



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

آبان ماه
۱۴۰۲

گزارش شماره (۴)

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	ث
1..... خشک شدن دریاچه‌های شور در جهان	1
5..... بحران آب در ایران	5
12..... شاخص های محاسبه بحران آب و وضعیت ایران از نظر تنش آبی	12
12..... 1. شاخص های محاسبه کمبود آب	12
13..... 1.3. شاخص فالکن مارک	13
13..... 2.3. شاخص سازمان ملل	13
13..... 3.3. شاخص موسسه بین المللی مدیریت آب	13
14..... دلایل بحران آب در ایران	14
14..... ➤ تغییر آب و هوا	14
23..... ➤ رشد جمعیت	23
24..... ➤ سدسازی های غیر اصولی	24
31..... ➤ کشاورزی ناکارآمد	31
35..... ➤ عدم فرهنگ سازی صحیح مصرف آب	35
35..... ➤ مدیریت نادرست	35
35..... وضعیت منابع آبی استان آذربایجان شرقی	35
36..... سیمای کلی منابع آب استان و سهم بخش کشاورزی از آن	36
36..... منابع آب سطحی و آب زیرزمینی استان	36
37..... تعیین مقادیر بهره وری و بهبود آن در بخش کشاورزی	37
37..... مثال کاربردی از نقش عامل انسانی در ایجاد بحران آب (خشکی دریاچه ارومیه)	37
40..... دلایل خشک شدن دریاچه ارومیه	40
53..... راه حل‌های کلان مدیریت بحران آب در حوضه دریاچه ارومیه	53

پیشگفتار

رشد جمعیت، گسترش منطقه آبیاری و توسعه صنعتی، تقاضای فزاینده‌ای برای آب در سراسر جهان ایجاد کرده است. هزاران سد در بسیاری از رودخانه‌ها برای افزایش دسترسی به آب ساخته شده‌اند. علاوه بر تقاضای رو به رشد، تغییرات اقلیمی تأثیر قابل توجهی بر چرخه هیدرولوژیکی طبیعی دارند و کمبود آب را در مناطق (نیمه) خشک تقویت می‌کنند. در نتیجه، تقاضای برای دسترسی به آب به شدت افزایش یافته است. بنابراین، مدیریت آب برای جمعیت رو به رشد بدون داشتن اثرات مخرب بر منابع طبیعی به یک چالش جدی در بسیاری از حوضه‌ها در سراسر جهان تبدیل شده است. افزایش تعداد دریاچه‌های خشک شده (بیشتر) شور که به سندرم دریای آرال معروف است، نمونه‌ای از این چالش است. دریای آرال پس از منحرف کردن رودخانه‌های تغذیه کننده خود برای پروژه‌های آبیاری به طور پیوسته در حال کاهش است. خشک شدن دریای آرال اثرات زیست محیطی و اکولوژیکی منفی قابل توجهی از جمله نابودی گونه‌های محلی، بر هم زدن زندگی مردم محلی توسط گرد و غبار و طوفان‌های نمک و تغییر آب و هوای مناطق اطراف، ایجاد کرده است. دریاچه پوپو در بولیوی، دریاچه اونز، در کالیفرنیا ایالات متحده آمریکا و دریاچه هامون در مرز ایران و افغانستان از دیگر دریاچه‌های فوق شور در سراسر جهان هستند که اندازه آن‌ها نیز کاهش و شوری آن‌ها افزایش یافته است. این موارد نشان می‌دهد که توسعه منابع آب و تغییرات آب و هوایی، که به طور جدایی ناپذیری به هم مرتبط هستند، احتمالاً فشار بر محیط‌های طبیعی را بیشتر افزایش می‌دهند. برای حفظ منابع طبیعی در معرض تهدید در مناطق تحت تنش آبی، یک ارزیابی یکپارچه که اثرات توسعه آب و هوا و منابع آب را در نظر بگیرد، مورد نیاز است. مرکز پژوهش‌های اتاق تبریز با بررسی مطالعات تجربی، گزارش (3) را در راستای بررسی عوامل موثر در ایجاد بحران آبی با محوریت ایران و دریاچه ارومیه تدوین کرده است. گزارش حاضر ابتدا به بحران آبی و عوامل ایجاد کننده آن در جهان و ایران می‌پردازد. در ادامه با مشخص کردن مواردی که در ایجاد تنش آبی نقش دارند، این عوامل بحران را در مورد دریاچه ارومیه بررسی نموده و راه کارهای عملی و اجرایی را در مورد احیای دریاچه ارومیه پیشنهاد می‌دهد. شایان ذکر است گزارش حاضر با استفاده از مطالعات تجربی با درجه اعتبار علمی جهانی گردآوری شده است و تحلیل‌ها و پیشنهادهای صورت گرفته، صرفاً بر اساس استنتاج از این یافته‌ها تجربی است. این در حالی است که مرکز پژوهش‌های اتاق تبریز در صدد است در صورت دسترسی به داده‌های آب و تغییرات اقلیمی و سایر موارد که در ایجاد بحران آبی دریاچه ارومیه نقش دارند را در گزارش بعدی و با استفاده از تکنیک‌های آماری پیشرفته و علم داده و حقایق تجربی تحلیل و تبیین نماید. تحقیقات و گزارش‌های علمی همواره با محدودیت‌هایی مواجه هستند و در مورد بحران آبی ایران، عدم وجود یا عدم دسترسی به داده‌های آبی از مهمترین محدودیت این بخش مهم قلمداد می‌گردد. امید است در گزارش بعدی، تحلیل‌هایی با قطعیت بالا و منطبق بر

داده‌های حقیقی آب تدوین گردد. همچنین امید است که گزارش‌های این مرکز که بدون هیچگونه دخل و تصرف و سلیقه‌ی شخصی و صرفاً بر اساس مطالعات علمی و تحلیل‌های منطبق بر واقعیت که با نیت حل بحران‌های اجتماعی و اقتصادی نگارش می‌گردد مورد توجه مسئولین امر قرار گرفته و با اجرایی نمودن پیشنهادهای علمی، بسترهای لازم در جهت رفع موانع و مشکلات کشور فراهم گردد.

