

Future Scenarios of Water Crisis in 2050 Horizon

Shirin Hajiqadiri^{1*}, Gholamreza Godarzi²

1. M.Sc. in Industrial Engineering-Future Studies, Institute of Higher Education Non-profit of Toloue Mehr, Qom, Iran

2. Associate Professor, Department of Industrial Management, Imam Sadiq University, Tehran, Iran

(Received: December 22, 2021; Accepted: February 24, 2022)

Abstract

Water is the source of life and the right to life is the first human right that is closely related to access to safe and affordable drinking water. The future of water resources is one of the main concerns of governments, which has forced managers to consider the main causes of the crisis in climate change, population, laws, regulations and lifestyle. Because the management of these uncertainties. In the future, it is important to study the factors affecting water resources and define alternative futures in this area. The correct and appropriate decisions are very effective. In this study, by interviewing experts, first the main factors and then the key uncertainties in the field of water resources have been determined. Increasing environmental insight and governing its values is the most important factor for sustainable development and conservation and protection of water resources.

Keywords: Millennium, Sustainable development, Water crisis, Water scarcity.

* Corresponding Author, Email: Ghadirishirin9@gmail.com

سناریوهای آینده بحران آب در افق ۲۰۵۰

شیرین حاجی قدیری^{۱*}، غلامرضا گودرزی^۲

۱. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع_آینده پژوهی، مؤسسه آموزش عالی طلوع مهر، قم، ایران

۲. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه امام صادق(ع)، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۵)

چکیده

آب مایه حیات است و حق برحیات اولین حق بشر است که رابطه تنگاتنگی با دسترسی به آب آشامیدنی سالم و مقرون به صرفه دارد. آینده تأمین منابع آب، یکی از نگرانی‌های اصلی دولت‌هاست که مدیران را به اتخاذ تصمیم‌های مؤثر و پایدار با توجه به عوامل اصلی بروز بحران، همچون تغییرات اقلیمی، جمعیت، قوانین و مقررات و شیوه زندگی وادار کرده است. از آنجا که مدیریت این عدم قطعیت‌ها در آینده ضروری و جدی است، هدف این مطالعه، بررسی عوامل اثرگذار بر منابع آب و تعریف آینده‌های بدیل در این حوزه است. تدوین سناریو از جمله ابزارهایی است که با بررسی عوامل مهم و عدم قطعیت‌های کلیدی، پیامدهای آتی آن را در آینده تعریف کرده و در اتخاذ تصمیم‌های صحیح و مناسب بسیار تأثیرگذار است. در این پژوهش به وسیله مصاحبه با ۱۰ نفر از خبرگان آشنا به موضوع پژوهش و متخصص در حوزه سناریوپردازی، ابتدا عوامل اصلی و سپس، عدم قطعیت‌های کلیدی در حوزه منابع آب تعیین شده است. سپس، چهار سناریوی وضعیت سبز، وضعیت قرمز، وضعیت زرد و وضعیت نارنجی تدوین شده و نتیجه گیری شد که افزایش بیش از زیست‌محیطی و حکمرانی ارزش‌های آن، مهمترین عامل در جهت توسعه پایدار و حفظ و حمایت از منابع آب است.

واژگان کلیدی: بحران آب، پروژه هزاره، توسعه پایدار، کم‌آبی.

مقدمه

در دسامبر سال ۲۰۰۰ سران ۱۸۹ کشور، متنی را به تصویب رسانند که به «اعلامیه هزاره» معروف شد. هدف این اعلامیه تلاش برای از بین بردن فقر، بهبود وضعیت بهداشت و ارتقای صلح، حفظ حقوق بشر و حفاظت از محیط زیست بود. بر همین اساس، اهداف توسعه هزاره با توجه به محتوای بیانیه هزاره سازمان ملل استخراج و نقشه‌راهی برای دستیابی به آن مشخص شد. اهداف توسعه هزاره، کشورها را موظف می‌کند تا در مقابل درآمدهای ناکافی، گرسنگی گسترده، نابرابری‌های جنسیتی، تخریب محیط زیست، کمبود آموزش، نبود بهداشت و عدم دسترسی به آب سالم به‌شدت مبارزه کنند (محمدی، ۱۳۸۹).

یکی از هدف‌های اصلی این پروژه، تضمین در دسترس بودن و مدیریت پایدار آب و فاضلاب برای همه است. آب به عنوان مایه و منشأ آبادانی و رکن بقا و زندگی موجودات زنده می‌باشد و حفظ حیات و رشد و توسعه اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی جوامع در گرو دسترسی به منابع آب سالم است. در حالی که شکاف موجود بین عرضه و تقاضای آب در قرن حاضر رو به فزونی بوده است. تمرکز بر فرایند توسعه و در کنار آن افزایش جمعیت و تقاضای مصرف رو به بالا و در مقابل روند کاهنده عرضه آب، موجودیت و آینده این نهاد ارزشمند را به خطر انداخته، حتی در بسیاری از مناطق به بروز بحران منابع آب منجر شده است. در حالی که بدون اطمینان از وجود منابع آب قابل اتکا هیچ جامعه‌ای نخواهد توانست به یک ثبات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی مطلوب و تضمین شده دست یابد. بالطبع در صورتی که این خلأ و عدم تعادل ایجاد شده بر مبنای راهکارهای مدیریتی و برنامه‌ریزی درست مهار نشود، گسترده‌شدن و شدت‌گرفتن بحران آب و بروز اختلافات و تعارضات در سطح محلی، ملی، حتی فراملی انتظار خواهد رفت (Wada et al., 2016, p.176).

