92. doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.195
- ابراهیمی محمدآبادی، ن.، روحانی، ح.، قلمعلی پور علمداری، ه. و مصطفی لو، ح. ۱۳۹۴. اثر آللوپاتیکی *Atriplex canescens* و *Atriplex lentiformis* بر مولفه های جوانه زنی، میزان کلروفیل و فنل کل *Agropyron elongatum*. پژوهش های آبخیزداری، ۲۸(۱): ۹-۲۰.
- اسماعیل پور، ب.، فاطمی، ح. و مرادی، م. ۱۴۰۰. تأثیر عصاره جلبک دریایی بر شاخص های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان تحت تنش آبی. علم و فناوری کشت گلخانه ای. سال یازدهم، ۱: ۵۹-۶۹. [jspi.11.1.10288/10.47176](https://doi.org/10.1111/10288/10.47176)
- حسین زاده، س.، امیری، ح. و اسماعیلی، ع. ۱۳۹۵. تأثیر عصاره ورمی کمپوست بر برخی ویژگی های جوانه زنی نخود تحت تنش خشکی. مجله تحقیقات گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳: ۵۰۶-۵۲۱. [20.1001.1.23832592.1395.29.3.5.1](https://doi.org/10.1001.1.23832592.1395.29.3.5.1)
- سیفی، ع.، میرلطیفی، س.م.، دهقانی سانج، ح. و ترابی، م. ۱۳۹۳. تعیین شاخص تنش آبی برای درختان پسته تحت روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با استفاده از تفاوت دمای گیاه و دمای هوا. مدیریت آب و آبیاری، ۴(۱): ۱۳۳-۱۳۶. [JWIM.2014.51642/10.22059](https://doi.org/10.22059/JWIM.2014.51642/10.22059)
- قائم، م.، زارع، ز. و نصیری، ی. ۱۳۹۷. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و میزان تولید اسانس در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در مراحل مختلف نمو. فصلنامه زیست شناسی رشد، ۱: ۲۶-۱۵.
- کرامتی، س.، غلامی، ع.، برادران فیروزآبادی، م. و عباس دخت، ح. ۱۴۰۰. نقش عصاره مخمر در کاهش اثرات تنش خشکی در مطالعه فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا چشم بلبلی. مجله کشاورزی، ۲: ۲۴۷-۲۶۱. <https://doi.org/10.22059/jci.2020.295925.2338>
- ناصری، ر.، براری، م.، زارع، م.ج.، خوازی، ک. و طهماسبی، ز. ۱۳۹۵. مطالعه سیستم ریشه بذری و نابجای ارقام گندم نان و دوروم. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۰(۲): ۴۷۷-۴۹۲.
- Arasteh F., Moghaddam M., and Ghasemi Pir Balouti A. 2020. The effect of putrescine foliar application on induction of drought resistance in Mexican parsley. *Journal of Cell and Tissue (Scientific - Research)*. Eleventh Year, 3: 221-204. doi.org/10.52547/JCT.11.3.204
- Bandeira A. 2003. Estudo Fitoquímico e Atividade. Biológica de *Conocarpus erectus* L. (Mangue Botão). Universidade Federal de Pernambuco. Recife (PE), Brazil.
- Fabian A., Jager K. and Barnabas B. 2008. Effects of drought and combined drought and heat stress on germination ability and seminal root growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Acta Biologica Szegediensis*, 52: 157-159.



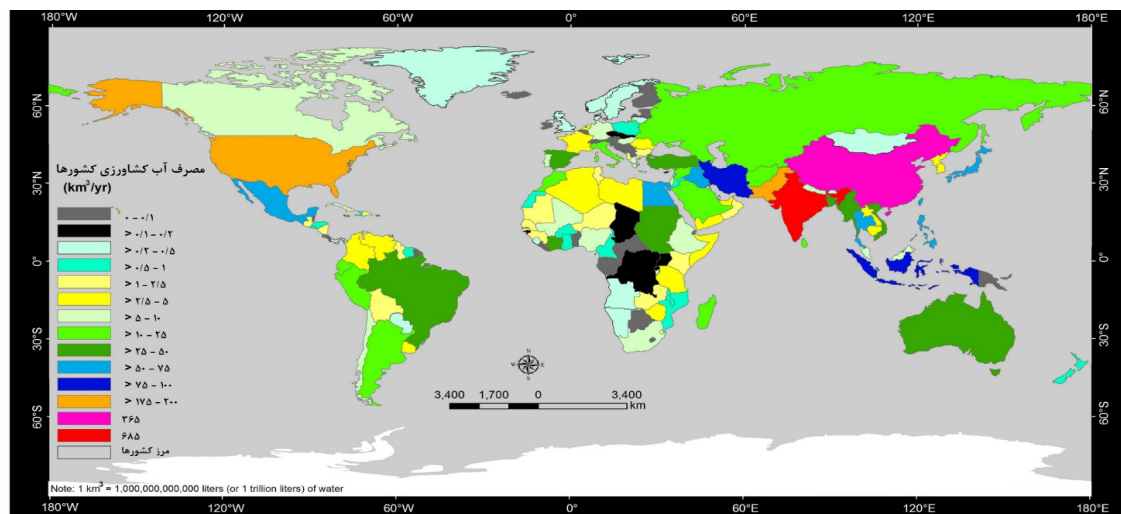
ناکافی بودن منابع آب برای تأمین نیازهای تولید مواد غذایی موضوع بسیار مهمی است که در آینده بر اهمیت آن افزوده خواهد شد. اگر منابع آب تجدیدپذیر محلی سبز (در خاک) و آب آبی (در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن، سفره‌های زیرزمینی) برای تولید یک منبع غذایی مرجع (شامل ۳۰۰۰ کیلوکالری نیاز روزانه که محصولات حیوانی ۲۰ درصد آن را در برگیرد). برای همه ساکنان کافی نباشد، یک واحد تولید مواد غذایی را دچار کمبود آب سبز-آبی می‌دانیم. تعداد افرادی که در واحدهای تولید مواد غذایی تحت تأثیر کمبود آب سبز-آبی زندگی می‌کنند از ۳۶۰ میلیون نفر در سال ۱۹۰۵ (۲۱ درصد جمعیت جهان در آن زمان) به ۲/۲ میلیارد (۳۴ درصد) در سال ۲۰۰۵ رسیده است. در این مدت کمبود آب سبز-آبی به مناطق وسیعی سرایت کرده است و در مناطق قبلی بیشتر شده است. امنیت آب، مفهومی است که در ابعاد و جوانب مختلف بررسی می‌گردد. چهار بعد از این موارد شناسایی گردیده که هر یک از دو جنبه مکمل، تشکیل شده است: مستقیم-غیر مستقیم، کلان-خرد، فنی-سیاسی و صلح-درگیری. در این مطالعه نقش غیرمستقیم آب بر امنیت غذایی در مقیاس جهانی با استفاده از رویکرد کمی فضایی مورد بررسی قرار داده شد. از آنجا که امنیت غذایی از بسیاری جهات با امنیت آب در هم تنیده شده است، در این مقاله، نقش کمبود آب بر اختلال در تولید غذا و تأثیر تجارت بر این تعامل تجزیه و تحلیل شد و ضمن بررسی ارتباط تاب‌آوری اجتماعی با این موضوعات، مناطقی که در این زمینه با چالش‌های خاصی مواجه بودند، شناسایی شدند. با این کار، مفهوم امنیت آب نظام‌مند گردید و در نهایت با مسائل آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و پایداری مرتبط گردید.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، امنیت آب، تاب‌آوری، کمبود آب، واحد تولیدی غذا

مقدمه

آسیب‌پذیری‌هایی را در برمی‌گیرد. امنیت آب بر امنیت غذایی تأثیر می‌گذارد و با آن مرتبط است. این به دلیل اهمیت کلیدی تولید مواد غذایی بر تقاضای آب است؛ زیرا کشاورزی بیش از ۷۰ درصد از کل برداشت جهانی آب^۱ و تا ۹۰ درصد از آب مصرفی^۲ را به خود اختصاص می‌دهد (Kummu و همکاران، ۲۰۱۶). به دلایل مختلف (از جمله: جمعیت و اقلیم) مصارف آب کشاورزی در کشورهای مختلف بسیار متفاوت است (شکل ۱). برای مثال در هند، چین و پاکستان در نتیجه کشت‌های مضاعف و سه‌گانه، مصرف آب در زمین‌های زراعت آبی غالب است (استفاده از آب آبی). در ایالات متحده، استفاده از آب توسط زمین‌های زراعی دیم (مصرف آب سبز) غالب است. کمبود آب زمانی حادتر می‌شود که در نظر بگیریم، عرضه و تقاضا در چارچوب آینده اجتماعی-اقتصادی و شرایط طبیعی که ممکن است رخ دهد، تحت تأثیر رشد جمعیت و تغییرات اقلیم قرار دارد.

آب تقریباً در تمام فرایندها و اجزای اکوسیستم‌های طبیعی و جوامع انسانی در هم تنیدگی دارد. آب بخشی از هر جزء اقتصادی قابل تصور و همچنین خط حیاتی اکوسیستم‌ها و سیستم‌های حامی حیات زمین است. بنابراین وظیفه مدیریت و اداره آب، جنبه‌های بی‌شماری دارد که ممکن است منجر به درگیری‌ها و تنش‌ها و همچنین چالش‌هایی شود که با مفاهیم رایج و مرتبط مانند مدیریت یکپارچه منابع آب و پیوند آب-غذا-انرژی نشان داده می‌شود. امنیت آب، میزان توانایی دسترسی به آب در مواجهه با خطرات، آسیب‌پذیری‌ها، ناامنی‌ها و چالش‌های سیاسی مختلف، در شرایطی که جوامع و اکوسیستم‌ها با تغییرات کمی و کیفی آب و وجود بلایای طبیعی و غیر طبیعی مرتبط با آب روبرو هستند را نشان می‌دهد و میزان تاب‌آوری در برابر چنین



شکل ۱- استفاده جهانی از آب زمین‌های زراعی (مصرف آب محصولات کشاورزی بر حسب کیلومتر مکعب در سال) (www.usgs.gov)

در دسترس بودن غذا تنها یک بخش از کل سیستم امنیت غذایی است. مفهوم امنیت آب براساس سطح آسیب‌پذیری اجتماعی و فیزیکی تعریف می‌شود (Zeitoun, ۲۰۱۱). مطالعات مربوط به تولیدات کشاورزی، تقاضای آب و تغییرات آب و هوایی، اکوسیستم‌ها، تقاضای انرژی و روابط بین طرفین، ورودی‌هایی برای تحقیقات در مورد جنبه‌های مختلف امنیت در حوزه‌های مختلف امنیت ملی، امنیت جوامع انسانی، امنیت آب و هوا، امنیت منابع آب، امنیت انرژی و امنیت غذایی هستند. مطالعات کمی آب شیرین در مقیاس کلان به دلیل تحلیل‌های آسیب‌پذیری، مجموعه‌ای از عوامل مرتبط با جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد که بر حاکمیت منابع آب یا وضعیت اکولوژیکی تأثیر می‌گذارد.