رئیس شورای راهبردی مرکز پژوهش‌های اتاق بازرگانی تبریز

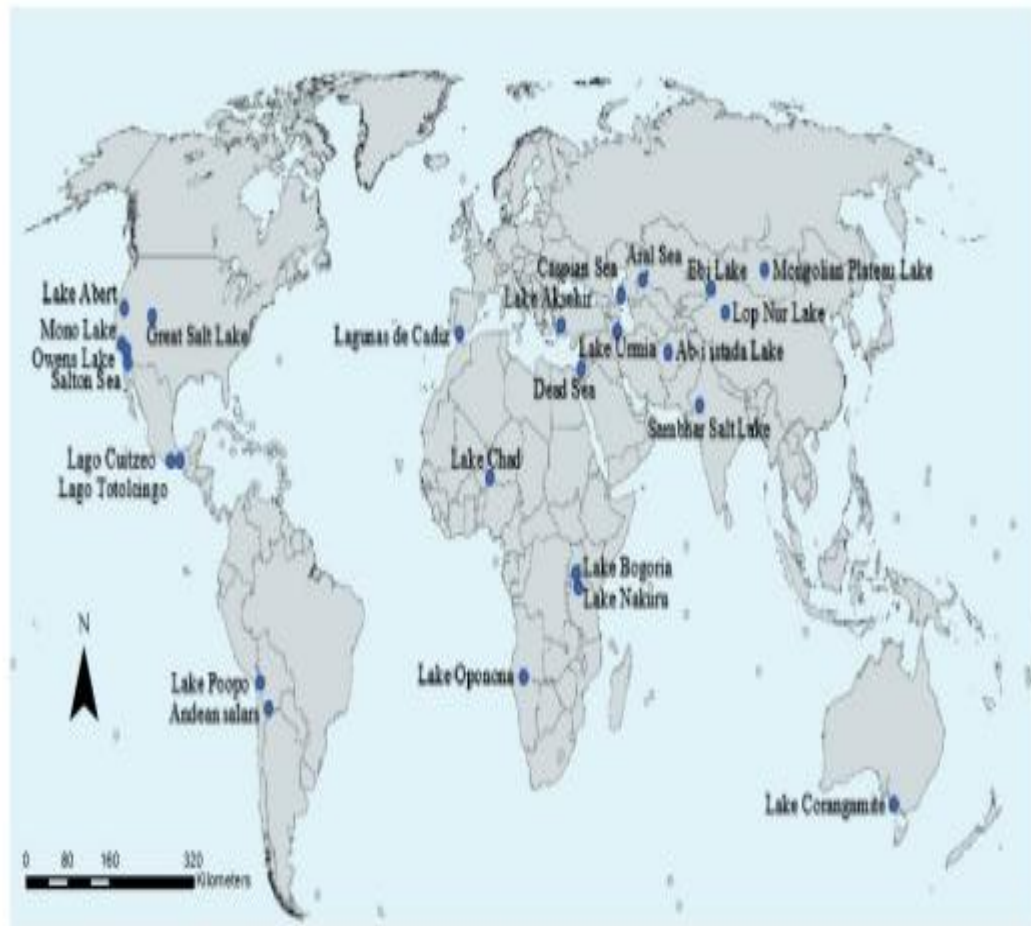
سید باقر شریف زاده



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

خشک شدن دریاچه‌های شور در جهان

دریاچه‌های شور دریاچه‌های درون ریز هستند که 44 درصد حجم و 23 درصد مساحت کل دریاچه‌های روی زمین را تشکیل می‌دهند. دریاچه‌های شور عموماً به مناطق خشک و نیمه خشک در کشورهای مختلف محدود می‌شوند. همانطور که در شکل نشان داده شده است، به دلیل فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی ناشی از آن، بسیاری از دریاچه‌ها در نقاط مختلف جهان به سرعت در حال خشک شدن هستند.



نمایش جغرافیایی دریاچه‌های شور برجسته در سراسر جهان



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

خشک شدن دریاچه مشکلاتی را ایجاد می‌کند و خشک شدن دریاچه‌های شور بدترین مشکلات را بر کشورها تحمیل می‌نماید. کاهش ناحیه پر آب، کف دریاچه را که با نمک پوشیده شده است و غنی از مواد معدنی مختلف مانند کلرید سدیم، منیزیم، کلسیم، سولفات‌ها، بورات، لیتیوم و پتاسیم است را ظاهر می‌سازد. این مواد معدنی در موارد خاصی سودآور هستند. به عنوان مثال، مواد معدنی دریاچه Munclin و دریای بحر المیت به عنوان کود عمل می‌کنند، نمک‌های دریاچه Minchin (کف نمک سالار د اویونی) در بولیوی برای نمک خوراکی و لیتیوم، نمک دریاچه بریستول در کالیفرنیا برای صنعت و محصولات غذایی استخراج می‌شود. از بستر دریاچه خشک دریاچه زونی برای تهیه دارو برداشت می‌شود. با این حال، بستر دریاچه در معرض خشکی می‌تواند برای سلامت عمومی خطر ایجاد کند. نمک‌های سطح دریاچه توسط طوفان‌های شن و گرد و غبار پخش می‌شوند. طوفان‌های شن و گرد و غبار معمولاً زمانی رخ می‌دهند که بادهای شدید مقادیر زیادی شن و گرد و غبار را از خاک‌های خشک و خالی به داخل جو می‌برند و باعث افزایش مشکلات تنفسی (حملات آسم)، بیماری‌های ریوی و عفونت‌های مربوطه می‌شوند. علاوه بر این، پایین آمدن سطح آب، اکوسیستم یک دریاچه را به هم می‌ریزد و تا حدی دلتای رودخانه‌هایی را که آب دریاچه را تامین می‌کنند را تخلیه می‌کند. این ممکن است هم بر اکوسیستم‌های طبیعی و هم بر محیط طبیعی تأثیر بگذارد. در مورد دریاچه‌های بزرگ شور، تعداد افرادی که تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرند بسیار زیاد خواهد بود. در نتیجه فشار شدیدی بر دولت وارد خواهد شد تا اقدامات لازم را در راستای جلوگیری از خشک شدن دریاچه‌های شور انجام دهد.

رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و بارش، دریاچه‌ها را تغذیه می‌کنند. از آنجایی که دریاچه‌های شور اندورهیک (درون‌ریز) هستند، تبخیر تنها وسیله خروج است. اعتقاد بر آن است که سطح آب یک دریاچه زمانی خودکفا است که جریان ورودی و خروجی در تعادل باشند. شواهد حاکی از آن است که در ۵۰ تا ۶۰ سال گذشته آب ورودی به چندین دریاچه بزرگ شور مانند دریاچه اونز، دریاچه ارومیه، دریای آرال و دریاچه بزرگ نمک در یوتا در حال کاهش بوده و منجر به این امر شده است تا تعادل از بین رفته و در نتیجه کاهش سطح آب هر دریاچه را سبب شده است. فعالیت و اقدامات انسانی تأثیر فراوانی در کاهش سطح آب ایفا کرده است.