چالش‌های آب بیشتر به پیش‌بینی ناپذیری آینده و عدم قطعیت در رفتار بازیگران مؤثر بر فرایند مورد نظر مربوط می‌شوند. این نااطمینانی در فرض‌های مورد نظر منجر شده است تا تحقیقات درباره بحران آب بر رویکردهای آینده‌پژوهی و سناریونگاری گرایش داشته باشد. باید توجه کرد که وضعیت منابع آب نیز متأثر از عوامل متعددی است و این امر پیش‌بینی شرایط آتی را بسیار دشوار

کرده و احتمالات مختلفی از آینده را پیش روی پژوهشگران قرار می‌دهد و موجب شده است تا محققان دست به مطالعه آینده‌های بدیل در این حوزه بزنند (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۹). منابع آب به عنوان قسمتی از محیط زیست بیش از سایر منابع حیاتی با بحران روبه‌رو می‌باشد. آب یکی از فراوان‌ترین و پایدارترین ترکیبات زمین است که بر اثر عوامل طبیعی و انسانی دچار تغییراتی شده است (ابطحی و نصر آزادانی، ۱۳۸۸).

هر چند بحران آب و خشکسالی پدیده‌ای است که از دیرباز بسیاری از نقاط جهان را از لحاظ اقتصادی و امنیتی مورد تهدید قرار داده است، ولی در شرایط موجود عوامل متعددی از جمله رشد روزافزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای آب این بحران را تشدید می‌کنند. در حالی که به علت تغییرات شرایط آب و هوایی، کاهش بارندگی و محدودیت سفره‌های آب زیرزمینی عرضه آب در حال نقصان است. در کنار این عوامل علمی نبودن کشاورزی، بی‌توجهی به راندمان آبیاری در این بخش، عدم فرهنگ‌سازی در مصرف آب در بخش‌های دیگر، عدم اجرای قوانین و مقررات مربوط به آب، عدم برنامه‌ریزی و انجام تحقیقات کاربردی در برگرداندن آب به چرخه مصرف و نگاه مقطعی متولیان به مسأله آب چالش‌های جدی است (قربانی، ۱۳۸۷).

در سال‌های گذشته، بحران کمبود آب در اقصی نقاط جهان چنان خود را به رخ کشیده که برخی اندیشمندان و پژوهشگران از احتمال بروز جنگ‌های قرن بیست و یکم، نه بر سر نفت یا زمین، بلکه بر سر منابع آب شیرین سخن گفته‌اند. منابعی که نه تنها فقط مایه حیات تمامی جانداران، بلکه موجب توسعه و عامل رونق اقتصادی و صنعتی در جوامع امروزی‌اند و تمدن‌های مبتلا به معضل کم‌آبی را ناتوان و گرفتار می‌کنند (زینتی فخرآباد و عسگری مقدم، ۱۴۰۰). رقابت بر سر منابع آب شیرین در طول دهه‌ها به دلیل افزایش جمعیت، رشد اقتصادی، افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی برای مصارف غذایی و غیر غذایی و تغییر در الگوهای مصرف به سمت بیشتر محصولات مبتنی بر گوشت و شکر افزایش یافته است (De Fraiture & Wichelns, 2010; Falkenmark, Rockström & Karlberg, 2009; Shen et al., 2008; Strzepek & Boehlerk, 2010).

به نظر می‌رسد مشکلات امروز مربوط به کمبود و آلودگی آب شیرین در آینده به دلیل افزایش

قابل توجه تقاضا برای آب و کاهش در دسترس بودن و کیفیت تشدید خواهد شد. بسیاری از نویسندگان تخمین زده‌اند که وابستگی ما به منابع آب در آینده به طور شایان توجهی افزایش خواهد یافت و این امر مشکلاتی را برای امنیت غذایی آینده و پایداری زیست‌محیطی به همراه خواهد داشت (Alcamo et al., 2003; Bruinsma, 2009; Rosegrant, Ringler & Zhu, 2009; Rosegrant, Cai & Cline, 2002; Bruinsma, 2003).

یک گزارش اخیر تخمین می‌زند که برداشت جهانی آب از ۴۵۰۰ میلیارد متر مکعب در سال امروز به ۶۹۰۰ میلیارد متر مکعب در سال تا سال ۲۰۳۰ خواهد رسید (ErcinArjen & Hoekstra, 2014; McKinsey, 2009).

تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۱۵ درصد مردم جهان، که اغلبشان در خاورمیانه و آفریقا هستند، بحران و کمبود شدید آب را تجربه خواهند کرد. بحران آبی آینده یکی از پتانسیل‌های مهم بالقوه برای نزاع و چالش‌های امنیتی بین‌المللی است که قابلیت تبدیل شدن به بحران بزرگ بین‌المللی را دارد. با افزایش جمعیت، مقوله امنیت غذایی به یک نگرانی مهم و چالشی امنیتی برای مردم جهان تبدیل خواهد شد (رضایان قیه‌باشی و رضایان، ۱۳۹۵).

در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از جمعیت جهان به آب آشامیدنی بهبود یافته دسترسی دارند، در مقایسه با ۷۶ درصد در سال ۱۹۹۰. این بهبودی برای ۲/۴ میلیارد نفر در بیش از ۲۰ سال است. با وجود این، هنوز ۷۸۵ میلیون نفر بدون دسترسی باقی می‌مانند که افزایشی ۱۲۲ میلیونی از سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. حدود ۴۵ درصد از جهان (۳/۴ میلیارد) به سرویس بهداشتی ایمن دسترسی ندارند. مصرف آب برای حدود ۵۰۰ میلیون نفر دوبرابر آن چیزی است که به طور طبیعی، می‌توان آن را تجدید کرد، حجم فاضلاب تصفیه نشده هر سال افزایش می‌یابد و حدود ۸۰ درصد از کل فاضلاب بدون تصفیه تخلیه می‌شود (گزارش توسعه جهانی آب سازمان ملل متحد ۲۰۲۱) و ۲ میلیارد نفر فاقد سیستم بهداشتی بهبود یافته هستند. یک سوم بشریت به سرویس بهداشتی یا سرویس بهداشتی مناسب دسترسی ندارند و ۸۹۲ میلیون نفر هنوز در فضای باز اجابت مزاج می‌کنند (پروژه هزاره، ۲۰۲۱).