این مطالعات اغلب مبتنی بر رویکرد سه‌گانه توسعه پایدار است که در آن توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با هم بررسی می‌شود. از نظر جغرافیایی، ارزیابی‌های آسیب‌پذیری منابع آب دارای تمرکز ملی، منطقه‌ای، یا جهانی بوده است. این مطالعات همچنین نقطه ورودی برای مطالعات امنیت آب در مقیاس کلان هستند و آسیب‌پذیری، اصطلاحی است که اغلب با امنیت آب مرتبط است. در این تحلیل رویکرد آسیب‌پذیری آب با تجزیه و تحلیل در دسترس بودن مواد غذایی، در مقیاس جهانی ترکیب می‌شود. چنین تحلیلی از دو جهت حیاتی است: ابتدا یک نمای کلی از آسیب‌پذیری و تاب‌آوری منابع آب در برابر تأمین غذا ارائه می‌کند، دوم اینکه بستری را برای هدف قرار دادن فعالیت‌های علمی و مرتبط با سیاست‌گذاری در مناطق جغرافیایی که از نظر امنیت آب و غذا بسیار حیاتی هستند، ارائه می‌دهد (Varis و همکاران، ۲۰۱۷). ارزیابی کفایت منابع آب شیرین برای آینده و در مقیاس جهانی به دلیل شرایط پیچیده جغرافیایی و سرعت تغییر عرضه و تقاضا دشوار است. این در حالی است که در سطح جهان، منابع آب با بیشترین فشار برای برآورده نمودن نیازهای به سرعت در حال رشد، مواجه هستند.

تجزیه و تحلیل جهانی امنیت آب و غذا

در این یادداشت تحقیقاتی، دیدگاه مشترک کمبود آب و تأمین غذا با ظرفیت سازگاری اجتماعی، یعنی تاب‌آوری به صورت کمی در مقیاس جهانی، جهت امکان مقایسه بین مناطق بررسی گردید و مشخص شد که تاب‌آوری در توانایی واحدهای تولید مواد غذایی برای انطباق با ناامنی غذا و آب، نقش مهمی دارد. تحلیل‌های صورت گرفته در این زمینه بر تحلیل‌های کمی جنبه‌های دسترسی و استفاده از آب، تکیه داشت. مطالعات اخیر در مورد کمبود آب و مواردی از تقاضای آب شامل تولید، کشاورزی و تقاضای انرژی، اکوسیستم، تغییر اقلیم و روابط بالادست-پایین دست است. تحلیل‌های آسیب‌پذیری موجود از منابع آب، که مجموعه‌ای از عوامل مؤثر بر حاکمیت منابع آب و وضعیت اکولوژیکی را در بر می‌گیرد، از بسیاری جهات به این

رویکرد نزدیک‌تر از تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر در دسترس بودن آب خالص است. رویکردهای آسیب‌پذیری، اغلب عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیطی را به طور مشترک در بر می‌گیرد. در نظر گرفتن تاب‌آوری در کمبود آب و مطالعات تأمین مواد غذایی، می‌تواند بهتر با بحث امنیت آب هماهنگ باشد. ظرفیت اجتماعی برای رویارویی و انطباق با کمبود آب و آسیب‌پذیری‌های مرتبط، یک عامل بسیار اساسی در رسیدگی به نگرانی‌های امنیتی آب است.

امنیت آب

ظرفیت یک جامعه برای حفاظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافی آب با کیفیت قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه انسانی و توسعه اجتماعی-اقتصادی، تضمین حفاظت در برابر آلودگی‌های ناشی از آب و بلایای مربوط به آب و حفظ اکوسیستم‌ها در فضای صلح و ثبات سیاسی است. این تعریفی است که توسط سازمان ملل، به عنوان نقطه شروع گفتگو در مورد عناصر کلیدی امنیت آب و محوریت آب برای دستیابی به احساس امنیت، پایداری، توسعه و رفاه انسان پیشنهاد شده است (UN-Water, ۲۰۱۳). امنیت آب به عنوان توانایی یک جمعیت برای: ۱- حفاظت از دسترسی پایدار به مقادیر کافی آب با کیفیت قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه انسان و توسعه اجتماعی و اقتصادی؛ ۲- محافظت در برابر آلودگی آب و بلایای مربوط به آب؛ و ۳- حفظ اکوسیستم‌ها، که دسترسی به آب پاک و سایر خدمات اکوسیستم به آن بستگی دارد مطرح می‌گردد (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹). امنیت آب، دسترسی مطمئن به مقدار و کیفیت قابل قبول آب برای سلامت، معیشت و تولید، با هدف پاسخگویی به تقاضای فعلی و آینده رفاه انسان و توسعه اجتماعی-اقتصادی (رفاه، آب مجازی و دیپلماسی غذا) است که متأثر از نوع مدیریت، شرایط تغییر اقلیم و نرخ رشد بوده و در عین حال تضمین حفاظت از محیط‌زیست، اکوسیستم، منابع آبی و کاهش خطر آلودگی و بیماری‌های ناشی از آب، دستیابی به آب پاک و کافی را در بر می‌گیرد (شکل ۲).



شکل ۲- اهداف، رویکردها و عوامل مؤثر بر امنیت آب

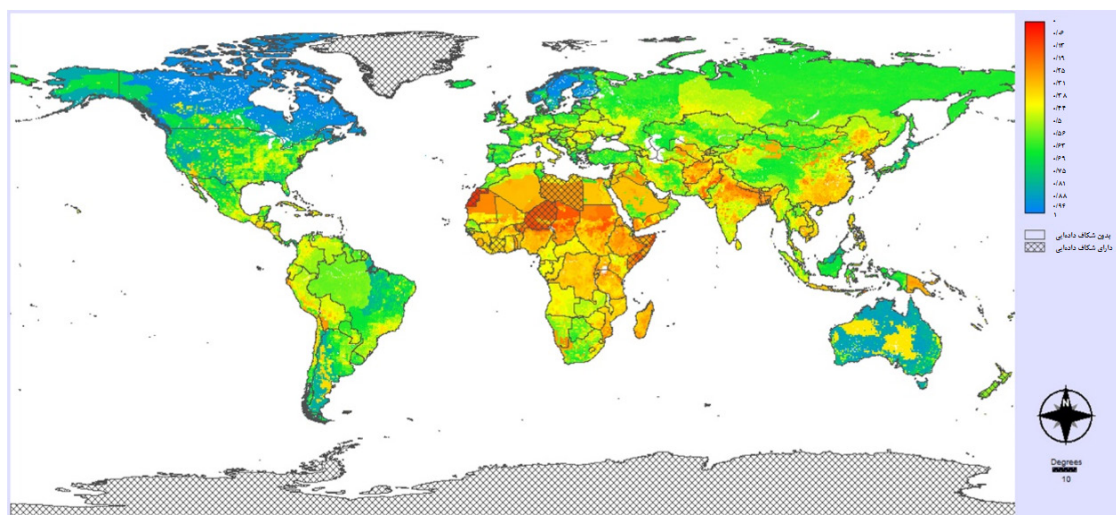
برای دستیابی به احساس امنیت، پایداری، توسعه و رفاه انسان، آب نقش محوری دارد. دستیابی به امنیت آب، نیازمند همکاری بین بخش‌ها، جوامع، رشته‌ها و مرزهای سیاسی است تا خطر درگیری‌های احتمالی بر سر منابع آب، بین بخش‌ها و بین مصرف‌کنندگان آب یا دولت‌ها کاهش یابد. امنیت آب شهری را می‌توان ظرفیت پویای سیستم در جهت دسترسی پایدار، عادلانه، کافی و با کیفیت به صورت مستمر و قانونی و مقرون به صرفه برای تأمین معیشت و رفاه انسان تعریف کرد، به گونه‌ای که در راستای توسعه اقتصادی و اجتماعی با تضمین حفظ اکوسیستم‌ها و دسترسی به فضای صلح و ثبات سیاسی، قرار گیرد (شکل ۳) (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹). مدیریت خوب منابع آب با کیفیت و خدمات تأمین آب و مدیریت ریسک بلایا (سیلاب و خشکسالی) برای امنیت آب حیاتی است و علل ناامنی آب، شرایط فیزیکی (تنوع آب و هوا، تجاوز آب شور به سواحل) و همچنین انسانی (برداشت بیش از حد از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی، آلودگی آب کشاورزی، آلودگی آب‌های صنعتی) است. صرفه‌جویی در مصرف آب روشی برای کاهش مصرف آب غیرضروری است که اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا آب شیرین و تمیز یک منبع محدود و همچنین پرهزینه است.

مقایسه سطوح نسبی امنیت آب با استفاده از معیارها، برای جنبه‌های خاصی از امنیت آب معمول است. در شکل (۴)، شاخص کل امنیت جهانی آب، با استفاده از تجمیع در دسترس بودن، دسترسی، ایمنی و کیفیت و شاخص‌های مدیریتی آب نمایش داده شده است و مناطق سایه‌دار، کشورهای دارای اختلاف داده‌ای را معرفی می‌کند (Gain و همکاران، ۲۰۱۶) و معیارهای زیر را در

- بر می‌گیرد (شکل ۴):
- در دسترس بودن (شاخص کمبود آب، شاخص خشکسالی، کاهش آب زیرزمینی)
 - دسترسی به خدمات آب (دسترسی به فاضلاب و آب آشامیدنی)
 - ایمنی و کیفیت (شاخص کیفیت آب، فرکانس سیل جهانی)
 - مدیریت (شاخص حکمرانی جهانی، چارچوب قانونی فرامرزی، تنش سیاسی فرامرزی)



شکل ۳- چارچوب امنیت آب سازمان ملل متحد (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹)



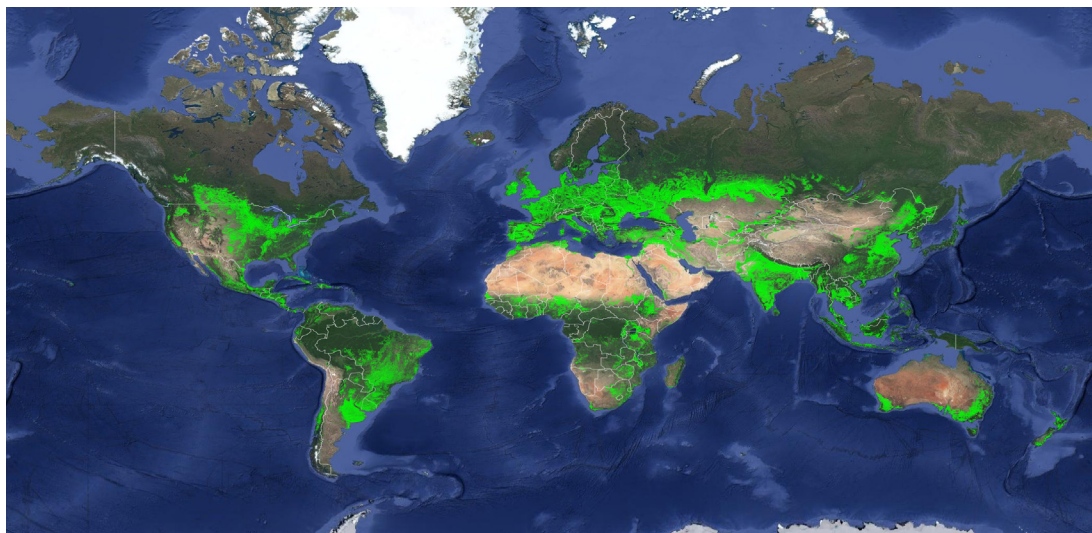
شکل ۴- شاخص کل امنیت جهانی آب (Gain و همکاران، ۲۰۱۶) مقدار «۱-۰» با رنگ پیوسته «قرمز تا آبی» امنیت «کم تا بالا» را نشان می‌دهد.