حوضه دریای آرال (ASB) که دریای آرال را در بر می‌گیرد، بین پنج کشور قزاقستان، قرقیزستان، تاجیکستان، ترکمنستان و ازبکستان مشترک است. ASB عمدتاً توسط دو شاخه اصلی آمودریا از شمال و سیر دریا از شرق تامین می‌شود. دریای آرال زمانی چهارمین دریاچه بزرگ جهان و بزرگترین حوضه زهکشی اندورئیک شور در آسیای مرکزی بود. مساحت کل دریای آرال در سال ۱۹۶۰، ۶۸۴۷۸ کیلومتر مربع با ظرفیت آبی ۱۰۹۳ کیلومتر مکعب بوده است. از آن زمان به دلیل کاهش ورودی



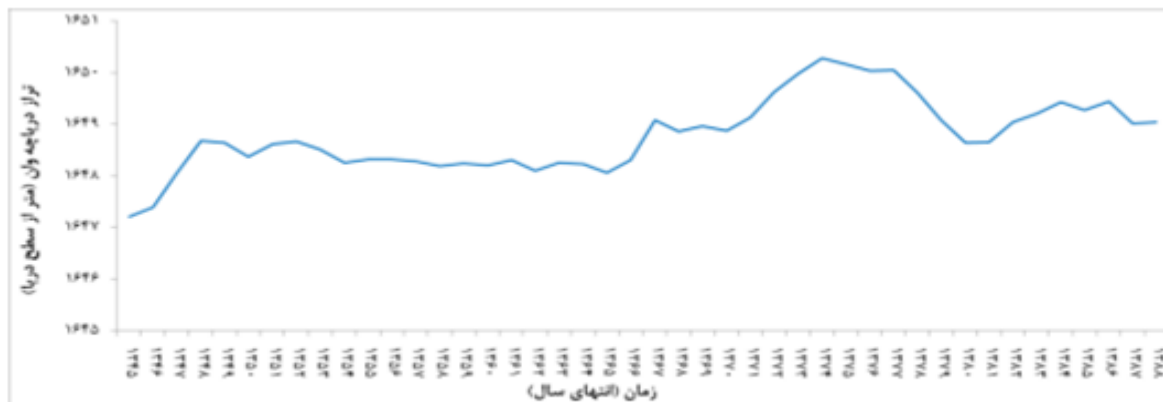
بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

آب به شدت کاهش یافته است. سطح آب از 53.40 متر به 41.02 متر در دوره 1960-1986 کاهش یافت. در سال 1986، صحرای کوکارال تشکیل شد که دریای آرال را به دریای آرال شمالی (NAS) و دریای آرال جنوبی (SAS) جدا کرد. دریای آرال شمالی متعلق به قزاقستان دارای مساحت 5992 کیلومتر مربع، با حجم آب 80 کیلومتر مکعب، حداکثر عمق 29 متر و عمق متوسط 13.3 متر است. NAS از رودخانه سیر دریا که محل تلاقی رودخانه های نارین و کارا دریا در دره فراغان است تامین می شود. این دومین رود طولانی در آسیای مرکزی است و پس از طی 2212 کیلومتر از دره فراغان به NAS می رسد. در طول این مسیر، سیر دریا از هفت رودخانه، یعنی اوهانگارون و چیرچیق در ازبکستان و آریس، بادام، بورولدای، بونگون و کلس در قزاقستان آب دریافت می کند. دریای آرال جنوبی متعلق به ازبکستان و مساحت آن 60000 کیلومتر مربع و حجم آب آن 984 کیلومتر مکعب است. SAS از شاخه آمودریا که محل تلاقی رودخانه های پیانچ و وکش است تامین می گردد. این رودخانه بزرگترین رودخانه آسیای مرکزی است و از محل تلاقی 2550 کیلومتر می پیماید تا به SAS برسد. در طول این مسیر، آمودریا از چهار رودخانه به نام های قندوز (افغانستان)، کافرنگان (تاجیکستان)، شیرآباد (ازبکستان) و سرخاندریا (ازبکستان) آب دریافت می کند. SAS بیشتر به دو دریای آرال شرقی و غربی با مساحت 46466 کیلومتر مربع و 13628 کیلومتر مربع تقسیم شده است. دریای آرال شرقی با حداکثر عمق 28 متر و عمق متوسط 14.7 متر کم عمق بود، در حالی که دریای آرال غربی با حداکثر عمق 69 متر و عمق متوسط 22.2 متر عمیق تر بود. این آمارها نشان می دهد که دریای آرال جنوبی از نظر مساحت و حجم آبی تقریباً 10 برابر بزرگتر از دریای آرال شمالی است. با توجه به این آمار، روبکردی که در قبال این دو دریا اتخاذ شده است، بسیار قابل توجه است. دریای آرال شمالی توسط دولت قزاقستان با اجرای پروژه SYNAS احیا شد که به افزایش سطح آب دریاچه کمک کرد. دریای آرال جنوبی تحت دولت ازبکستان بازسازی نشد، بلکه برای تنوع بخشیدن به اقتصاد از طریق استخراج نفت و مواد معدنی از بستر دریاچه های خشک استفاده شد. دریای آرال شمالی با کاهش برداشت آب از رودخانه های بالادست تحت نظارت دولت قزاقستان احیا شد. دریای آرال جنوبی بدون برنامه های جدی برای بازسازی باقی ماند، زیرا تمرکز بر امداد رسانی مستقیم به جمعیت ساکن در نزدیکی دریاچه بود و بسترهای خشک دریاچه برای استخراج نفت و مواد معدنی تحت دولت ازبکستان مورد استفاده قرار گرفت. ای مورد نشان دهد که اولویت مردم و سیاستگذاران در مورد احیای و خشکی دریاچه و به عبارات بهتر مدیریت منابع آبی بسیار مهم است. آرال جنوبی با وجود داشتن منابع ورودی زیاد خشک شده است و این در حالی است که دریای آرال شمالی به دلیل عدم استفاده از آب های بال دست و اجازه انتقال آب به ای حوضه احیا شده است. دریا آرال تنها نمونه ممکن در ارتباط با مدیریت منابع آبی نیست و دریاچه های دیگری نیز در



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

جهان وجود دارد که با وجود تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین نه تنها حجم آب دریاچه کاهش نیافته است، بلکه با مازاد آب نیز مواجه شده‌اند. دریاچه وان معروف‌ترین دریاچه در این مورد است. شواهد عینی و آماری نشان می‌دهد که به دلیل سیاست‌های دولت ترکیه مبنی بر کنترل رشد جمعیت و وجود فرصت‌های شغلی مناسب‌تر، رغبتی زیادی برای ورود به بخش کشاورزی در این منطقه وجود نداشته است. بدین ترتیب می‌توان پذیرفت که تغییرات تراز دریاچه وان عمدتاً متأثر از نوسانات اقلیمی است.