یکی از حقوق حداقلی درمانی- بهداشتی حق بر دسترسی به آب آشامیدنی سالم است؛ یعنی اینکه افراد به طور مستمر دسترسی کافی به آب سالم برای مصارف شخصی و خانگی داشته باشند و به لحاظ فیزیکی و اقتصادی این دسترسی وجود داشته و تبعیض‌آمیز نباشد و اطلاعات مربوط به آب سالم در اختیار همگان قرار گیرد. با توجه به آنچه بیان شد، پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این پرسش است که سناریوهای آینده بحران آب در افق ۲۰۵۰ کدامند؟

مبانی نظری

عناصر تشکیل‌دهنده حق بر دسترسی به آب آشامیدنی سالم

آب آشامیدنی سالم باید برای کرامت انسانی، زندگی و سلامت مطابق با بندهای ۱ و ۱۲ ماده ۱۱ میثاق حقوق اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کافی باشد (مجمع عمومی سازمان ملل متحد، ۱۹۶۶). کافی بودن آب نباید صرفاً با توجه به کیفیت‌های حجمی و فناورانه به طور مضیق تفسیر شود. آب باید به عنوان یک کالای فرهنگی و اجتماعی نه اینکه یک کالای اقتصادی نگریسته شود. راه تحقق حق بر آب باید راهی پایدار باشد و تضمین کند که حق مزبور برای نسل‌های حاضر و آتی تحقق می‌یابد. کافی بودن آب مورد نیاز برای حق بر آب ممکن است، بر اساس شرایط متفاوت تغییر کند.

الف) قابلیت دسترسی: تأمین آب برای هر فردی باید برای مصارف شخصی و خانگی او کافی و مستمر باشد. این مصارف به طور عمده، شامل نوشیدن، سیستم دفع فاضلاب شخصی، شستن لباس‌ها، طبخ غذا، بهداشت شخصی و بهداشت خانگی می‌شود. کمیت آب قابل دسترس نیز باید برای هر فردی مطابق با خط‌مشی‌های سازمان بهداشت جهانی باشد. بعضی از افراد و گروه‌ها ممکن است همچنین، نیازمند آب اضافی به علت شرایط بهداشتی، آب و هوایی و کاری باشند.

ب) کیفیت: آب مورد نیاز برای مصارف شخصی یا خانگی افراد باید سالم باشد، یعنی عاری از هرگونه مواد ریز، مواد شیمیایی و مخاطرات رادیولوژیکی باشد که سلامت فرد را تهدید می‌کنند. علاوه بر آن، آب باید قابل قبول برای هر فرد یا مصارف خانگی باشد.

ج) **دسترسی:** آب و تسهیلات و خدمات آبی باید برای هر فردی بدون تبعیض در قلمرو صلاحیتی دولت عضو قابل دسترسی باشد که این دسترسی چهار بعد اشتراک دارد.

۱. **قابلیت دسترسی فیزیکی:** آب، تسهیلات و خدمات آبی باید برای همه بخش‌های جمعیت قابلیت دسترسی فیزیکی سالم داشته باشد. آب کافی، سالم و قابل قبول باید در نزدیک‌ترین مکان خانگی، مؤسسات آموزشی و محل کار در دسترس باشد. همه تسهیلات و خدمات آبی باید دارای کیفیت کافی، متناسب با فرهنگ و جنسیت، سبک زندگی و مقتضیات شخصی باشند. امنیت فیزیکی نباید در خلال دستیابی به تسهیلات و خدمات آبی مورد تهدید قرار بگیرد.

۲. **قابلیت دسترسی اقتصادی:** آب و تسهیلات و خدمات آبی باید برای همه قابلیت دسترسی داشته باشد. هزینه‌ها و مخارج مستقیم و غیرمستقیم مرتبط با حفظ و تامین آب باید قابل دسترس باشد و نباید دیگر حقوق مورد نظر میثاق تهدید یا مورد مصالحه قرار گیرد.

۳. **نبود تبعیض:** آب و تسهیلات و خدمات آبی باید برای همه از جمله بخش‌هایی از جمعیت که آسیب‌پذیر یا محروم‌ترین بخش هستند، بدون تبعیض و بر اساس زمینه‌های منع شده قابلیت دسترسی داشته باشد.

۴. **قابلیت دسترسی به اطلاعات:** قابلیت دسترسی شامل حق جست‌وجو، دریافت و فاش کردن اطلاعات مرتبط با موضوعات آب می‌شود (فاطمی‌نژاد، ۱۳۹۳).

پیشینه پژوهش

در حوزه موضوعی پژوهش حاضر، پژوهش‌هایی انجام گرفته است که در ادامه، به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

بهشتی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان «سناریوهای مدیریت منابع آب بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی: مطالعه موردی شهرستان تبریز»، به وسیله آینده‌پژوهی به مطالعه منابع آب شهرستان تبریز پرداخته‌اند و با ابزار مصاحبه و پرسشنامه دلفی و با تکنیک گلوله‌برفی برای نمونه‌گیری، عوامل اولیه مؤثر بر مدیریت منابع آب شهرستان تبریز شناسایی کردند. سپس، با استفاده از نرم‌افزار

میک‌مک، عوامل کلیدی مؤثر مشخص کردند و در نهایت، سناریوهای آینده مدیریت منابع آب تبریز تدوین کردند.

رضایان قیه‌باشی و رضایان (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان «آینده‌پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپردازی» برای بررسی پیامدهای تنش‌های آبی در ایران و آثاری که بر بحران‌های زیست‌محیطی، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و نظامی امنیتی در داخل و خارج از مرزهای سیاسی می‌گذارد، به تدوین چهار سناریو برای آینده بحران آب در ایران پرداخته‌اند و این سناریوها را بهترین و دقیق‌ترین روش برای شناخت رخدادهای آینده و پیامدهای آن، و چگونگی مدیریت آن‌ها را بیان کرده‌اند.