۲۰۱۷، تولید غذا تقریباً ۷۰٪ از کل مصرف آب توسط انسان را تشکیل می‌دهد و ۴۰٪ از سطح زمین (Varis و همکاران، ۲۰۱۷). نقشه توزیع زمین‌های زراعی بر گرفته از تصاویر Landsat

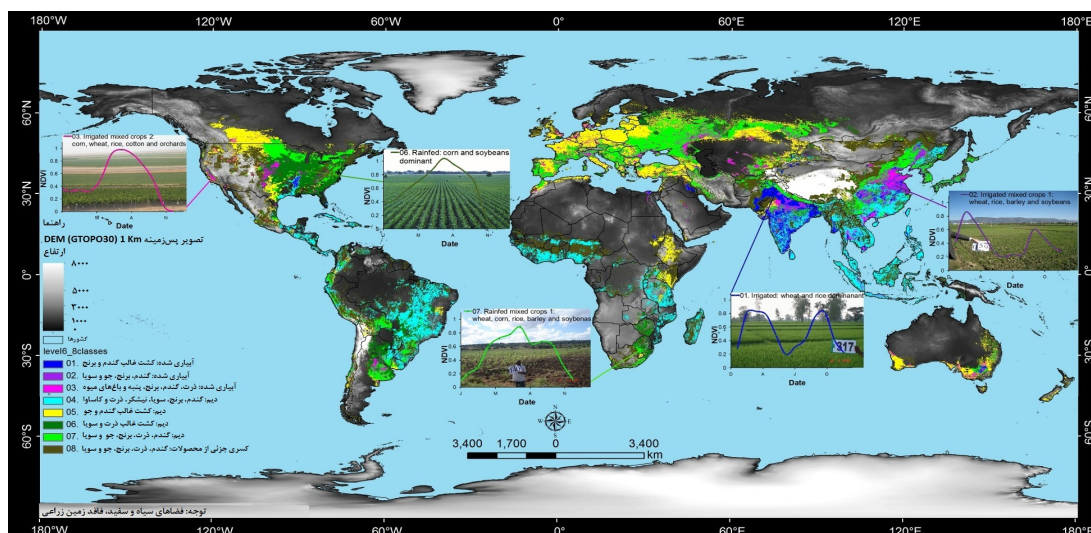
آب به صورت ذاتی در اجزای طبیعی، انسانی و سایر بخش‌ها در هم تنیده شده است. ارتباط آب و غذا یکی از مهمترین پیوندهای بین بخشی است، زیرا در نتیجه برآوردها در سال

زیرکشت پنج محصول غالب گندم، برنج، ذرت، جو و سویا قرار دارد که حدود ۶۰ درصد از کل زمین‌های زراعی جهان را تشکیل می‌دهند (شکل ۶).

سال ۲۰۱۵، وسعت ۱/۸۷۴ میلیارد هکتار (تقریباً ۱۲/۶ درصد از سطح زمین) زمین‌های زراعی در جهان را نشان می‌دهد (شکل ۵) که حدود ۱/۵ میلیارد هکتار از کل زمین‌های زراعی جهان،



شکل ۵- نقشه توزیع زمین‌های زراعی در سراسر جهان با وضوح اسمی ۳۰ متر در سال ۲۰۱۵. (www.usgs.gov)



شکل ۶- توزیع مناطق زراعت جهانی (حدود ۱/۵ میلیارد هکتار) (www.usgs.gov)

سالم را در روز به دست آورد. گرسنگی یک وضعیت فیزیولوژیکی در سطح فردی است که ممکن است ناشی از ناامنی غذایی باشد (Lang و Barling، ۲۰۱۲). تعریف فعلی امنیت غذایی، اشاره می‌کند که امنیت غذایی از شش بعد تشکیل شده است: در دسترس بودن غذا، دسترسی اقتصادی و فیزیکی به غذا، استفاده از غذا، ثبات غذا و پایداری غذا (Clapp و همکاران، ۲۰۲۲). امنیت غذایی، اساساً بر چهار ستون بنا شده است: در دسترس بودن، دسترسی، استفاده و ثبات (شکل ۷). یک فرد باید همیشه به غذای کافی با ترکیب غذایی مناسب (کیفیت) دسترسی داشته باشد تا از نظر غذایی ایمن باشد (Capone و همکاران، ۲۰۱۴).

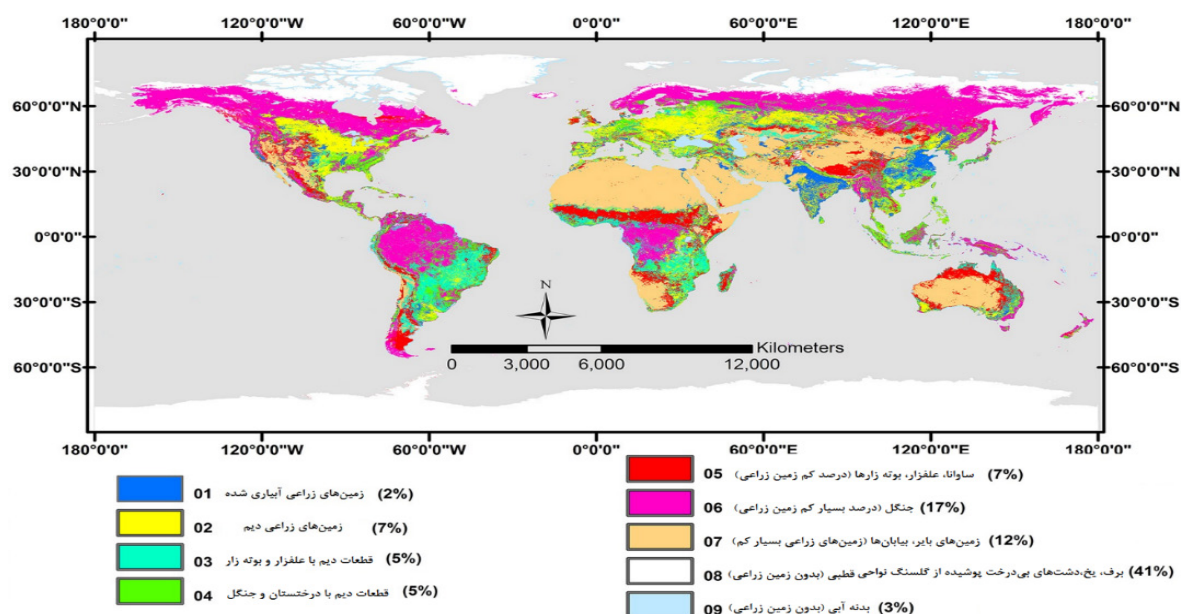
بر اساس بیانیه اجلاس جهانی غذا در سال ۱۹۹۶، امنیت غذایی زمانی تعریف می‌شود که همه مردم در همه زمان‌ها به مواد غذایی سالم و مغذی کافی، دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند که ترجیحات و نیازهای غذایی آنها را برای یک زندگی فعال و سالم برآورده کند (Aliaga و همکاران، ۲۰۱۴). هدف امنیت غذایی همانطور که توسط فائو تعریف شده، این است که اطمینان حاصل شود که همه مردم در همه زمان‌ها هم دسترسی فیزیکی و هم اقتصادی به غذای اساسی مورد نیاز خود دارند. افرادی که هر روز غذای کافی مصرف نمی‌کنند، دچار ناامنی غذایی می‌شوند، یعنی زمانی که فرد نمی‌تواند مقدار کافی غذای



شکل ۷- اصول امنیت غذایی: دسترسی، دست یابی، استفاده و ثبات غذایی

بر توزیع و نوع کاربری اراضی در تأمین منابع تغذیه ای موثر هستند (شکل ۸). امنیت آب به عنوان یک چارچوب نظری عمده در حاکمیت محیطی و مدیریت منابع بیان شده است. دسترسی نایمن به آب پاک و بروز خطرات فاضلاب و تنش و حتی درگیری بر سر منابع آب در سطح داخلی و بین المللی اختلالات اقتصادی را افزایش می دهد. این خطرات در جایی بالاتر است که آب، کمیاب و حکومت (در سطوح محلی، ملی یا بین المللی) ضعیف است.

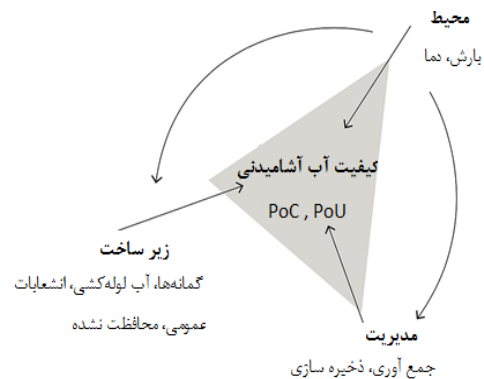
سه مولفه امنیت غذایی -در دسترس بودن (داشتن مقادیر کافی غذای مناسب در دسترس)، دسترسی (داشتن درآمد کافی یا سایر منابع برای دسترسی به غذا) و استفاده/ مصرف (دریافت رژیم غذایی کافی و توانایی جذب و استفاده از مواد مغذی در بدن)- پایه ای را برای پشتیبانی فنی پیشرفته جهت تقویت سیاست ها، برنامه ها و سیستم های امنیت غذایی در کشورهای در حال توسعه فراهم می کند (Nord و Hopwood، ۲۰۰۷). شرایط اقلیمی و جغرافیایی



شکل ۸- پوشش و کاربری اراضی زراعی و غیرزراعی (www.usgs.gov)

ضروری می سازد. کیفیت آب آشامیدنی از عوامل محیطی، شامل رویدادهای آب و هوایی، زیرساخت ها و مدیریت در نقطه جمع آوری (PoC)^۲ و نقطه استفاده (PoU)^۳ تأثیر می پذیرد (شکل ۹).

کمبود آب و شرایط اقلیمی، فرسودگی یا زیرساخت های ناکافی، رشد جمعیت، آلودگی، بلایای طبیعی شدید و مکرر (طوفان، خشکسالی و سیل) نیاز به افزایش سرمایه گذاری زیرساخت ها و توسعه راهکارهای هوشمند مدیریت و حفاظت از آب را



شکل ۹- عوامل محیطی تاثیرگذار بر کیفیت آب آشامیدنی

تحلیل‌های کمی جدید برای گسترش دستور کار تحقیقاتی و به طور کلی برای پیشبرد حوزه امنیت آب، بسیار مهم است. یکی از راه‌های پیشبرد بحث امنیت آب و غلبه بر چالش‌های احتمالی رویکردهای پژوهشی متضاد، تجسم جنبه‌های کلیدی مرتبط با امنیت آب است. در اینجا یک مدل چهاربعدی که هر کدام شامل دو بعد مکمل مستقیم-غیرمستقیم، کلان-خرد، فنی-سیاسی و درگیری-صلح، جهت سازماندهی جنبه‌های مختلف امنیت آب پیشنهاد می‌گردد. این رویکرد با مطالعه موردی در مورد روابط جهانی جهت تحلیل، مفهوم‌سازی و ارزیابی کمی امنیت آب و امنیت غذایی در مقیاس کلان، ایجاد گردید.