سری زمانی تراز آب مشاهداتی دریاچه وان در انتهای هر سال

طبق آخرین آماری که از تراز دریاچه وان به دست آمده است، ملاحظه می‌گردد که روند سطح آبی این حوضه روند با ثباتی را طی کرده است. با توجه به دو سیاست دریاچه آرال و دریاچه وان، به نظر می‌رسد که اقتصاد کشور تأثیر شگرفی در استفاده از و مدیریت منابع آبی دارد و هر چه اقتصاد توسعه یافته‌تر باشد مدیریت منابع آبی به نحو مطلوب صورت می‌گیرد.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

بحران آب در ایران

بحران آب وضعیتی است که در آن مقدار منابع آب موجود کمتر از مقدار مورد نیاز در یک منطقه یا یک منطقه جغرافیایی است و مقدار منابع آب موجود نمی‌تواند نیازهای انسانی مانند کشاورزی، صنعت و شرب را برآورده کند. به عبارت ساده تر، زمانی رخ می‌دهد که مقدار آب موجود در یک حوضه آبخیز کم تر از مقدار آب مورد نیاز آن حوضه باشد و این عدم تعادل همچنان تشدید می‌گردد. ایران در جنوب منطقه معتدل شمالی، بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۶ تا ۶۴ درجه طول شرقی واقع شده است. موقعیت جغرافیایی، رژیم بارندگی و بارندگی سالانه و همچنین شرایط دمایی، کشور ما (ایران) را به یکی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان تبدیل کرده است.

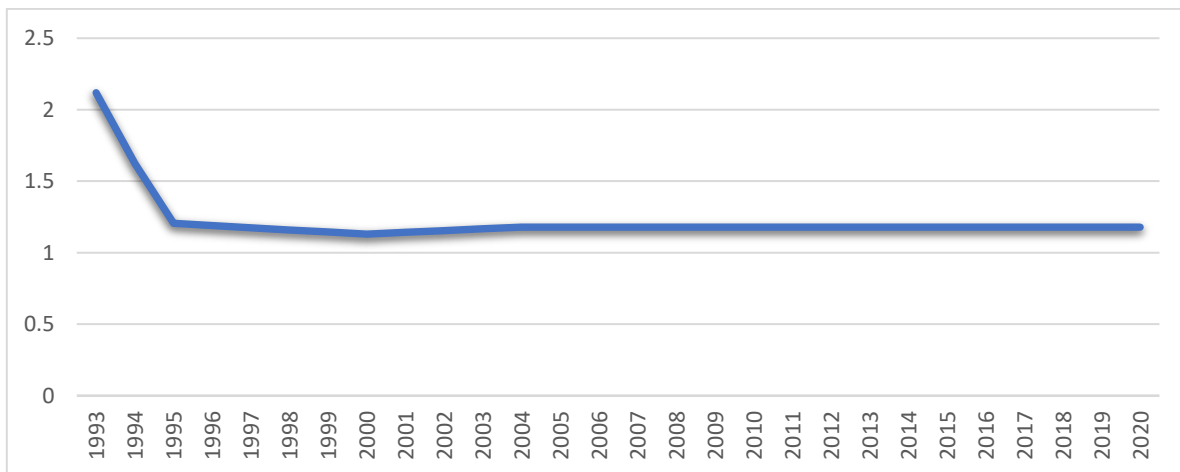
با توجه به موارد فوق که به عنوان منبع اصلی منابع آبی در کشور شناخته می‌شود، میانگین بارش بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر است. با توجه به وسعت و متوسط بارندگی سالانه، حدود ۴۱۲ میلیارد متر مکعب آب استحصال می‌شود که ۲۷۰ میلیارد متر مکعب آن تبخیر و ۱۳۰ میلیارد متر مکعب یعنی حدود ۳۱ درصد آن به آبخوان های کشور منتقل می‌شود. در ایران، بارش دارای توزیع مکانی و زمانی ناهمگن است. نیمه شمالی، غربی و جنوب غربی کشور حدود ۵۲ درصد بارش و ۷۰ درصد روان آب دارند. این در حالی است که ۷۰ درصد کشور، حدود ۴۴ درصد بارش ایران و ۳۰ درصد رواناب آن را تولید می‌کند. با توجه به این میزان بارندگی در کشور، ۳۱۸ میلیارد متر مکعب یعنی حدود ۷۸ درصد به دلیل بارندگی در مناطق کوهستانی و تنها ۹۲ میلیارد متر مکعب یعنی ۲۲ درصد در دشت‌ها است. از نظر توزیع زمانی بارش در ایران، با توجه به قرارگیری ایران در منطقه خشک، تغییرات زمانی بارش آن بسیار زیاد است. بطوریکه در سال‌های پرباران، میانگین بارندگی از ۲۵۰ میلی‌متر به ۳۸۰ میلی‌متر و در سال‌های کم بارش از ۲۵۰ میلی‌متر به ۱۵۵ میلی‌متر کاهش می‌یابد. در نتیجه ایران کشوری خشک با میزان بارندگی بسیار کم و ناچیز است و همین میزان بارندگی کم معادل یک سوم متوسط بارندگی سالانه جهان یعنی حدود ۸۶۰ میلی متر است.

با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و همچنین موقعیت اقلیمی آن، می‌توان نتیجه گرفت که منابع آبی ایران در وضعیت خوبی قرار ندارد. بر اساس گزارش بانک جهانی، کاهش سالانه منابع آب شیرین در ایران از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲، ۵۶.۷ معادل ۷۲.۹ میلیارد متر مکعب بوده است. طی سال‌های مذکور، این کاهش سالانه منابع آب شیرین داخلی در ایران ۸.۶ برابر انگلیس، ۳.۳ برابر آمریکا و ۲.۷ برابر ژاپن بوده است و بر اساس پیش‌بینی‌ها، این کاهش در ایران حدود ۵.۵ برابر بیشتر از کشورهای ثروتمند، ۳.۷ برابر بیشتر از کشورهای فقیر و ۸.۹ برابر بیشتر از کشورهای با درآمد متوسط است. با توجه به