زینتی فخرآباد و عسگری مقدم (۱۴۰۰) در مقاله‌ای با رویکردی آینده‌نگرانه به منظور افزایش افق دید و ایجاد آمادگی برای مواجهه با شرایط احتمالی در آینده و نیز تدوین سیاست‌های اجرایی مناسب، به درک بهتر آینده آب در ایران و تأثیر وضعیت احتمالی آینده آن بر تصمیم‌ها و زندگی مردم و از سویی، توسعه روش‌های فکری به منظور ایجاد شرایطی بهتر برای تصمیم‌گیران حوزه‌های درگیر با منابع آبی با ارائه چشم‌اندازی قابل وقوع می‌پردازند و سناریوهایی بر اساس عوامل پیشران آینده آب در ایران تدوین شده است. همچنین، ابطحی و نصر آزادانی (۱۳۸۸) در مقاله‌ای پیشنهادهایی در ارتقای مدیریت صحیح منابع آب، و راهکارها و چالش‌های کاهش اثرات خشکسالی، به عنوان سیاست‌های بلندمدت و برنامه‌ریزی‌های پایه برای تعیین بهترین رویکرد در مدیریت منابع آب ارائه دادند به نحوی که بتوان از کلیه امکانات و زیرساخت‌های موجود، بیشترین بهره‌برداری را کرد.

ارتوگ ارسین و آرجن هاکسترا (۲۰۱۴) در مقاله‌ای سناریوهای ردپای آب را برای سال ۲۰۵۰ بر اساس تعدادی از محرک‌های تغییر توسعه دادند. سناریوهای آنان عبارت بودند از: رشد جمعیت، رشد اقتصادی، الگوی تولید/تجارت، الگوی مصرف (تغییر رژیم غذایی، استفاده از انرژی زیستی) و توسعه فناوری. هدف این مطالعه درک تغییرات در ردپای آب تولید و مصرف برای آینده‌های احتمالی بر اساس منطقه و تشریح محرک‌های اصلی این تغییر است. علاوه بر این، آن‌ها جریان‌های

آب مجازی بین مناطق جهان را ارزیابی می‌کنند تا وابستگی مناطق به منابع آب در مناطق دیگر را تحت آینده‌های مختلف ممکن نشان دهند. آن‌ها چهار سناریو را در امتداد دو محور کردند که نشان‌دهنده دو بعد کلیدی عدم قطعیت است: جهانی‌سازی در مقابل خودکفایی منطقه‌ای، و توسعه اقتصادمحور در مقابل توسعه مبتنی بر اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی. این مطالعه نشان داد چگونه محرک‌های مختلف سطح مصرف آب و آلودگی را در سطح جهان در سال ۲۰۵۰ تغییر خواهند داد. سناریوهای ارائه‌شده می‌توانند مبنایی برای ارزیابی بیشتر درباره اینکه چگونه بشر می‌تواند کمبود آب شیرین در آینده را کاهش دهد، تشکیل دهد. آن‌ها با این مطالعه نشان داده‌اند که کاهش ردپای آب بشر به سطوح پایدار، حتی با افزایش جمعیت امکان‌پذیر است، مشروط بر اینکه الگوهای مصرف تغییر کند. این مطالعه می‌تواند به هدایت سیاست‌های اصلاحی در سطح ملی و بین‌المللی و تعیین اولویت‌های سال‌های آینده به منظور دستیابی به استفاده پایدار و عادلانه از منابع آب شیرین جهان کمک کند.

روش‌شناسی تحقیق

مطالعه حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی، از نظر نوع تحقیق کتابخانه‌ای و از نظر ماهیت بر مبنای روش علم آینده‌پژوهی، تحلیلی و اکتشافی است. در این مقاله آینده بحران آب به صورت سناریونویسی بررسی شده است. تدوین سناریو از جمله ابزارهای پیشنهادی است که می‌تواند به منظور بررسی پیامدهای آتی، در اتخاذ تصمیم‌گیری‌ها و اجرای سیاست‌های مختلف راهبردی در زمینه مدیریت منابع آب، مؤثر واقع شود.

تحلیل سناریو ابزاری برای کشف آینده بلندمدت سیستم‌های پیچیده اجتماعی-اکولوژیکی تحت شرایط نامشخص است. این روش در واقع، برای ارزیابی تحولات احتمالی در عرضه و تقاضای آب جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس روش اصلی تحقیق در این پژوهش، که مبتنی بر سناریونگاری است، با اتکا بر داده‌های گردآوری‌شده تلاش می‌شود در قالب گام‌های اول تا هشتم شوارتز و به روش GBN، وضعیت آب در آینده با توجه به عملکرد انسان در زمینه مصرف آب بررسی شود.

یافته‌های پژوهش

در ادامه، یافته‌های پژوهش به تفکیک بیان می‌شود.

کلان‌روندهای تأثیرگذار بر بحران کم‌آبی

این کلان‌روندها به شرح زیرند:

گرمایش جهانی: فراوانی و طول مدت خشکسالی به دلیل گرمایش جهانی در حال افزایش است. گرمایش جهانی با کاهش میزان نزولات جوی، باعث کاهش دسترسی به آب شرب می‌شود و از طرفی، با ذوب کوه‌های بزرگ یخ باعث افزایش آب‌های قطب می‌شود، اما اثر کاهشی آن بیشتر است.

افزایش جمعیت: آب شرب شامل آب انبارشده در زیر زمین است. افزایش جمعیت باعث افزایش حفر چاه‌ها و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی می‌شود.

توسعه تکنولوژی: با رشد تکنولوژی، فناوری‌های جدید و کارآمد برای تصفیه فاضلاب، شیرین کردن آب دریا و مصرف بهینه آب در کشاورزی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد که در جهت کاهش مصرف آب مؤثر است.