• **خرد-کلان، هم به صورت مکانی و هم به صورت موقت:** برخی از مطالعات امنیت آب بر روی موضوعات بزرگ مقیاس مانند ژئوپلیتیک، آب‌های فرامرزی و روابط بین‌الملل متمرکز شده‌اند، در حالی که برخی دیگر بر موضوعات محلی متمرکز شده‌اند. بررسی هر دو مورد ضروری است، همانطور که نیاز به اقتصاد کلان و خرد مشهود است و هیچ‌کدام به طور کلی بر دیگری برتری ندارند. بسیاری از مسائل امنیت آب، کوتاه‌مدت یا حاد هستند، در حالی که سایر موارد مزمن هستند و دلایل، ممکن است اجتماعی یا طبیعی باشند.

• **درگیری-صلح:** جوامع تمایل دارند در شرایط عادی، صلح‌آمیز و در شرایط اضطراری و درگیری به شیوه‌های مختلف عمل کنند. سیاست‌های امنیتی اغلب با موضوعات مرتبط با آب ارتباط نزدیکی دارند، مانند زیرساخت‌های حیاتی، طرح‌های خروج آب، تحویل غذا و غیره.

• **مستقیم-غیرمستقیم:** بخش بزرگی از ادبیات امنیت آب بر خود بخش آب متمرکز است که جنبه مستقیم از امنیت آب را تشکیل می‌دهد. با این حال، آب به بخش‌های دیگر مانند کشاورزی، بهداشت، محیط‌زیست، آب و هوا و ناوبری پیوند دارد که نشان‌دهنده نیاز به در نظر گرفتن جنبه‌های غیرمستقیم امنیت آب است. یکی از نمونه‌های اهمیت این گونه جنبه‌های غیرمستقیم، ناشی از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل است.

• **فنی-سیاسی:** راه‌های زیادی برای در نظر گرفتن ریسک، آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و امنیت وجود دارد. رویکرد فنی‌گرا بر روی کمی کردن و سپس هدف قرار دادن موضوع تمرکز دارد، به عنوان مثال، زیرساخت‌ها یا دیگر راه‌های فنی و فیزیکی. در حالی که رویکرد سیاسی و جامعه‌شناختی عمدتاً حکمرانی، برابری، روابط قدرت و سیاست‌های مرتبط با استفاده از منابع و امنیت را در نظر می‌گیرد. این دو دیدگاه با وجود اینکه در تقابل قرار می‌گیرند، به یکدیگر نیاز دارند و حتی به یکدیگر وابسته هستند. بنابراین آنها دو روی یک سکه، مانند سخت افزار و نرم افزار هستند.

در حالت ایده‌آل، مطالعه یا خط مشی امنیت آب همه این جنبه‌ها و محورها را پوشش می‌دهد. با این حال، مطالعات و سیاست‌های خاص موظفند ترکیبی از دیدگاه‌ها را انتخاب کنند تا مطالعه را امکان‌پذیر و نتایج را معنادار نگه دارند.

مواد و روش‌ها

• رویکرد آسیب‌پذیری شامل تاب‌آوری اجتماعی^۵

تجزیه و تحلیل مورد بحث در مورد امنیت آب و غذا بر اساس رویکرد آسیب‌پذیری است که از روش شاخص آسیب‌پذیری حوضه رودخانه (RVBI)^۶ بسط داده شده است (Varis و همکاران، ۲۰۱۲). شاخص آسیب‌پذیری حوضه رودخانه، شش عامل آسیب‌پذیری که شامل، سه مورد عوامل محیطی (خطرات طبیعی، آثار محیطی و کمبود آب) و سه عامل اجتماعی (اقتصاد، توسعه انسانی، حکومت) هستند را گردآوری نموده و امنیت آب را در مجموعه‌ای از مناطق جغرافیایی در قاره آسیا بررسی می‌کند. در رویکرد مورد بحث، از سه عامل اجتماعی به عنوان یک نماینده ترکیبی برای تاب‌آوری اجتماعی، به منظور تعیین نقش آنها به عنوان بنیاد جامعه برای سازگاری تحت تغییر استفاده گردید. انعطاف‌پذیری یا تاب‌آوری^۷ به عنوان یک مفهوم انتخاب شد، زیرا می‌توان آن را به عنوان یک طرف دیگر برای آسیب‌پذیری با پیوندهای نزدیک به توسعه پایدار و امنیت مطرح نمود (Varis و همکاران، ۲۰۱۷). تاب‌آوری صرفاً در مورد حفظ ظرفیت و گزینه‌های توسعه نیست، بلکه یک مسأله امنیت زیست‌محیطی، اجتماعی و همچنین اقتصادی است. اغلب دیده می‌شود که تاب‌آوری به سه شکل متفاوت، اما مرتبط با هم، یعنی تاب‌آوری مرتبط با محیط و اکوسیستم، تاب‌آوری اجتماعی، و تاب‌آوری اقتصادی وجود دارد (Folke و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه‌ای از مجموعه داده‌های مکانی برای استخراج شاخص تاب‌آوری در سال ۲۰۱۰ استفاده شد. هر یک از این شاخص‌ها بین ۰ تا ۱ مقیاس‌بندی شدند، به طوری که مطلوب‌ترین واحد جغرافیایی جهان مقدار ۱ و کمترین مطلوب مقدار صفر را دریافت کردند. برای چشم‌پوشی از نقاط پرت، ۵٪ از بالاترین و پایین‌ترین مقدار به ترتیب مقدار ۱ و ۰ را دریافت کردند (Varis و همکاران، ۲۰۱۷).

• آسیب‌پذیری آب-غذا

جهت محاسبه آسیب‌پذیری آب-غذا، ابتدا آب-هم آب سبز و هم آب آبی-مورد نیاز برای تولید مواد غذایی در نظر گرفته شد و به در دسترس بودن این منابع، یعنی شاخص کمبود آب سبز-آبی (GBW)^۸ مربوط گردید. پس از در نظر گرفتن خالص واردات مواد غذایی داده شده به هر منطقه، محاسبات در سطح واحدهای تولید مواد غذایی^۹ یعنی FPU انجام شد. واحدهای تولید مواد غذایی، کره زمین را به ۲۸۱ واحد تقسیم می‌کنند که ترکیبی از حوضه رودخانه‌ها و مناطق اقتصادی هستند. Kummur و همکاران (۲۰۱۰) برخی از بزرگترین واحدهای تولید مواد غذایی را به واحدهای کوچکتر تقسیم کردند که در مجموع ۳۰۹ واحد حاصل شد. برای ارزیابی نیازهای آب سبز-آبی (GWB) تولید غذا در سطح جهان و همچنین در دسترس بودن آن منابع از مدل LPJmL استفاده گردید. این مدل تقاضای آب برای هر محصول در یک مکان مشخص را شبیه‌سازی می‌کند (Bondeau و همکاران، ۲۰۰۷؛ Schaphoff و همکاران، ۲۰۱۳).

در هنگام بررسی مصرف آب مورد نیاز برای تولید یک رژیم غذایی مرجع روزانه ۲۴۰۰ کیلوکالری (پس از تلفات و کسر ضایعات از کل در دسترس بودن غذا) برای هر فرد، ۱۲ محصول رایج وارد گردید. با توجه به نظریه گرتن، نسبت به رژیم غذایی سالم، سهم کالری حیوانی ۲۰ درصد از کل کالری دریافتی است و آب مصرفی شش برابر اجزای رژیم غذایی مبتنی بر گیاه تخمین زده شد (Gerten و همکاران، ۲۰۱۱). جیره در هر واحد آنالیز، شامل مواد غذایی گیاهی است که در آن واحد کشت می‌شود و بنابراین، ترکیب جیره ترجیحات فرهنگی را در نظر می‌گیرد. با این حال، از آنجایی که مواد غذایی حیوانی در هر واحد به ۲۰٪ از کل کالری دریافتی ثابت می‌شود، شبیه‌سازی‌ها تفاوت بین مناطق را در آن جنبه در نظر نمی‌گیرند. سپس برای هر واحد تولید مواد غذایی، مقدار شاخص کمبود آب سبز-آبی محاسبه شد. این نشان می‌دهد که آیا منطقه مورد نظر با فرض رژیم مرجع تعریف شده در بالا، قادر به تولید غذای کافی برای ساکنان خود هست یا خیر. مقدار ۱ دلالت بر این دارد که این منطقه در حد کافی از منابع آبی سبز-آبی برای برآوردن نیازهای غذایی است، در حالی که برای مثال مقدار ۰/۶ نشان می‌دهد که به دلیل محدودیت‌های آب سبز-آبی، تنها می‌تواند ۶۰٪ از نیاز غذایی خود را تأمین کند (Varis و همکاران، ۲۰۱۷).

• تجارت مواد غذایی

تقریباً تمام مناطق کم‌آبی سبز-آبی (GBW) از واردات مواد غذایی برای سازگاری با شرایط کمبود منابع مزمن یا موقت استفاده می‌کنند. در حالی که دسترسی به آب برای تولید غذا در این کشورها حیاتی است، اما مستقیماً با در دسترس بودن غذای واقعی مطابقت ندارد، زیرا کشورها از واردات مواد

غذایی به عنوان یکی از ابزارهای مهم برای سازگاری با کمبود آب استفاده می‌کنند (Porkka و همکاران، ۲۰۱۷). به این ترتیب، تجارت مواد غذایی را می‌توان به عنوان یک استراتژی تاب‌آوری (انعطاف‌پذیری) برای پاسخ به کمبودهای مرتبط با آب و غذا در نظر گرفت (در حالی که همچنین اشاره می‌شود که امکانات کشورها برای تکیه بر تجارت مواد غذایی تا حدی به سه عامل تاب‌آوری، به ویژه اقتصاد وابسته است). در این مطالعه، خالص واردات مواد غذایی با تخمین درصد جمعیتی که می‌توانستند از طریق واردات مواد غذایی تغذیه شوند، وارد گردید. به عنوان مثال ۵۰ درصد نشان‌دهنده این است که نیمی از جمعیت می‌توانند از طریق واردات تغذیه شوند، در حالی که مقادیر منفی به این معنی است که یک منطقه صادرکننده مواد غذایی است. ترکیب اینها، پتانسیل کلی برای در دسترس بودن مواد غذایی را فراهم می‌سازد. با در نظر گرفتن پتانسیل تولید و واردات مواد غذایی، امکان بررسی پتانسیل عرضه غذای کافی در واحدهای تولیدی مواد غذایی میسر می‌گردد. این مطالعه، اینکه مواد غذایی از کدام کشورها وارد می‌شوند، در نظر گرفته نشده و لازم به ذکر است، در برخی موارد صادرات مواد غذایی ممکن است استفاده ناپایدار از منابع آبی را افزایش دهد. برای ارزیابی اهمیت انعطاف‌پذیری در توانایی واحد تولید مواد غذایی برای انطباق با کمبود منابع آبی سبز-آبی، رابطه بین تاب‌آوری و تغییر آسیب‌پذیری آب-غذا به دلیل واردات خالص مواد غذایی با همبستگی خطی پیرسون مورد سنجش قرار گرفت.