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

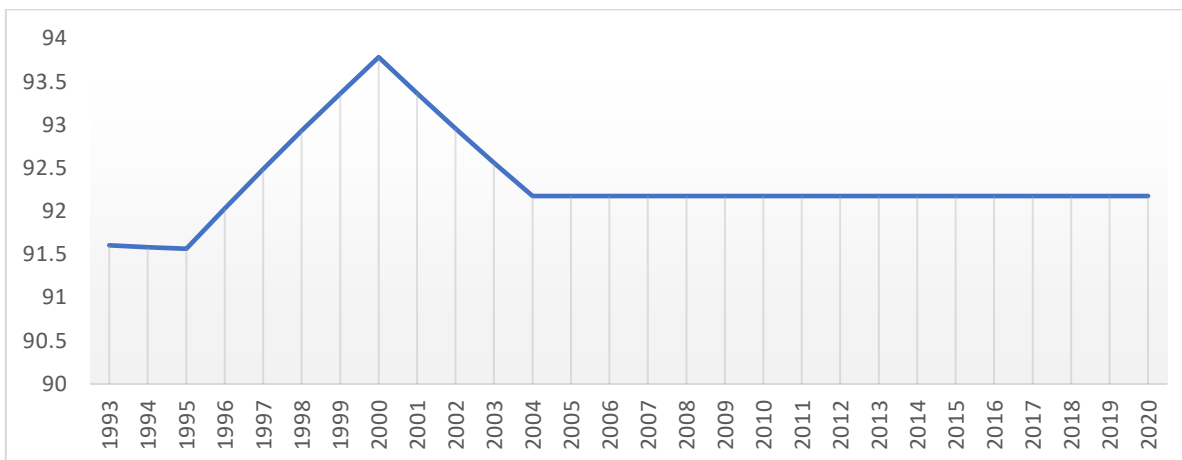
وضعیت منابع آب در ایران، بر اساس داده‌ها و ارقام پیشنهادی کارشناسان و صاحب نظران آب و با توجه به آمار رسمی و اعتقاد کارشناسان، ایران در آستانه ورود به بحران آب قرار دارد و در سال های آینده وضعیت منابع آب در ایران بدتر خواهد شد و به یکی از بزرگترین چالش های کشور در بسیاری از استان ها، شهرها و مناطق تبدیل خواهد شد. بر اساس پیش بینی کارشناسان منابع آب، سرانه منابع آبی ایران که در سال 90 به ازای هر نفر 7025 مترمکعب در سال بود تا سال 2025 به رقمی بین 776 تا 860 مترمکعب کاهش می یابد که در واقع زنگ خطری برای کشور است. میزان مصرف جهانی آب 150 لیتر در 24 ساعت است. در ایران این رقم 320 لیتر است و حتی در برخی شهرها به 400 لیتر می رسد. براساس تحقیقات انجام شده، وضعیت کنونی منابع آبی ایران به دلیل مصرف بالا و توزیع زمانی و مکانی نامناسب بارش و به دنبال آن توزیع نامناسب آب در مناطق جغرافیایی کشور، رشد جمعیت در کنار گسترش ناهمگون کشاورزی و صنعت، وضعیت آبی در آینده بدتر خواهد شد. برخی نقاط ایران نه آب سطحی دارند و نه آب زیرزمینی قابل استفاده، به طوری که آب آشامیدنی آن ها یا از طریق انتقال آب، توسط تانکرهای آب و یا از طریق نمک زدایی آب شور با استفاده از دستگاه های نمک زدایی آب تامین می شود. شواهد نشان می دهد که کل آب مصرفی در ایران ۹۷.۸ میلیارد متر مکعب در سال است که از این مقدار ۹۲.۵ درصد در کشاورزی، ۱.۵ درصد در صنعت و ۶ درصد در شهرها استفاده می شود.



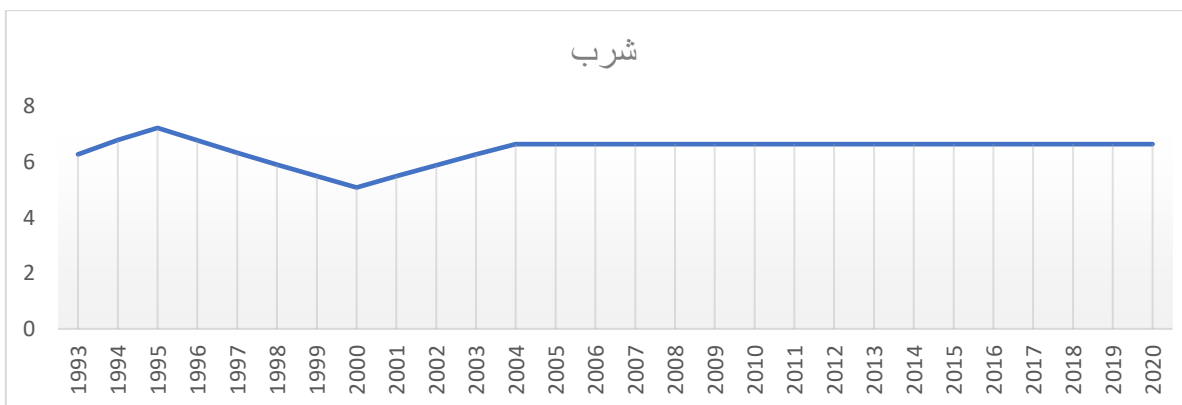
سهم صنعت از آب شیرین (درصدی از کل آب شیرین)



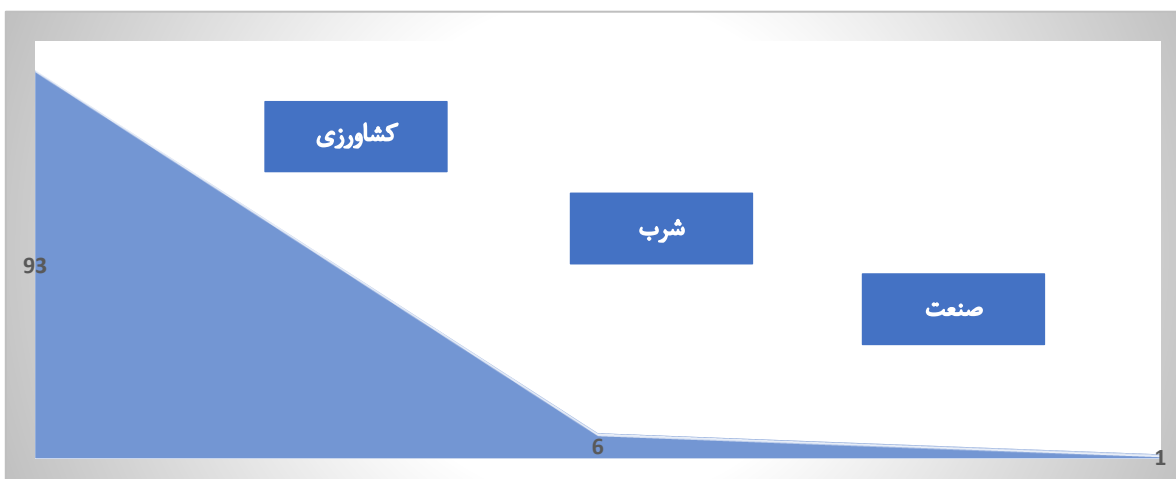
بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه



سهم کشاورزی از برداشت آب شیرین



شرب

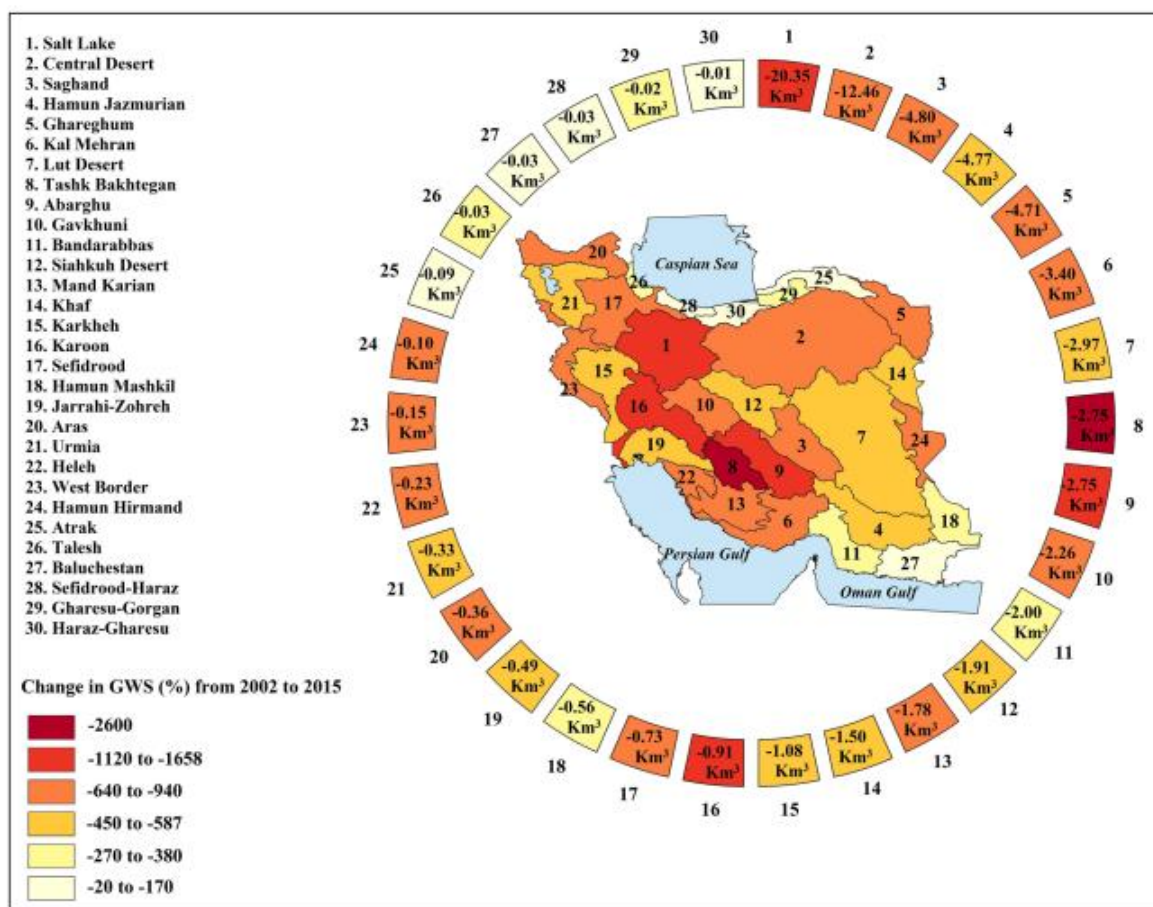


متوسط مصرف آب در بخش‌های مختلف کشور ایران



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

بحران آب پیامدهای اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، زیست محیطی و امنیتی بسیاری دارد که نباید نادیده گرفته شود. بحران آب چه به دلیل کمبود بارندگی و خشکسالی های متعدد و چه به دلیل افزایش شدید و بی رویه برداشت از سفره های زیرزمینی و منابع آب زیرزمینی به عنوان یک تهدید جدی، پیامدهای منفی بسیاری را به دنبال دارد. دکتر امیر آقاچوک و همکاران در نتایج مطالعه خود آورده اند که آبهای زیرزمینی ایران طی سالهای 2002-2015 حدود 74 کیلومتر مکعب تخلیه شده است. این رقم براساس میانگین سطح آب زیرزمینی در مقیاس حوضه تخمین زده شده است. این حجم تقریباً 1.6 بار بزرگتر از بالاترین میزان ذخیره تاریخی در دریاچه ارومیه است (تقریباً 46 کیلومتر مکعب در 1996).



شکل: تخلیه آب های زیرزمینی (در کیلومتر مکعب) طی سالهای 2002-2015 در حوضه های آبریز بزرگ ایران. در دایره بیرونی، حوضه ها براساس کاهش کل ذخیره آب زیرزمینی در کیلومتر مکعب از بزرگترین به کوچکترین به ترتیب نشان داده شده اند. رنگ ها تغییرات نسبی در ذخیره آب زیرزمینی را به درصد در طی زمان مطالعه (2002-15) نشان میدهد.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