صنعتی شدن: ماشین‌آلات صنعتی با بخار کار می‌کنند و نیاز به مصرف آب زیادی دارند که باعث کاهش منابع آب می‌شود.

شهرنشینی: شهرنشینی با تغییر عادات زندگی، باعث افزایش مصرف‌گرایی و نیز افزایش مصرف آب در مصارف بهداشتی می‌شود.

افزایش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای: با افزایش آلاینده‌ها تغییرات اقلیمی افزایش می‌یابد که باعث افزایش خشکسالی و دسترسی کمتر به منابع آب می‌شود.

تصاویر آینده

تصویرهای آینده به شرح زیر در نظر گرفته شد.

جنگ آب: بسیاری از اندیشمندان، جنگ آینده را نه بر سر نفت که بر سر منابع آب می‌دانند.

کمبود آب سبب عدم برداشت بهینه محصولات کشاورزی است که این به معنای ازدست‌رفتن معیشت هزاران خانواده‌ای است که با کشاورزی روزگار می‌گذرانند و این موضوع سبب نزاع و درگیری‌هایی چه در سطح محلی و چه در سطوح بین‌المللی می‌شود.

خالی‌شدن بخش‌هایی از زمین از جمعیت: به دلیل نبود آب و خشکسالی، به‌وضوح می‌توان گفت که قسمت‌های وسیعی از کره زمین در آینده نه‌چندان دور، غیر قابل سکونت خواهد بود و این امر بر تراکم جمعیت در بخش‌های مرطوب‌تر و جوار رودخانه‌ها خواهد افزود.

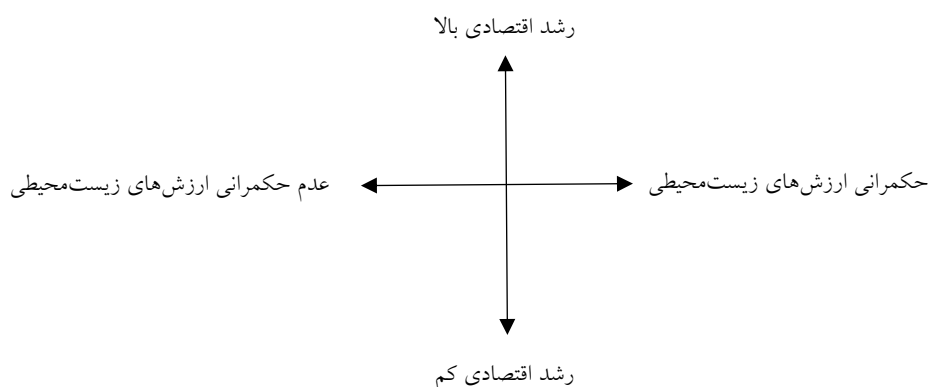
جیره‌بندی آب: با روندی که در تغییرات اقلیمی و کاهش بارندگی وجود دارد، در آینده، کمبود منابع آب شرب، سبب گران‌بها شدن و جیره‌بندی این ماده حیاتی خواهد شد.

جدول ۱. پیشران‌های مؤثر بر بحران کم‌آبی

پیشران‌های اجتماعی	پیشران‌های اقتصادی	پیشران‌های زیست‌محیطی	پیشران‌های سیاسی
* رشد جمعیت	* رشد اقتصادی	* تغییرات اقلیمی	* تنظیم مقررات به‌روز
* شهرنشینی	* درآمد سرانه	* میانگین دمای ماهانه	* تقویت همکاری‌های
* مهاجرت معکوس	* قیمت آب	* میانگین بارندگی سالانه	ملی و بین‌المللی
* مهاجرت معکوس	* تجارت جهانی	* فرسایش خاک	* هماهنگی در مدیریت
* NGOها		* انتشار گازهای گلخانه‌ای	منابع آب
* الگوی تولید و تجارت		* ارزش‌های زیست‌محیطی	* سیاست‌های تشویقی و
* الگوی مصرف			تنبیهی در مصرف آب
* توسعه فناوری			
* فرهنگ‌سازی در مصرف آب			

پس از تعیین عوامل اصلی و پیشران‌ها به کمک خبرگان، به وسیله ماتریسی که درجه اهمیت و عدم قطعیت عوامل را مشخص می‌کند، عدم قطعیت‌های کلیدی مشخص شد.

در نظرسنجی از خبرگان، رشد اقتصادی و حکمرانی ارزش‌های زیست‌محیطی، بالاترین امتیاز را از لحاظ اهمیت و عدم قطعیت کسب کردند. بنابراین، این دو عامل، اساس طراحی سناریوهای ما را تشکیل دادند و بر اساس آن چهار سناریو آماده تدوین می‌شود که به شرح زیرند.



شکل ۱. عدم قطعیت‌های سناریوساز

سناریوی یک: وضعیت سبز؛ رشد اقتصادی بالا و حکمرانی ارزش‌های زیست‌محیطی

به دلیل ارزش‌گذاری‌های اجتماعی و زیست‌محیطی رشد جمعیت کنترل شده است. رشد جمعیت کمتر به معنای نگرانی کمتر برای کمبود آب آشامیدنی سرانه و نیز مصارف بهداشتی است. علاوه بر این، به معنای تولید فاضلاب کمتر و تأمین خدمات بهداشتی برای تعداد افراد بیشتر است. کشورها فقط توسعه اقتصادی صرف را ملاک عمل نمی‌دانند و الگوی محیط زیست پایدار را در تولید و صنعت در نظر می‌گیرند. بر این اساس، در کشاورزی کودهایی که آلودگی شیمیایی کمتری دارند و نیز کودهای زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند و محصولات سالم‌تر و ارگانیک‌تر تولید بیشتری دارند که آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را کاهش می‌دهد.