نتایج

• کمبود آب سبز-آبی

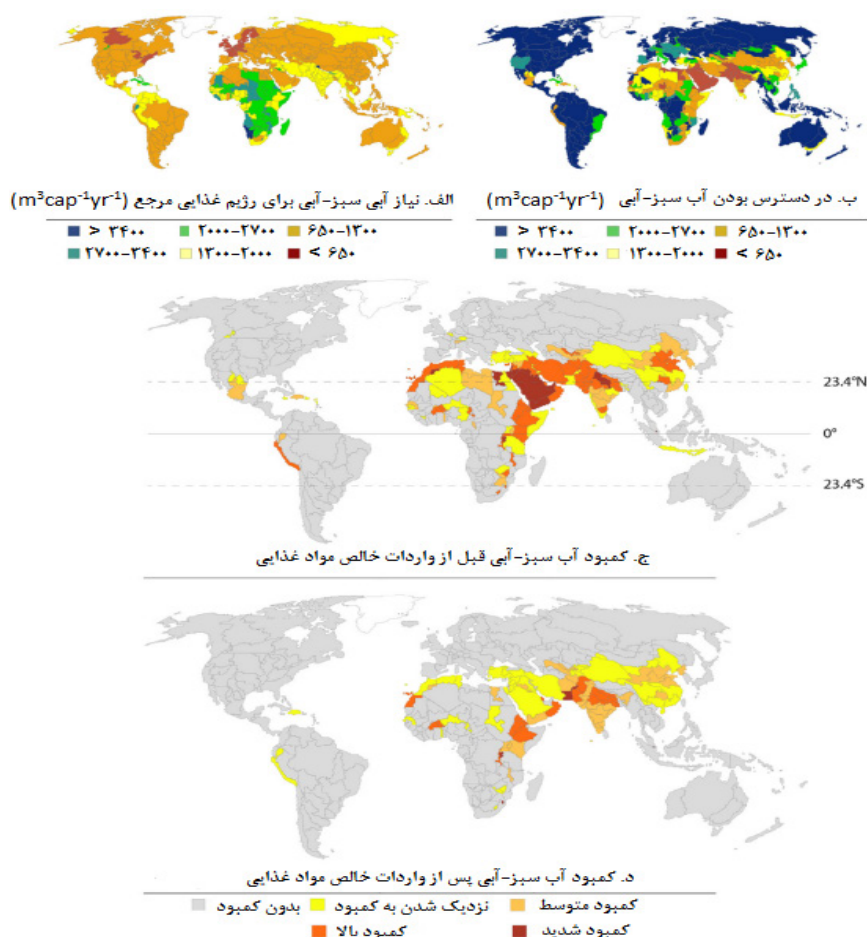
تقاضای آب برای تولید رژیم غذایی مرجع به طور گسترده در سراسر جهان متفاوت است. در حالی که در بسیاری از مناطق اروپای شمالی و مرکزی و همچنین در بخش‌هایی از ایالات متحده و کانادا، سرانه آن زیر ۶۵۰ متر مکعب در سال است، در بخش‌های بزرگی از آسیا از دو برابر این حجم فراتر می‌رود و حتی در آفریقا ۳ تا ۴ برابر می‌شود. (شکل ۱۰-الف). دلایل این تنوع بالا تا حدی به دلیل شیوه‌های کشاورزی و فناوری‌های در حال استفاده و تا حدودی به دلیل عوامل اقلیمی است. هر چه روش‌های کشت، کودها و ارقام کشت اصلاح شده‌تر استفاده شود، آب کمتری برای تولید یک واحد محصول، مورد نیاز است. آب و هوا به نوبه خود بر تبخیر تأثیر می‌گذارد. هر چه آب و هوا گرم‌تر و خشک‌تر باشد، حجم بیشتری از آب در تولید مواد غذایی تبخیر می‌شود. در بیشتر نقاط کره زمین، منابع آبی موجود بیش از نیاز آبی برای تولید جیره مرجع است (شکل ۱۰-الف و ب). قابل توجه‌ترین مناطقی که در دسترس بودن شرایط را برآورده نمی‌کند (و کمبود آب رخ می‌دهد)، در چندین مکان از شمال و شرق

آفریقا، خاورمیانه و جنوب آسیا و همچنین در چین است (شکل ۱۰-ج). این مناطق در معرض کمبود آب سبز-آبی بالا (شاخص آب سبز-آبی ۰/۵ تا ۱) یا کمبود آب سبز-آبی شدید (کمتر از ۰/۵) هستند (شکل ۱۰-چ) و حدود دو میلیارد نفر (یا ۳۰٪ از کل جمعیت جهان) در آن مناطق زندگی می‌کنند، در حالی که دو میلیارد نفر دیگر در مناطقی زندگی می‌کنند که با کمبود متوسط (۱-۱/۵) یا نزدیک به کمبود آب سبز-آبی GBW (۱/۵ تا ۲) مواجه هستند (جدول کوچک در قسمت پایین شکل ۱۲-الف).

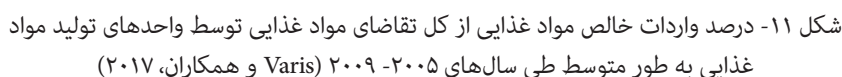
• واردات مواد غذایی به عنوان یک استراتژی سازگاری با کمبود آب سبز-آبی

واردات مواد غذایی، دیدگاه اساسی برای جبران ناکافی بودن قابلیت تولید مواد غذایی ناشی از عواملی مانند کمبود آب است. شکل (۱۱) واردات خالص مواد غذایی به هر یک از واحدهای تولید مواد غذایی را به عنوان درصد کل تقاضای غذا نشان می‌دهد که به طور میانگین طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۹ می‌باشد. جالب توجه است که

تعداد زیادی از واحدهای تولید مواد غذایی صادرکننده خالص مواد غذایی نبوده و حتی بیشتر واحدهای تولید مواد غذایی، واردکننده خالص بودند. به ویژه قاره آفریقا و همچنین بسیاری از مناطق اروپا و بخش‌های بزرگی از آسیا برای تأمین نیاز غذایی خود وابسته به واردات هستند. مقایسه شکل (۱۰-ج و د)، فرصتی است برای بررسی تئوری نقش واردات، که چگونه واردات، کم‌آبی موجود در واحدهای تولیدی مواد غذایی که به جهت ناکافی بودن دسترسی به آب سبز-آبی، قادر به تأمین تقاضای مواد غذایی نیستند را کاهش داده و باعث بهبود شرایط می‌گردد. نواحی بسیار پرجمعیت شامل چین، سرتاسر هند تا خاورمیانه و ترکیه، حتی پس از در نظر گرفتن واردات با کمبود آب سبز-آبی مواجه هستند. چالش برانگیزترین مناطق را می‌توان در پاکستان، حوضه گنگ و عمان یافت (شکل ۱۰-د). همین امر در مناطق خاصی از آفریقا، به ویژه در اتیوپی، اریتره، مالاوی، بورکینافاسو، سوازیلند و مراکش اتفاق می‌افتد. مصر و تانزانیا نیز چالش‌های قابل توجهی دارند. در همان زمان، کشورهای مختلف خاورمیانه توانستند وضعیت خود را به کاهش کم‌آبی نزدیک کنند.



شکل ۱۰- نیاز تولید غذا در مقابل آب شیرین موجود در هر واحد تولید غذا (Varis) (FPU و همکاران، ۲۰۱۷)
 الف. آب سبز-آبی (GBW) مورد نیاز برای تولید مواد غذایی مرجع. ب. در دسترس بودن آب سبز-آبی (GBW) به ازای هر واحد تولید مواد غذایی (FPU). ج. کمبود GBW بدون واردات خالص مواد غذایی. د. کمبود GBW پس از واردات خالص مواد غذایی. شاخص GBW برای کمبود شدید: ۰/۵ <، کمبود بالا: ۰/۵ - ۱، کمبود متوسط: ۱-۱/۵ و نزدیک به کمبود ۲-۱/۵ است.



نقشه‌های تاب‌آوری شامل سه عامل، حکومت (شکل ۱۲-الف)، اقتصاد (شکل ۱۲-ب) و توسعه انسانی (شکل ۱۲-ج)، شباهت‌های زیادی دارند. آمریکای شمالی، بخش‌هایی از اروپا، ژاپن، جمهوری کره، استرالیا و نیوزلند و بخش‌هایی از آمریکای لاتین (به‌ویژه شیلی)، انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری بالایی را در تمام این جنبه‌ها نشان می‌دهند. آفریقا و برخی از واحدهای تولید مواد غذایی در آسیا (به‌ویژه افغانستان) به نوبه خود تاب‌آوری پایینی از خود نشان می‌دهند. حکمرانی نسبت به سایر عوامل، حوزه‌های کمتری را در بالاترین رده‌های تاب‌آوری نشان می‌دهد. شاخص تاب‌آوری تجمیع شده (شکل ۱۲-د)، میانگین نقشه‌های توصیف شده در بالا را بیان می‌دارد. وضعیت چالش برانگیز بخش‌های وسیعی از آفریقا، اوکراین، سوریه و عراق، مغولستان، جمهوری کره، بخش بزرگی از واحدهای تولید مواد غذایی از ترکمنستان و ازبکستان تا جزایر سوندا، و برخی واحدهای تولیدکننده غذا در آمریکای لاتین در این نقشه کاملاً مشخص می‌شود.

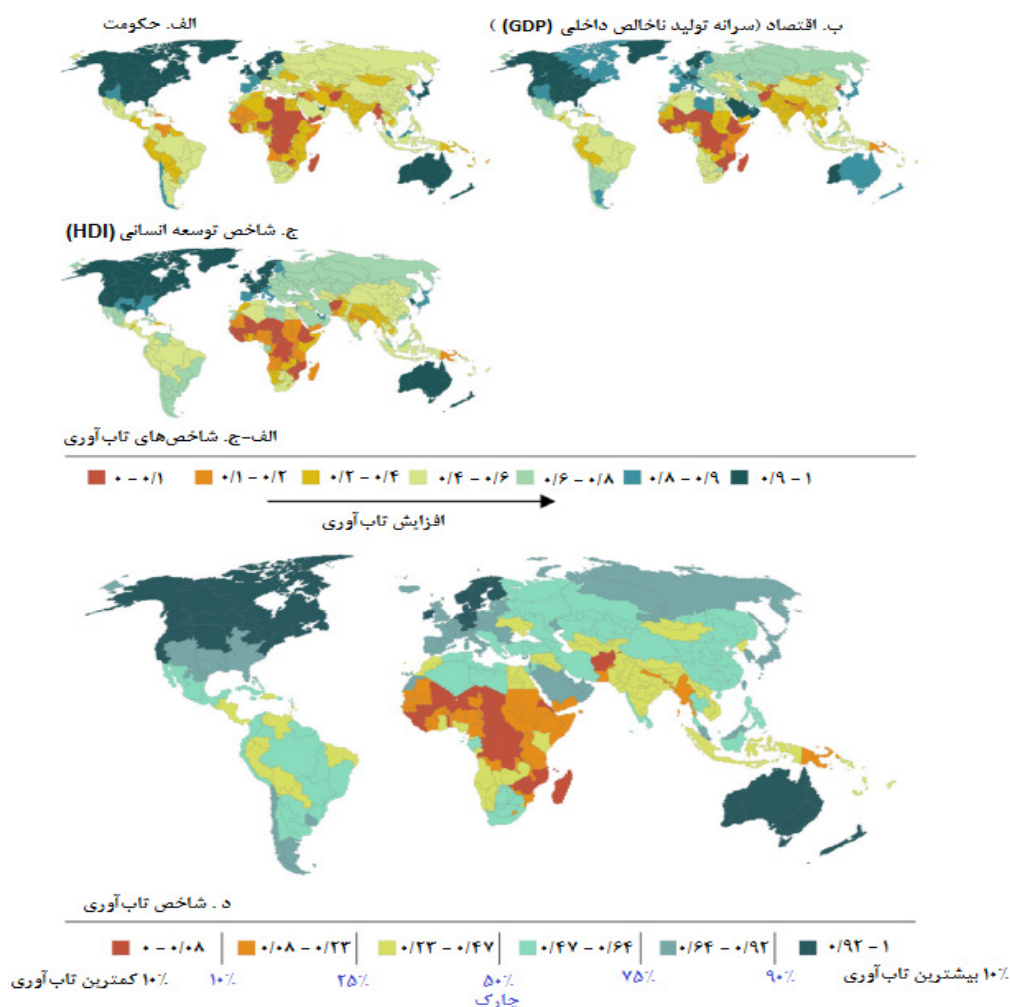
یک سوال جالب این است که چگونه تاب‌آوری اجتماعی با کمبود آب سبز-آبی (GBW) در مناطق مختلف مرتبط است. برای درک بهتر این موضوع، اینکه آیا یک رابطه آماری بین تاب‌آوری و کمبود آب سبز-آبی (از جمله واردات خالص) در بین واحدهای تولید مواد غذایی وجود دارد، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۳). ابتدا میزان تغییر شاخص کمبود در نتیجه غذای وارداتی مورد محاسبه قرار گرفت و سپس با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون، با تاب‌آوری مرتبط گردید. واحدهای تولید مواد غذایی به سه دسته تقسیم گردیدند:

- ۱- آنهايي که در کمبود زیاد با شدید قرار دارند (بدون واردات خالص،

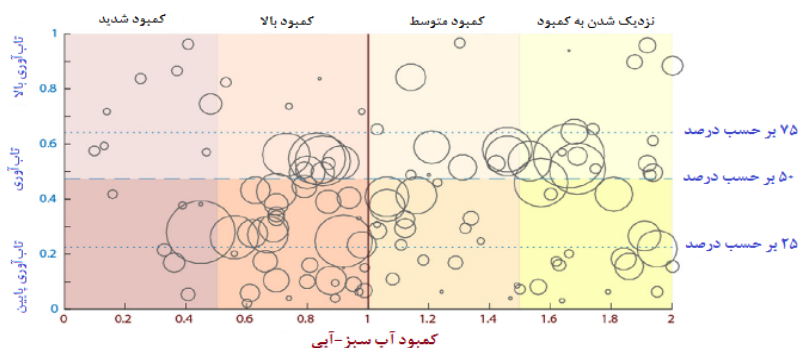
سال دهم، شماره ۱، ۱۴۰۲

این نشان می‌دهد که واحدهای تولید مواد غذایی با تاب‌آوری بالا، نسبت به واحدهای با تاب‌آوری پایین، بهتر می‌توانند با کمبود آب سبز-آبی سازگار شوند. در مناطق بدون کمبود، این رابطه از نظر آماری معنی‌دار نبوده و برخلاف واحدهای تولید مواد غذایی که با کمبود مواجه بودند، عمل نمود به عبارت دیگر، هر چه تاب‌آوری بیشتر باشد، صادرات بیشتر می‌شود. رابطه تاب‌آوری هر واحد تولید مواد غذایی در برابر کمبود آب سبز-آبی در شرایط وجود و عدم وجود واردات خالص، به صورت جداگانه ترسیم گردید (شکل ۱۳). این تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که تقریباً تمام واحدهای تولید مواد غذایی با تاب‌آوری بالاتر از میانگین جهانی توانستند از منطقه کمبود شدید و زیاد دور شوند و در نتیجه جمعیت در آن قسمت از ماتریس از ۶۰۵ میلیون به ۱۷ میلیون کاهش یافت. در همان زمان

با در نظر گرفتن واردات خالص مواد غذایی، جمعیت واحدهای تولید مواد غذایی با کمبود آب سبز-آبی کمتر از ۱ و تاب‌آوری زیر میانگین جهانی از ۱۳۹۶ به ۸۶۷ میلیون کاهش داشت (شکل ۱۳). تاب‌آوری هر واحد تولید مواد غذایی در برابر شاخص کمبود آب سبز-آبی آن در شکل (۱۳) ترسیم شده است. در این شکل، اندازه حباب نشان‌دهنده جمعیت یک واحد تولید غذای معین است؛ جداول کوچک کل جمعیت را در هر بخش از ماتریس، با درصد جهانی نشان می‌دهد. جمعیت در داخل پراکنش مشخص شده است. نکته: بسیاری از واحدهای تولیدی مواد غذایی با توجه به واردات خالص مواد غذایی از کمبود متوسط و نزدیک شدن به مقوله‌های کمبود به «عدم کمبود» منتقل شدند و بنابراین در قسمت (ب) قابل مشاهده نیستند.



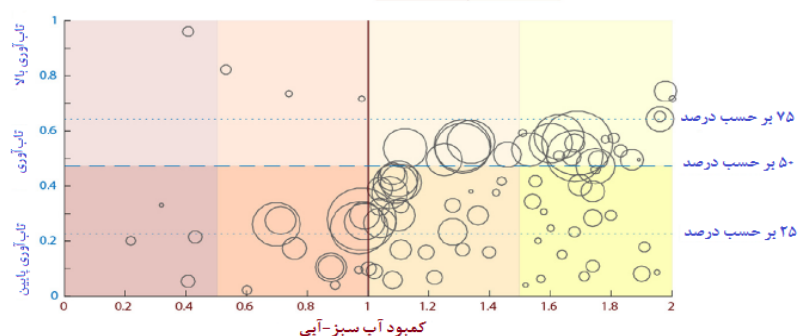
شکل ۱۲- تاب‌آوری: سه عامل تاب‌آوری (الف) حکومت، (ب) اقتصاد، (ج) توسعه انسانی و (د) شاخص تاب‌آوری جمعی. (شاخص تاب‌آوری به عنوان مقدار متوسط سه عامل تاب‌آوری محاسبه می‌شود)



الف) تاب آوری در برابر کمبود آب سبز-آبی - بدون واردات خالص مواد غذایی

جمعیت در میلیون (درصد از کل جهان)

۶۰۵ (۹٪)	۱۰۷۸ (۱۶٪)	۱۷۲۴ (۲۵٪)
۱۳۹۶ (۲۱٪)	۹۱۱ (۱۳٪)	۱۰۶۴ (۱۶٪)



ب) تاب آوری در برابر کمبود آب سبز-آبی - با واردات خالص مواد غذایی

جمعیت در میلیون (درصد از کل جهان)

۱۷ (۰/۳٪)	۱۴۳۲ (۲۱٪)	۱۹۵۹ (۲۹٪)
۸۶۷ (۱۳٪)	۱۱۶۱ (۱۷٪)	۱۳۴۴ (۲۰٪)

شکل ۱۳ - تاب آوری هر واحد تولید مواد غذایی در برابر شاخص کمبود آب سبز-آبی، الف- وضعیت بدون واردات خالص؛ و ب- وضعیت پس از واردات خالص

نتیجه گیری

چالش های امنیت آب، معمولاً با چندین بخش دیگر در هم تنیده است. بخش هایی به صورت مستقیم (که صرفاً با آب سر و کار دارد) و بخش هایی به صورت غیر مستقیم (که شامل بخش های منتخب مرتبط با آب و جنبه های امنیتی آنها می شود) تأثیرگذار هستند. این تحلیل بر اهمیت جنبه های غیرمستقیم امنیت آب با نگاهی به ارتباط بین تولید آب و غذا، که تا حد زیادی بزرگترین بخش مصرف کننده آب در جهان است، تمرکز می کند. در این مطالعه در دسترس بودن آب شیرین و آب مورد نیاز برای تولید غذا با ظرفیت سازگاری عمومی جامعه، یعنی تاب آوری ترکیب گردید. این تجزیه و تحلیل یک تحلیل جهانی از امنیت آب-غذایی را ارائه می دهد که به طور سیستماتیک، تاب آوری اجتماعی در برابر مسائل مربوط به آب و امنیت غذایی را در بر می گیرد.

استدلال شد که آسیب پذیری و تاب آوری (انعطاف پذیری) موضوعات مرتبط با امنیت آب هستند. ظهور تاب آوری به عنوان یک رویکرد مرتبط برای زمینه های اجتماعی-اکولوژیکی، امنیت عمومی و

تهدیدات امنیت نظامی نشان می دهد که تاب آوری می تواند چارچوب های مفیدی را نیز برای بحث امنیت آب ارائه دهد. به همین دلیل، تاب آوری ممکن است راهی برای پیوند دادن دو عبارت کلیدی امنیت آب، یعنی آب و امنیت، ارائه دهد. آسیب پذیری و تاب آوری را می توان به عنوان بلوک های سازنده پایداری در نظر گرفت؛ بنابراین ممکن است به عنوان یکی از راه های تقویت پیوند بین امنیت آب و توسعه پایدار استفاده شود. از نظر روش شناسی، یک رویکرد کمی، برای تجزیه و تحلیل پیوندهای متقابل امنیت آب و غذا در مقیاس کلان و با استفاده از داده ها و تصاویر هوایی مورد بررسی قرار گرفت و البته این تحلیل تنها یکی از دیدگاه های بی شمار در مورد امنیت آب را ارائه می کند، که به عنوان یک مفهوم، جنبه های بسیاری دارد و می توان به روش های متعددی از زوایای مختلف به آن پرداخت.

سپاسگزاری

از راهنمایی های ارزشمند جناب آقای دکتر داوری در تدوین ساختار یادداشت تحلیلی، تشکر و قدردانی می شود.

[doi.10.1088/1748-9326/11/12/124015](https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/12/124015)

- Gerten D., Heinke J., Hoff H., Biemans H., Fader M. and Waha K. 2011. Global water availability and requirements for future food production. *Journal of hydrometeorology*, 12(5): 885-899. <http://www.usgs.gov/centers/western-geographic-science-center/science/global-food-security-support-analysis-data-30-m>
- Kummu M., Guillaume J.H., de Moel H., Eisner S., Flörke M., Porkka M., Siebert S., Veldkamp T.I. and Ward P.J. 2016. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific reports*, 6(1): 38495. doi.org/10.1038/srep38495
- Kummu, M., Ward, P.J., De Moel, H. and Varis, O. 2010. Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environmental Research Letters*, 5(3): 034006. [doi: 10.1088/1748-9326/5/3/034006](https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/3/034006)
- Lang T. and Barling D. 2012. Food security and food sustainability: reformulating the debate. *The Geographical Journal*, 178(4): 313-326. doi.org/10.1111/j.1475-4959.2012.00480.x
- Nord M. and Hopwood H. 2007. Does interview mode matter for food security measurement? Telephone versus in-person interviews in the Current Population Survey Food Security Supplement. *Public Health Nutrition*, 10(12): 1474-1480. doi.org/10.1017/S1368980007000857
- Porkka M., Guillaume J.H., Siebert S., Schaphoff S. and Kummu M. 2017. The use of food imports to overcome local limits to growth. *Earth's Future*, 5(4): 393-407. doi.org/10.1002/2016EF000477
- Schaphoff S., Heyder U., Ostberg S., Gerten D., Heinke J. and Lucht W. 2013. Contribution of permafrost soils to the global carbon budget. *Environmental Research Letters*, 8(1): 014026. [doi.10.1088/1748-9326/8/1/014026](https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014026).
- UN-Water. 2013. Water Security and Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief; United Nations University, Institute for Water, Environment and Health: Hamilton, ON, Canada.
- Varis O., Keskinen M. and Kummu M. 2017. Four dimensions of water security with a case of the indirect role of water in global food security. *Water Security*, 1: 36-45. doi.org/10.1016/j.wasec.2017.06.002
- Varis O., Kummu M. and Salmivaara A. 2012. Ten major rivers in monsoon Asia-Pacific: An assessment of vulnerability. *Applied Geography*, 32(2): 441-454. doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.003
- Zeitoun M. 2011. The global web of national water security. *Global Policy*, 2(3): 286-296. doi.org/10.1111/j.1758-5899.2011.00097.x