طبق این مطالعه، اگرچه در طول زمان در نظر گرفته شده برای این مطالعه، زیرحوضه های محدودی نیز وجود دارد که ذخیره آب زیرزمینی در آنها افزایش یافته است، اما همه حوضه های اصلی کشور درجاتی از تخلیه آبهای زیرزمینی را تجربه کرده اند، که نرخ آن از 20 تا 2600 درصد کاهش را طی این دوره 14 ساله نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که بیشترین میزان تخلیه آبهای زیرزمینی در حوضه دریاچه نمک مشاهده می شود، که بیش از 26 درصد از جمعیت ایران را در خود جای داده است. این حوضه طی 14 سال 20 کیلومترمکعب از ذخایر آب زیرزمینی را تخلیه کرده است. این میزان کاهش معادل تقریباً 81 درصد از کل تخلیه آبهای زیرزمینی در ایالات متحده است. حوضه طشک- بختگان، با در دست داشتن حدود 3.5 میلیون نفر از جمعیت ایران، بالاترین تغییر نسبی ذخیره آب زیرزمینی را با کاهش 2600 درصدی نشان می دهد. کمترین میزان تخلیه (با حدود 0.01 کیلومترمکعب) و کمترین تغییر نسبی در ذخیره آب زیرزمینی (حدود 20 درصد) در حوضه هراز- قره سو در شمال کشور مشاهده می شود که 4 درصد از جمعیت ایران را پشتیبانی می کند. در مقیاس کل کشور، ذخایر آبهای زیرزمینی با کاهش حدود 5.52 کیلومترمکعب در سال از 2002 تا 2015، با رشد کلی 1725 درصد طی 14 سال مواجه شده اند، این نرخ معادل حدود 92 درصد از میزان تخلیه طولانی مدت در فلات های مرتفع ایالات متحده طی سالهای 1957 تا 2007 است (معادل تقریباً 5.7 کیلومترمکعب در سال). نتایج نشان می دهد که کاهش آبهای زیرزمینی در حوضه های پرجمعیت غرب، جنوب غربی و شمال شرقی ایران، جایی که بزرگترین اراضی کشت گندم و جو دو محصول استراتژیک ایران کشت می شود، بسیار شدیدتر است. به عنوان مثال حوضه کرخه (به عنوان سبد غذایی ایران و منطقه ای با 9 درصد از کل اراضی آبیاری ایران و دارا بودن حدود 11 درصد از تولید گندم کل کشور) از سال 2002 تا 2015 با تخلیه آبهای زیرزمینی معادل 0.08 کیلومترمکعب در سال مواجه بوده است. این رقم تقریباً 1.08 کیلومترمکعب کاهش طی دوره 14 ساله را نشان می دهد (در شکل حوضه شماره 15) علاوه بر این، آبهای زیرزمینی تامین کننده اصلی تقاضای آب خانگی و آبیاری در حوضه کارون هستند که از سرعت تخلیه ای معادل 0.06 کیلومترمکعب در سال طی دوره مطالعه برخوردار است. این رقم معادل تقریباً 0.91 کیلومترمکعب در بازه زمانی 14 ساله مطالعه است (حوضه شماره 16). با در نظر گرفتن سطح فعلی تخلیه آبهای زیرزمینی و کمبود فزاینده منابع آب سطحی در هر دو حوضه (کارون و کرخه)، نگرانی جدی برای حفظ کشاورزی آبیاری و مصارف آب خانگی در سال های آینده وجود خواهد داشت. پیامدهای این کاهش عمده آب زیرزمینی در امنیت آب در سطح منطقه ای و ملی در ایران نقش خواهد داشت. در مقیاس کل کشور، کاهش قابل توجه منابع آب زیرزمینی با کاهش دسترسی به آبهای سطحی مطابقت دارد که بر این اساس نرخ تغذیه سفره های آب زیرزمینی را کاهش



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

می دهد. به عنوان مثال، طی خشکسالی شدید سال 2007، 20 درصد کاهش در میانگین بارش سالانه منجر به کاهش قابل توجه در ذخیره آب زیرزمینی معادل حدود 40 درصد در مقایسه با سال 2006 شده بود. در حالیکه برداشت انسانی تنها 1.3 درصد افزایش یافته بود. این امر به وضوح نقش مهم تغذیه طبیعی را در حفظ ذخیره آب زیرزمینی در سراسر کشور نشان می دهد. با توجه به اهمیت آب و کمبود آن در سال های اخیر و پیامدهای امنیتی ناشی از آن، بحران های ناشی از کمبود منابع آب به یکی از موضوعات کلیدی در جغرافیای سیاسی تبدیل شده و دانش هیدروپلیتیک را ایجاد کرده است. در سال های اخیر، این کم آبی منجر به تنش ها و رقابت های زیادی بین کشورها بر سر حکمرانی آب شده و درگیری ها و تنش های زیادی بین شهرهای مختلف بر سر استفاده از منابع آبی در سطح ملی و محلی رخ داده است. این امر ممکن است امنیت کشور و مناطق تحت این بحران را در داخل و خارج به خطر بیندازد. بحران آب در ایران در سال های اخیر و در حال حاضر پیامدهای بسیاری از جمله پیامدهای امنیتی برای ساکنان مناطق غرب، جنوب، شمال غرب و جنوب شرق کشور داشته است. در استان های سیستان و بلوچستان و خوزستان با پدیده گرد و غبار و ریزگردها مواجه هستیم که علت اصلی آن خشکسالی و کم آبی در دهه اخیر در حوضه های آبریز این دو استان است. به طوری که امنیت جانی و اقتصادی مردم در این مناطق در خطر هستند. بنابراین، این افراد مجبور می شوند برای حفظ جان خود به مناطق مرکزی، شمالی و شمال غرب کشور مهاجرت کرده و در حاشیه شهرها و کلانشهرها به ویژه تهران، کرج و مشهد مستقر شوند که همه اینها فشار بر منابع زیست محیطی را افزایش داده و منجر به برهم زدن تعادل بین جمعیت و منابع طبیعی می شود. پیش بینی می شود در صورت تداخل مهاجرت به دلیل خشکسالی با مهاجرت ناشی از گرد و غبار، جمعیت زیادی از کشور آواره شوند که در آینده تا 50 میلیون نفر تخمین زده می شود. زرقتی و همکاران (1396) در تحقیقات خود در شهرستان های خراسان جنوبی مدعی است رشد صنعت و جمعیت، کمبود نزولات جوی، تداوم خشکسالی و برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی از عوامل کلیدی بحران و کمبود آب در این استان است. تنش های محلی و منطقه ای، روند توسعه را با مشکل مواجه کرده و در کنار تنش های محلی و منطقه ای، انواع ناامنی ها را در استان ها ایجاد کرده و روند توسعه را با مشکل مواجه کرده و ناامنی های مختلف را در کشور به وجود آورده است. شواهد تجربی حاکی از آن است که بحران آب عامل اصلی تنش و اختلاف بین ساکنان مناطق برخی از شهرها است. به طوری که هر چه میزان بارندگی و منابع آبی در این منطقه کاهش یابد، میزان اختلافات بیشتر می شود. علاوه بر این، با افزایش میزان بارندگی و تقویت سفره های زیرزمینی آن از نظر برداشت آب، جنگ و درگیری بین آنها کاهش می یابد. با وجود بحران آب در ایران، سوء مدیریت و افزایش آن در آینده، پیش بینی می شود که در آینده نزدیک بودجه های سنگینی برای احداث آب



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

شیرین‌کن‌ها در دریای خزر و خلیج فارس صورت گیرد. در این راستا چنین هزینه‌های سنگینی برای مسئولان و سیاستمداران برای مواجهه با بحران آب در آینده ایران بسیار نگران کننده است.