در صنعت نیز تولید محصولات با استفاده از انرژی‌های زیستی توسعه یافته است و چون رشد اقتصادی بالاست و دولت‌ها در تأمین هزینه‌ها مشکلی ندارند، از فناوری‌های جدید با بهره‌وری و کارایی بیشتر در زمینه تصفیه فاضلاب بهره می‌گیرند که سبب کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی و صدمات زیست‌محیطی می‌شود. علاوه بر این، با توسعه تکنولوژی، تصفیه آب به صورت بهینه‌تر و ارزان‌تر مقدور شده است. فرهنگ زیست‌محیطی به قدری در اعتقادات جامعه نفوذ کرده که بر رژیم غذایی تأثیر مشهود دارد.

به این دلیل تأمین پروتئین تنها از گوشت حیوانی صورت نمی‌گیرد و دیگر منابع پروتئینی و نیز گوشت‌های آزمایشگاهی نقش عمده‌ای در منابع غذایی افراد ایفا می‌کند. توسعه تکنولوژی نیز در جهت تأمین با کیفیت، ارزان و بیشتر این نوع گوشت مؤثر است. کاهش گوشت حیوانی به معنای کمتر شدن فعالیت‌های دامپروری و کشاورزی است. در واقع، گوشت آزمایشگاهی با دو درصد از منابع کشاورزی مورد مصرف در صنایع دامپروری، مقدار گوشت یکسانی تولید می‌کند و مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از آن یک بیست و پنجم صنعت دامپروری و میزان مصرف انرژی نیز نصف است. پس کاهش فعالیت‌های دامپروری و کشاورزی، کاهش مصرف آب، کاهش استفاده از انواع کودها و در نتیجه، کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی را سبب می‌شود.

همچنین، کاهش تولید CO₂ و متان و سایر گازهای گلخانه‌ای را سبب می‌شود که به نوبه خود، مانع تغییرات اقلیمی بیشتر می‌شود. تغییرات اقلیمی و افزایش گرمایش جهانی، فراوانی و طول مدت خشکسالی‌ها را افزایش می‌دهد که با کاهش میزان نزولات جوی، دسترسی به آب شرب را کاهش می‌دهد.

سناریوی دو: وضعیت زرد؛ رشد اقتصادی پایین و حکمرانی ارزش‌های زیست‌محیطی

رشد اقتصادی پایین است و این بسیاری از فعالیت‌ها را تحت تأثیر قرار داده است.

دولت‌ها قادر به تأمین هزینه تأسیس تصفیه خانه‌های فاضلاب به وسیله تکنولوژی‌های جدید نیستند. صنایع برای دستیابی به سود بیشتر و جلوگیری از ورشکستگی، استفاده از سوخت‌های ارزان فسیلی را ترجیح می‌دهند و سیستم‌های فاضلاب به‌روزتر را که کارایی بهتری را دارد، به دلیل بار مالی بیشتر تأمین نمی‌کنند و پیامد این یعنی مصرف و آلودگی بیشتر منابع آب. از طرفی، فرهنگ زیست‌محیطی در مردم و جامعه نهادینه شده و مردم برای کاهش مشکلات کم‌آبی به دستورالعمل‌های کاهش جمعیت عمل می‌کنند که این امر باعث کنترل رشد جمعیت و کاهش مشکلات آب سرانه شرب و مصرفی شده است.

علاوه بر این، افراد در زندگی شخصی، سعی در رعایت ارزش‌های زیست‌محیطی در جلوگیری از آلودگی آب به وسیله کودهای شیمیایی یا فاضلاب‌های غیر بهداشتی را که سبب آلودگی آب‌های

زیرزمینی می‌شود، دارند. به دلیل بینش صحیح زیست‌محیطی و اجتماعی، درخواست و تقاضای جوامع از دولت‌ها برای ایجاد تأسیسات تصفیه بهینه فاضلاب و امکانات استفاده از انرژی‌های زیستی که آلودگی منابع آب کمتری را به دنبال دارد، افزایش یافته است و نارضایتی جامعه را سبب شده است. در کشورهایی با اقتصاد ضعیف فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری همچنان در صدر فعالیت‌هاست که باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش گرمایش جهانی می‌شود که با کاهش میزان نزولات جوی، میزان آب در دسترس را کاهش می‌دهد. همچنین، باعث کاهش منابع آب می‌شود. در این شرایط چون جامعه به اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی گرایش دارد و فرهنگ لازم در سطح جامعه موجود است، کمک‌های مالی جوامع و سازمان‌های بین‌المللی می‌تواند دولت‌ها را یاری کند. علاوه بر این، وجود پیمان‌ها و قراردادهای منطقه‌ای در زمینه هماهنگی در مدیریت آب‌های مشترک مرزی کمک بسیاری به دولت‌ها می‌کند.

سناریوی سه: وضعیت قرمز؛ رشد اقتصادی پایین و عدم حکمرانی ارزش‌های زیست‌محیطی

الگوهای زیست‌محیطی مورد توجه نیست. رشد جمعیت مهار نشده است که خود به‌تنهایی میزان سرانه آب در دسترس را کاهش می‌دهد. رشد اقتصادی پایین است و بسیاری از ظرفیت‌های تصفیه صحیح آب و فاضلاب با استفاده از فناوری‌های جدید صورت نمی‌گیرد. محور اصلی فعالیت‌های اقتصادی و سیاسی جامعه و دولت، کسب سود بیشتر است. در کشاورزی همچنان کودهای شیمیایی برای افزایش بازده محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث آلودگی بیشتر آب‌های زیرزمینی می‌شود و نیز مصرف بیشتر آب و انرژی را در بر دارد. در صنعت نیز توجهی به تصفیه ایمن فاضلاب صنعتی وجود ندارد و تولید و سود بیشتر، حرف اول را می‌زند که خود باعث آلودگی بیشتر آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. علاوه بر این، منبع اصلی تولید انرژی نیز، همچنان سوخت‌های فسیلی است که بیشتر بر CO₂ اتمسفر می‌افزاید و گرمایش جهانی را افزایش و میزان آب سرانه را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، رشد جمعیت خود باعث برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی به وسیله افزایش حفر چاه و پایین‌رفتن سطح آب می‌شود و دسترسی به آب را کاهش می‌دهد. در این شرایط، تمامی فعالیت‌ها به سمت کسب سود اقتصادی بیشتر است و بی‌توجهی به