- 1-over 70% of all global water withdrawals
- 2-up to 90% of water consumption
- 3-point of collection (PoC)
- 4-point of use (PoU)
- 5-Vulnerability approach including societal resilience
- 6-River Basin Vulnerability Index (RVBI)
- 7-resilience
- 8-green-blue water (GBW) scarcity index
- 9-Food Production Units . FPU
- 10-badly skewed
- 11-power-to-3 link function
- 12-no improvement in correlation

- Aboelnga H.T., Ribbe L., Frechen F.B. and Saghir J. 2019. Urban water security: Definition and assessment framework. *Resources*, 8(4): 178. doi.org/10.3390/resources8040178
- Aliaga M.A. and Chaves-Dos-Santos S.M. 2014. Food and nutrition security public initiatives from a human and socioeconomic development perspective: mapping experiences within the 1996 World Food Summit signatories. *Social science & medicine*, 104: 74-79. doi.org/10.1016/j.socscimed.2013.12.025
- Bondeau A., Smith P.C., Zaehle S., Schaphoff S., Lucht W., Cramer W., Gerten D., LOTZE-CAMPEN, H.E.R.M.A.N.N., Müller C., Reichstein M. and Smith B. 2007. Modelling the role of agriculture for the 20th century global terrestrial carbon balance. *Global Change Biology*, 13(3): 679-706. doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01305.x
- Capone R., Bilali H.E., Debs P., Cardone G. and Driouech N. 2014. Food system sustainability and food security: connecting the dots. *Journal of Food Security*, 2(1):13-22. [doi:10.12691/jfs-2-1-2](https://doi.org/10.12691/jfs-2-1-2).
- Clapp J., Moseley W.G., Burlingame B. and Termine P. 2022. The case for a six-dimensional food security framework. *Food Policy*, 106(4): 102164. doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102164
- Folke C., Carpenter S., Elmqvist T., Gunderson L., Holling C.S. and Walker B. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO: A journal of the human environment*, 31(5): 437-440. doi.org/10.1579/0044-7447-31.5.437
- Gain A.K., Giupponi C. and Wada Y. 2016. Measuring global water security towards sustainable development goals. *Environmental Research Letters*, 11(12): 124015.



مهدی فصیحی هرندی؛

پژوهشگر در حکمرانی، سیاست‌گذاری و دیپلماسی آب
معاون سابق برنامه‌ریزی مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری
mfasahi@gmail.com

مقدمه

امروزه واژه حکمرانی به یکی از پرکاربردترین اصطلاحات در سیاست‌گذاری تبدیل شده است. بخشی از جذابیت آن در این است که مفهوم حکمرانی به نوعی نشان‌دهنده تضعیف دیدگاه‌های دولت‌محور از قدرت و هدایت سیاست‌ها به سمت اجتماع محوری حکومت است. بخش دیگری از این جذابیت این است که «حکمرانی» بازیگران خصوصی و جامعه مدنی را به عنوان منابع و ابزارهایی برای سیاست‌گذاری عمومی مشترک به بازی می‌گیرد، حداقل روی کاغذ (Sørensen و Triantafyllou، ۲۰۰۹؛ Torfing و همکاران، ۲۰۱۲). لذا حکمرانی کارآمد، یکی از بزرگترین پیشران‌های رفاه و گسترش عدالت در جوامع است که با تدبیر و دوراندیشی مجانب است. بحران‌های پی‌درپی آب در کشور به ناکارآمدی حکمرانی آب ترجمه شده به نحوی که این ناکارآمدی، نقش محوری در شعله‌ور کردن منازعات، مهار رشد اقتصادی، ماندگاری نابرابری و افزایش تخریب و فشار بر منابع آب و منابع طبیعی و محیط‌زیست ایفا می‌کند. لذا شناخت آسیب‌ها و مسائل سیستم حکمرانی آب کشور و شناخت چشمه‌های ناکارآمدی برای ارتقاء و تبدیل آن به یک سیستم کارا، یک هدف بسیار مهم است که به نظر می‌رسد تنها با تغییر پارادایم حکمرانی آب، امکان‌پذیر باشد. نظام حکمرانی نتوانسته تشخیص دهد کدام بحران را در اولویت قرار دهد، بعد سراغ راه‌حل آن برود. لذا در دور باطل راه‌حل‌های تکراری که خود بحران جدید می‌آفریند، گرفتار شده است. قبل از ارائه راه‌حل‌ها، احتمالاً سه مسأله مهم حال حاضر حکمرانی آب کشور، نداشتن یا ندانستن شبکه مسائل حکمرانی، عدم اولویت‌بندی و عدم به اشتراک‌گذاری این مسائل است. تشویق در شناخت و به اشتراک‌گذاری مسائل، لزوماً برای پیدا کردن راه حل نیست، بلکه در بعد اجتماعی عمدتاً برای نزدیک کردن نظرات و ایجاد شفقت و هم‌سوئی بین ذی‌مدخلان است.

به این منظور در این نوشتار صرفاً سؤالاتی که به نظر می‌رسد بخشی از سؤالات محوری سیستم حکمرانی آب کشور است، طرح شده است. مخاطب سؤالات، یک فرد فرضی اثرگذار در نظام تصمیم‌گیری آب کشور است و در ابتدای هر سوال، یک پیش‌درآمد برای تبیین پشتوانه سؤالات، نگارش شده است.

سؤالات حکمرانی

۱. حکمرانی یک مفهوم لغزنده است به همین دلیل این مفهوم از زوایای مختلف تعاریف علمی و متنوعی دارد. سه نمونه از تعاریف در اینجا ارائه شده است:

- حکمرانی یک عمل اجتماعی است که تسهیلگر ذی‌مدخلان در رسیدن به اهداف و مانعی در انحراف از اهداف است (Young، ۲۰۱۳).

- حکمرانی فرآیندی که هدایت جامعه و اقتصاد از طریق اقدام جمعی و مطابق با اهداف مشترک (Torfing و همکاران، ۲۰۱۲).

- حکمرانی آب مجموعه‌ای از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اجرایی موجود است که توسعه و مدیریت منابع آب و ارائه خدمات آب در سطوح مختلف جامعه را تنظیم می‌نماید (امینی و همکاران، ۱۳۹۸).

تعاریف زیاد دیگری نظیر تعاریفی که ناترازی قدرت را محور تعریف حکمرانی قرار داده‌اند، می‌توان لیست کرد، تعریف شما، به عنوان فردی موثر در نظام حکمرانی آب کشور از حکمرانی (آب) چیست؟

۲. سه مسأله اولویت‌دار آب ایران در حوزه فنی - تکنولوژیک چیست؟

۳. سه مسأله اولویت‌دار آب ایران در حوزه اجتماعی - اقتصادی چیست؟

۴. رقابت برای کنترل زمین و آب از فرآیندهای سیاسی ناشی می‌شود که تحت تأثیر ذی‌نفعانی است که اغلب دارای منافع نقیض هستند. به همین دلیل حکمرانی عملی درهم تنیده و روابط بین ذی‌مدخلان چند بعدی است. در ایران، چنین پیچیدگی را می‌توان در بحران‌های آب‌محور مشاهده کرد. به نظر شما:

- آیا سیاست (politics) یک پیشران موثر در سیستم حکمرانی آب است؟ اگر بله، چه اثر مثبت یا منفی در سیاست‌گذاری (policy) داشته است؟

- ساختارهای مرتبط با آب بخش مهمی از تعارضات و تضادهای بین بخشی آب و به نوعی شکست سیاست‌ها را باعث می‌شوند. شما به عنوان یک فرد تأثیرگذار در نظام حکمرانی چگونه با این نقص و آسیب ساختاری در حکمرانی آب کشور تعامل کردید؟ آیا «یکپارچگی» پاسخ چه بخشی از تضادها و تعارضات بین‌بخشی است؟ در چه مقیاسی؟

۵. برخی مسأله کانونی آب در کشور را «ناجامعگی» نظام تصمیم‌سازی تلقی می‌کنند، بازیگران آب ناشناخته‌اند، ارتباط سیاست‌ها با جریان‌های اصلی اجتماع قطع و گفتمان مشترک بین ذی‌نفعان و تصمیم‌گیران به سختی دیده می‌شود.

- حکمرانی مبتنی بر منش‌های و رژیم‌های حکمرانی محلی، پاسخ چه بخشی از تضادها و تعارضات بین دولت و جوامع پیرامونی آب است؟

- آیا مسائل آب ایران را بیشتر به خشکسالی ربط می‌دهید یا آن را حاصل «بی‌مهارتی» سیستم حکمرانی در ترویج گفتگو می‌دانید؟

- جامعه پیرامونی آب به عنوان پیمانکار یا به عنوان همکار و یا به عنوان مشارکت در تصمیم‌سازی (نه تصمیم‌گیری) کدام گزینه انتخاب شماست؟ چرا؟

۶. «در وضعیتی که یک میلیون کیلومتر مربع از مساحت کشور کمتر از ۱۲ سانتیمتر بارندگی دارد، بیشتر از اصلاحات ارضی به اصلاحات آبی نیاز است» (باستانی پاریزی، ۱۳۶۷). بدیهی است حل مسائل آب کشور نیازمند ساختارهای چابک، با انگیزه، یادگیرنده، و سازگار است که عموماً سازمان‌های بوروکراتیک آب کشور از آنها بی‌بهره هستند. نظام حکمرانی آب ضمن درک این نقیصه، برای حل این مسئله بیشتر به نهادسازی و مصوبه‌گذاری روی آورده است.

- شما به عنوان فرد اثرگذار در تصمیم‌گیری آب کشور، این اصلاحات را در حذف و یا ایجاد نهاد در سیستم حکمرانی آب کشور می‌بینید، برای مثال تغییر مقیاس مدیریت آب کشور از استانی به حوضه آبریز؟

۷. در حکمرانی هدف را باید با «خودکار» نوشت ولی راه را با «مداد».

- شما تغییر رویکرد را از چه مسیری (مبدأ، فرآیند و مقصد) میسر می‌دانید؟ نسخه‌ای دارید؟

۸. درهم‌تنیدگی مسائل آب و انباشت بحران، یافتن مسیر حل مسائل آب را با مانع روبرو کرده است، آیا با تقلیل و ساده‌سازی سیستم‌ها و این درهم‌تنیدگی، موافق هستید؟ نمونه‌ای از ساده‌سازی بحران که به حل مسأله کمک کرده باشد، در تجربه شما هست؟

۹. ربط آب، انرژی و غذا در این زنجیره در کجای سیستم حکمرانی باید دیده شود، در حالیکه مدیریت و سیاست‌گذاری آن، حداقل در سه بدنه مجزا در کشور تقسیم شده است؟ چگونه؟

۱۰. چقدر با راه‌حلهایی که غیر متکی بر منابع آب هستند (نه مبتنی بر تأمین و نه مدیریت تقاضا)، می‌توان آب را مدیریت کرد؟ منظور روش‌هایی که به آب وابسته نیستند، ولی غیر مستقیم در حل مسائل آب موثرند.

۱۱. چگونه محیط‌زیست، به عنوان یک بازیگر خاموش در بازی دسترسی و برداشت آب، همچون سایر بازیگران می‌تواند وارد شود؟

۱۲. Gibbons (۱۹۸۶) در کتاب ارزش‌گذاری اقتصادی آب

می‌نویسد: هیچ فعالیت اقتصادی وجود ندارد که جایگزین ارزش ذاتی آب شود. شما به عنوان تصمیم‌گیر در نظام حکمرانی آب کشور، کدامیک از این گزاره‌های اقتصادی آب را درست می‌دانید؟

- آب را به بخشی اختصاص دهیم که آن را بهینه و اقتصادی مصرف می‌کند.

- آب کالا نیست و اقتصاد یکی از جنبه‌های آن است.
۱۳. تغییر/اصلاح/بازتعریف قوانین یکی از روش‌هایی است که دولت‌ها در ایران و احتمالاً دنیا خوب یاد گرفته‌اند و همواره آن را پاسخ مسائل آب می‌دانند، در کشور ما کدامیک از این گزاره‌های حقوقی آب را درست می‌دانید؟

- حق‌آبه دائمی ضد عدالت است. بطور کلی داشتن حق‌آبه (دائمی) یکی از مسائل آب ایران است و بایستی آن را بازتعریف کرد.

- قوانین فعلی ایستا هستند، در بازه‌های زمان خودشان متوقف مانده‌اند، مصوبات مرتبط با آب، قطعاً باید دارای زمان اعتبار معینی باشند و قوانین «همواره» بازنگری شوند.

- مالکیت آب در ایران خصوصی نبوده و نباید باشد، همانقدر که نباید دولتی باشد. مالکیت آب اجتماعی بوده و باید به همان منش حکمرانی برگردد.

- سیاست تخصیص دستوری آب در کشور باید به «توزیع عادلانه کمیابی آب» تغییر کند.

۱۴. هوش مصنوعی، سامانه‌های آبیاری، شیرین‌سازی آب دریاها و ... هر کدام به نوعی به اتاق‌های سیاست‌گذاری و تصمیم‌سازی سیاست‌های حل بحران آب راه یافته‌اند. نقش تکنولوژی را در حل مسائل آب ایران، چگونه ارزیابی می‌کنید؟

۱۵. تورم نیروی انسانی در بخش آب: مجموع کارکنان آب و برق قبل از ادغام آبفا و آبفایر، حدود ۷۳۰۰۰ نفر که نیمی مربوط به بخش آب بوده است. یعنی برای هر ۲۵۰۰ نفر ایرانی یک نفر مسئول انجام امور آب است. آیا تورم نیروی انسانی که به کاهش بهره‌وری دامن می‌زند، یک معضل برای حکمرانی آب کشور است؟ چگونه؟

۱۶. تعریف بی‌محابا و بعضاً پوپولیستی پروژه‌های آبی جدید، یعنی تشدید تورم. قریب به اتفاق این پروژه‌ها با عدم تأمین اعتبار روبرو و پیامد آن طولانی‌شدن مدت اجرا است. راه حل جبران کسر بودجه، تحویل اوراق قرضه به ازای حق‌الزحمه پروژه به پیمانکاران است. فروش اوراق قرضه دولتی یک پیامد غیر ملموس دارد، تشدید تورم. در سال‌های اخیر که همه دولتها در شرایط بدهی انباشته و با کاهش دراماتیک درآمد و منافع فروش نفت روبرو بوده‌اند، بدهکاری دولت به طرح‌های عمرانی، همچون سرطان در بدنه اقتصاد گسترش یافته و در زمان سررسید

۱- نگارنده این واژه را که ترکیب جامعه و جامع‌نگری است، برای تبیین عدم توجه به جامعه پیرامونی و عدم جامع‌نگری Holism در تصمیم‌سازی در اینجا آورده است.

2- Governance mode

3- Governance regime

منابع

- امینی، س.ج. و فتح‌اله پورکامی، ف. ۱۳۹۸. کنکاش و تحلیلی سیاستی بر حکمرانی آب در ایران. پژوهش‌های برنامه و توسعه، ۱(۲): ۱۶۹-۱۹۸.
- باستانی پاریزی، م.ا. ۱۳۶۷. از سیر تا پیا. چاپ چهارم، نشر علم.
- Sørensen E. and Triantafillou P. 2009. The Politics of Self-governance, London: Ashgate.
- Torfin J., Peters B.G., Pierre J. and Sørensen E. 2012. Interactive Governance: Advancing the Paradigm, Oxford: Oxford University Press.
- Young O. R. 2013. Sugaring off: enduring insights from long-term research on environmental governance. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 13: 87-105.
- Gibbons D. C. 1986. The economic value of water. Washington DC: Resources for the Future.
- Tetlock P. E. and Gardner D. 2016. Superforecasting: The art and science of prediction. Random House.
- Box G. E. and Draper N. R. 1987. Empirical model-building and response surfaces. John Wiley & Sons.

اوراق، دولت مجبور به چاپ پول شده و نتیجه آن تشدید تورم. بوده است. هرچند طولانی شدن طرح‌های آبی عارضه جدیدی در مملکت نیست. در گزارش سنجش پیشرفت و عملکرد برنامه عمرانی هفت‌ساله دوم ایران (۱۳۳۸) اشاره شده است که هزینه ساخت سد کرج (احتمالاً به دلیل طولانی شدن دوره ساخت) از یک و نیم میلیارد ریال به شش میلیارد ریال افزایش یافته است. نقطه تعادل تأمین و مدیریت تقاضا کجاست؟ تصفیه‌خانه آب نیاز است و مهار تورم هم لازم. چه باید کرد؟

۱۷. Gardner و Tetlock (۲۰۱۶)، حاصل ده سال بررسی روی تصمیم‌گیری و پیش‌بینی در رده‌های مختلف را در کتاب superforecasting ارائه داده‌اند، از یک پیمانکار لوله‌گذاری تا رئیس سازمان سیا؛ آنها می‌گویند مدل‌ها و «پیش‌بینی‌های متخصصان کمی بهتر از شانس» است. Box و Draper (۱۹۸۷) (دانشمند آمار دانشگاه پرینستون) جمله قصاری دارد مبنی بر اینکه «همه مدل‌ها اشتباه هستند، اما برخی مفید هستند». تکیه بیش از اندازه بر مدل‌سازی و ترویج آن در حکمرانی آب به عنوان مبنایی برای ارزیابی سیاست‌ها، رونق زیادی داشته است، در حالیکه معیارهای دقیق برای اعتبارسنجی آنها ارائه نمی‌شود. ناکامی در باز کردن جعبه سیاه مدل‌سازی در آب، احتمالاً به فرسایش بیشتر اعتبار و مشروعیت علم و این مدل‌ها به عنوان ابزاری برای بهبود سیاست‌گذاری منجر شده است.

- به نظر شما تا چه حد می‌توان رژیم‌های حکمرانی را با قصد نیتی که مدل‌ها به ما رهنمود می‌دهند، طراحی کرد؟ آیا/چگونه مدل‌سازی ممکن است به ارتقاء سیستم حکمرانی کمک کند؟

In the Name of Allah

Journal of Water and Sustainable Development

Volume 10 - Issue 1 (Serial No. 27) - June 2023

Due to certificate no. 3/18/126631 dated 20/9/2015 from the scientific publications review Commission of the Ministry of Science, Research and Technology and also Due to registration number no76766 dated 25/1/2016 from the Ministry of Culture and Islamic Guidance, this journal has been licensed to publish. This journal is an output of joint scientific activities between Ferdowsi University of Mashhad and the Hydraulic Association of Iran.

Grantee
Manager in Charge
Editor in Chief

College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Shahnooshi Foroushani, N. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Davary, K. Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Alidadi, H. Prof., Mashhad University of Medical Sciences
Ansari, H. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Bagheri, A. Asso. Prof., Tarbiat Modares University
Esmaili, K. Asso. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jolaini, M. Asso. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi
Morid, S. Prof., Tarbiat Modares University
Nassery, H.R. Prof., Shahid Behesti University, Tehran

Guiding Council

Sayahi, A., Assistance of research and industrial relations center of National Water and Wastewater Engineering Company (Chairman of the council)
Esmailian, H., Managing director of Mashhad Water & Wastewater Company
Taheri, A., Managing director of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company
Mousavi, S. Y., Secretary of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Shahnooshi Foroushani, N., Manager in charge
Davary, K., Editor in chief

Advisory Editors

Noori Esfandiari, A., Representative of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Sajadifar, S.H., Representative of National Water & Wastewater Company
Kolahi, M., Ferdowsi University of Mashhad
Kalaei, GH., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Tavakoli Aminian, S., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company

Executive Expert
Editor
Graphic
Order of publication
Publisher
ISSN
Website/E-Mail
Address
Sponsor

Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F.
Quchanian, M., Shahedi, M., Oskouhi, M.
Shaikhi, M.R.
Quarterly
Ferdowsi University of Mashhad
2423-5474
<https://jwsd.um.ac.ir/> Email: jwsd@um.ac.ir
Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. P.O.Box: 91775- 1163
Mashhad Water & Wastewater Company

Journal of Water and Sustainable Development

Volume 10 -Issue 1 (serial No.27) - June 2023

Articles in issue:

- **Water and Food Security in Ecological Planning (with an Emphasis on the Ecosystem Challenge and Nexus Approach in Developing the 7th Development Plan)**

M. Maham

- **Analyzing the Upstream Water Documents in the Third and Fourth Development Plans with an Interdisciplinary Approach (Time Frame: 2000-2009)**

L. Bonyad, A. Zare Shahabadi

- **Sustainable Food Security with the Help of Sustainable Aquaculture Using Modern Aquaculture Systems (part 1): The Role of Upstream Laws and Documents**

S. Zahedi, M. Barkhordar, M. Taherpoor

- **Investigating the Impacts of Climate Change on Water Security in Iran**

A. Zarrin, A.A. Dadashi-Roudbari

- **Evaluation of Agricultural Water Poverty Index in Hamadan Province and Identification of Critical Components**

A. Damavandi, H. Saadi, K. Naderi Mahdi-e, A. Malekian

- **Validation of Integral and Turbulence Models for Saline Wastewater Discharged into the Sea Environment**

V. Babaiynejad, B. Khorsandi

- **Application of Life Cycle Assessment on Water and Environment**

H. Shafaei, K. Esmaili

- **Groundwater-Drought Conjunctive Management: A review of California Experiences**

N. Gazor Habibabadi, H. Derakhshan

- **Contingent Valuation of the Drinking Water Quality in Dehloran City**

A. Sayehmiri, A. chraghi, A. Shayan, A. Soleimani

- **The Effect of Cenocarpus Extract on Spinach Resistance to Drought Stress**

M. Farasati, A. Nakhzari Moghaddam, E. Gholamalipour Alamdari, M. Rajabneia

ISSN (Print): 2423-5474



امنیت آب، پیش نیاز امنیت غذا