الگوهای زیست‌محیطی از جمله نحوه تغذیه و سوخت‌های مصرفی، در کنار رشد جمعیت، در حقیقت، بحران کم‌آبی را تشدید می‌کند و در مناطق کم‌آب‌تر مسائل جدی امنیتی مانند مهاجرت و جنگ بر سر منابع آب را ایجاد می‌کند. همان‌طور که مشخص است بدترین و بحرانی‌ترین سناریو، این سناریوست که برای آمادگی بیشتر برای مقابله با این احتمال، دولت‌ها باید به وسیله برنامه‌ها و طرح‌های ویژه، آگاهی زیست‌محیطی و سواد آب مردم را بالا برند. همچنین، سیاست‌های تشویقی و تنبیهی دولت برای صنایع و فعالیت‌های آب‌بر، کمک بسیاری در جلوگیری از وقوع این سناریو می‌کند. NGOها نیز می‌توانند نقش مؤثری در آگاهی مردم و ایجاد حساسیت در جامعه نسبت به بحران کم‌آبی و وظیفه مردم در قبال آن ایفا کنند.

سناریوی چهارم: وضعیت نارنجی؛ رشد اقتصادی بالا و عدم حکمرانی ارزش‌های زیست‌محیطی

رشد اقتصادی بی‌توجه به ارزش‌ها و عوامل زیست‌محیطی در حال افزایش است. صنایع در حال رشدند که خود به معنای مصرف آب بیشتر است. علاوه بر این، توجه به عوامل زیست‌محیطی مد نظر نیست. آلودگی‌های آب و تصفیه صحیح فاضلاب صنعتی مورد توجه نیست. همچنین، سوخت‌های فسیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد که باعث تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه، افزایش گرمایش جهانی و کاهش منابع آب می‌شود. رشد اقتصادی باعث افزایش مصرف گوشت حیوانی و افزایش فعالیت‌های دامپروری می‌شود که پیامدهایی چون افزایش مصرف انرژی و تولید بیشتر گازهای متان و CO₂ است که تغییرات اقلیمی و دسترسی به آب کمتر را سبب می‌شود. از طرفی، رشد اقتصادی بالا باعث افزایش سطح بهداشت فردی می‌شود و میزان مصرف آب برای مصارف شخصی و بهداشتی را افزایش می‌دهد.

در کل، رشد اقتصادی عاملی است که سبب افزایش مصرف‌گرایی می‌شود و اگر این رشد همراه با افزایش بینش زیست‌محیطی نباشد، در تخریب محیط زیست و آلودگی‌های آن و کاهش منابع آب اثری منفی و تخریب‌کننده دارد، ولی چون کشورها از لحاظ اقتصادی محدودیتی برای ایجاد زیرساخت‌ها و تأسیسات بهبود تصفیه آب شرب، تصفیه‌خانه‌های استاندارد فاضلاب خانگی و صنعتی و بازگرداندن آب مصرفی به چرخه آب، کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی ندارند،

فشار جوامع و سازمان‌های بین‌المللی، دولت‌ها را مجبور به رعایت استانداردها و کاهش مخاطرات می‌کند و این امر کمی شرایط را نسبت به سناریوی سه بهتر می‌کند. پس مؤثرترین اقدام در این سناریو، ایجاد بینش زیست‌محیطی و فشار سازمان‌های بین‌المللی برای تصحیح فرهنگ مردم و پایبندی دولت‌ها به تعهدات بین‌المللی است.

بحث و نتیجه‌گیری

آب مایه حیات است و حق بر حیات از مسلم‌ترین حقوق انسانی است و بنا بر چنین حقی، انسان‌ها و جوامع برای احقاق چنین حقی پیوسته در تلاشند و چون منابع این عنصر حیاتی روزبه‌روز در حال کاهش است، همواره درگیری‌هایی در سطوح محلی و منطقه‌ای بر سر آب وجود دارد. ادامه روندهای جهانی، همچون افزایش جمعیت و افزایش برداشت نیز باعث کاهش آن و بروز درگیری‌ها و ناامنی‌های بیشتری در این زمینه می‌شود. از آنجا که نگرانی‌ها درباره آینده بحران کم‌آبی هرروزه افزایش می‌یابد، بررسی سناریوهای آینده این بحران به آمادگی در برابر عدم قطعیت‌هایی که در این زمینه خطرآفرین است، کمک می‌کند. بر اساس سناریوهای تدوین‌شده، سه سناریو در وضعیت خطرآفرین هستند که باید به وسیله اقدامات پیشگیرانه و راهکارهای مدیریتی و نیز پژوهش‌های تحقیقاتی، از پیامدهای منفی این سناریوها در صورت بروز جلوگیری شود. در واقع، هدف از سناریو نویسی، طراحی برنامه‌های پیشگیرانه یا کاهش صدمات وارده در صورت وقوع احتمالات است. شایان ذکر است ایجاد بینش زیست‌محیطی و فرهنگ حمایت از منابع طبیعی نقش مهمی در حمایت از این سرمایه‌های ملی ایفا می‌کند.

مهم‌ترین اقداماتی که دولت‌ها باید برای تحقق این هدف انجام دهند، به این شرح است:

- تحقق دسترسی جهانی و منصفانه به آب آشامیدنی سالم و مقرون به صرفه برای همه تا سال

۲۰۳۰؛

- دستیابی به بهداشت کافی و منصفانه برای همه و پایان دادن به انجام قضای حاجت در ملأعام،

و بذل توجه خاص به نیازهای زنان و دختران و افرادی که در شرایط آسیب‌پذیر زندگی

می‌کنند، تا سال ۲۰۳۰؛

- بهبود کیفیت آب از طریق کاهش آلودگی، ریشه‌کنی تخلیه زباله در منابع آب و به حداقل رساندن آزادسازی مواد و ترکیبات شیمیایی خطرناک در آب، با هدف کاهش منابع آب‌های آلوده تصفیه‌نشده به نصف و افزایش قابل ملاحظه فعالیت‌های بازیافت و مصرف امن مجدد مواد در سراسر جهان تا سال ۲۰۳۰؛
- افزایش قابل ملاحظه کارایی مصرف آب در همخ حوزه‌ها و تضمین استخراج پایدار آب و عرضه آب شیرین، برای رویارویی با مشکل کمبود آب و کاهش قابل ملاحظه تعداد افرادی که از مشکل کمبود آب در رنج هستند، تا سال ۲۰۳۰؛
- مدیریت پایدار منابع آب مشترک (یا بین‌مرزی) در همه سطوح، از جمله از طریق همکاری‌های مناسب فراملی، تا سال ۲۰۳۰؛
- حفاظت و احیای بوم‌سازگان‌های آبی (یا مرتبط با آب)، از جمله کوه‌ها، جنگل‌ها، تالاب‌ها، رودخانه‌ها، سفره‌های آب زیرزمینی و دریاچه‌ها تا سال ۲۰۲۰؛
- گسترش همکاری‌های بین‌المللی و حمایت از کشورهای در حال توسعه برای ظرفیت‌سازی در برنامه‌ها و فعالیت‌های مرتبط با آب و بهداشت، از جمله در حوزه‌های استحصال آب، شوری‌زدایی، ارتقای بهره‌وری و کارایی آب، تصفیه فاضلاب و فناوری‌های بازیافت تا سال ۲۰۳۰؛
- حمایت و تقویت مشارکت جوامع محلی در بهبود مدیریت آب و بهداشت (اهداف هفده‌گانه سند ۲۰۳۰ یونسکو).

منابع

- ابطحی، آذین، و نصر آزادانی، آزاده (۱۳۸۸). چالش‌ها و فرصت‌های دستیابی به مدیریت بهینه منابع آب در ایران راهکاری جامع جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی خشکسالی. همایش ملی انسان، محیط زیست و توسعه پایدار، اسفندماه ۱۳۸۸، دانشگاه آزاد اسلامیهف واحد همدان.
- بهشتی، محمدباقر، بهبودی، داوود، زالی، نادر، و احمدزاده دلجوان، فهیمه (۱۳۹۹). سناریوهای مدیریت آب برمبنای رویکرد آینده‌پژوهی: مطالعه موردی شهرستان تبریز. *آینده‌پژوهی ایران*، ۵(۲)، ۲۲۸-۲۰۳.
- رضایان قیه‌باشی، احد، و رضایان، علی حسین (۱۳۹۵). آینده‌پژوهی بحران آب در ایران به روش سناریوپزدازی. *اکوهیدرولوژی*، ۳(۱)، ۱۷-۱.
- زینتی فخرآباد، محمدهدی، و عسگری مقدم، مصطفی (۱۴۰۰). آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران منابع آبی در نواحی مرزی. *جغرافیا و روابط انسانی*، ۴(۳)، ۱۷-۱.
- فاطمی‌نژاد، صلاح‌الدین (۱۳۹۳). نگاهی به حقوق آب در قوانین ایران. *روزنامه ایران*، شماره ۵۸۷۱.
- قربانی، بهزاد (۱۳۸۷). عرضه و تقاضای آب و چالش‌های پیش رو در ایران. *اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب*، اسفندماه ۱۳۸۷، دانشگاه زابل.
- مجمع عمومی سازمان ملل متحد (۱۹۹۶). *میثاق بین‌المللی حقوق اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی*. بندهای ۱ و ۱۲ ماده ۱۱.
- محمدی، محمدحسین (۱۳۸۹). نگاهی به اهداف توسعه هزاره. *روابط بین‌الملل*. برگرفته از <http://jahaneravabet.blogfa.com/post/141> به تاریخ ۱۴۰۰/۱/۱۲.
- Alcamo, J., Döll, P., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., & Rösch, T. (2003). Global estimates of water withdrawals and availability under current and future "business-as-usual" conditions, Estimations globales actuelles et futures, en conditions de

- continuité, de la disponibilité de l'eau et des prélèvements. *Hydrological Sciences Journal*, 48(3), 339-348.
- Bruinsma, J. (2009). The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050, expert meeting on how to feed the world by 2050, 24-26.
- Bruinsma, J. (ed.) (2003). *World agriculture: Towards 2030/2015: An FAO perspective*. UK, London: Earthscan.
- De Fraiture, C., & Wichelns, D. (2010). Satisfying future water demands for agriculture. *Agric. Water Managing*, 97(4), 511- 522.
- Ercin Arjen, E. A., & Hoekstra, Y. (2014). Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. *Environment International*, 64, 82-71.
- Falkenmark, M., Rockström, J., & Karlberg L. (2009). Present and future water requirements for feeding humanity. *Food Secur*, 1(1), 59-69.
- McKinsey (2009). *Charting our water future: Economic frameworks to inform decision-making 2030 Water Resource Group*. Munich: McKinsey Company.
- Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). Global water outlook to 2025 International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., USA.
- Rosegrant, M. W., Ringler, C., & Zhu, T. (2009). Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 34(1), 205-222.
- Shen, Y., Oki, T., Utsumi, N., Kanae, S., & Hanasaki, N. (2008). Projection of future world water resources under SRES scenarios: water withdrawal/projection des resource's eneau mondiales futures selon les scénarios du RSSE: Prélèvement d'eau. *Hydrological Sciences Journal*, 53(1), 11-33.
- Strzepek, K., & Boehlert, B. (2010). Competition for water for the food system. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365 (1554), pp. 2940-2927
- Wada, Y. et al. (2016). Modelling global water use for the 21 st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development*, 9, 175–222.