یکی دیگر از پیامدهای امنیتی کمبود آب در ایران مربوط به بخش کشاورزی است. از آنجا که بخش بزرگی از اقتصاد ملی ایران به کشاورزی وابسته است، کمبود آب و خشکسالی‌های سال‌های اخیر که قطعا در سال‌های آینده تشدید خواهد شد، می‌تواند عاملی چالش برانگیز در امنیت ملی و اقتصادی کشور باشد؛ چرا که سهم این بخش در تولید ناخالص داخلی ۱۱.۴ درصد است که علاوه بر تامین ۲۵ درصد اشتغال، ۲۳ درصد صادرات کالاهای غیرنفتی را تامین می‌کند. بر اساس ارقام فوق، متکی بودن اقتصاد ایران بر کشاورزی مشهود است و تشدید بحران آب در آینده، نقش کشاورزی را در اقتصاد کشور کمرنگ می‌کند تا جایی که امنیت آن را مختل خواهد کرد. خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها یکی دیگر از پیامدهای امنیتی بحران آب در ایران است. از آنجایی که تالاب‌ها علاوه بر تامین بسیاری از نیازهای انسانی، یکی از مناطق اصلی زندگی بسیاری از حیوانات هستند. اهمیت این تالاب‌ها می‌تواند تنوع زیستی بالا، زیستگاه پرندگان مهاجر، ذخیره آب محصول، تغذیه سفره‌های زیرزمینی، کاهش آلودگی، جذب توریست و مصارف صنعتی، پزشکی، اقتصادی و اشتغال، علاوه بر منابع تامین آب و غذا و پرورش دام، باشد. بر اساس برآوردهای انجام شده در ایران، 236 تالاب کوچک و بزرگ وجود دارد که 20 تالاب از اهمیت بین‌المللی برخوردار بوده و 14 تالاب تا سال 1380 خشک شده است. با توجه به کاهش ورودی آب زاینده رود و بروز بحران آب، تالاب گاوخونی اکنون خشک شده؛ یا می‌توان به دریاچه ارومیه یا دریاچه هامون اشاره کرد که به دلیل خشکسالی و بحران آب حاد شده‌اند و از آنجایی که زندگی ساکنان سواحل این دریاچه‌ها با مشکل مواجه شده است در زمره تالاب‌ها و دریاچه‌ها قرار گرفته‌اند که پیامدهای امنیتی نامطلوبی دارد. نابودی بسیاری از گیاهان، جنگل‌ها و محیط زیست از دیگر پیامدهای امنیتی بحران آب در ایران است. ایران دارای هفت کشور همسایه است که ممکن است به ناامنی‌های گسترده‌ای در داخل و خارج کشور از نظر منابع آبی مشترک منجر شود. از جمله می‌توان به جنگ ایران و عراق بر سر اروندرود اشاره کرد که قطعاً تنش‌ها و ناامنی‌های گسترده‌ای را بین دو کشور بر سر اداره اروندرود ایجاد کرد. همچنین می‌توان به سیاست ترکیه و سوریه در مورد دجله و فرات اشاره کرد، کاهش میزان آب ورودی دجله و فرات به عراق با ساخت سد آتاتورک توسط ترکیه و ساخت سد تبقه توسط سوریه و ایجاد سد، منجر بر افزایش گرد و غبار در عراق و برخی نقاط خوزستان شده است و مردم مناطق غربی برای حفظ جان خود مجبور به مهاجرت به مناطق مرکزی هستند. امروزه بسیاری از هیدرولوژیست‌ها و حتی سیاستمداران در کشورهای مختلف جهان بر این باورند که مصرف منابع آبی جهان و نحوه تقسیم آنها یکی از عوامل جنگ در همه نقاط جهان



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

خواهد بود. به گفته آنها، آب دیگر کالایی فراوان و بدون ارزش اقتصادی نیست. بلکه کالایی است بدون جایگزین، با ارزش اقتصادی بالا که در همه زمینه ها مصرف می شود.

شاخص های محاسبه بحران آب و وضعیت ایران از نظر تنش آبی

تمامی شواهد حاکی از کمبود آب در ایران است و کشور تا سال 2050 با بحران شدید آب مواجه خواهد شد. وضعیت کمبود آب با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک آن طبیعی است، اما این عامل تنها نشان دهنده بحران آب در ایران نیست و دلایل دیگری نیز برای این خطر زیست محیطی وجود دارد. بحران آب ایران علاوه بر پدیده های زیست محیطی و طبیعی مانند خشکسالی، تغییرات آب و هوا و افزایش دما و همچنین تبخیر و تعرق، ریشه در توزیع و رشد نامتوازن جمعیت، سوء مدیریت منابع آب، ناکارآمدی بخش کشاورزی، رشد بی رویه شهری و عدم فرهنگ مصرف صحیح و توجه به ارزش واقعی آب دارد. از نظر بحران آب، ایران در بین 116 کشور در رتبه چهاردهم قرار دارد که نشان از وضعیت نامطلوب منابع آبی در ایران و بحران آب حاکم دارد. در حال حاضر ایران با تنش های دوره ای مواجه است و با افزایش جمعیت به سمت تنش های دائمی پیش می رود. از آنجایی که با توجه به افزایش جمعیت در سال های گذشته، سرانه آب تجدیدپذیر در ایران از سال 1961 تا 1976 از 5500 مترمکعب به سرانه به کمتر از 2100 مترمکعب و سپس در سال 1380 به 1750 مترمکعب کاهش یافته است. سیر صعودی در ایران در سال 1385 با جمعیتی حدود 70 میلیون نفر، سرانه آب تجدیدپذیر در کشور حدود 1670 متر مکعب در سال بوده است.

1. شاخص های محاسبه کمبود آب

در جهت تعیین درجه کم آبی و پرآبی در یک منطقه، برخی شاخص ها و معیارها در نظر گرفته شده اند. این معیارها از سرانه آب یا میزان آب تجدید پذیر به ازای هر نفر در سال در هر کشور نام برده می شود. از آنجا که این مقدار در هر سال یک رقم پایه و ثابت است، کارشناسان آب معیار دیگری را به عنوان جمعیت سالانه کشور برای تعیین آن پیشنهاد کرده اند. اگر درجه کم آبی یا پرآبی یک منطقه جغرافیایی را تعیین کنند، آن دو را به یکدیگر نسبت می دهند. از مهم ترین این شاخص ها می توان به شاخص فالکن دانمارک، شاخص سازمان ملل متحد و شاخص بین المللی مدیریت آب اشاره کرد. براساس شاخص اول، وضعیت منابع آبی ایران در آستانه بحران آب است و براساس دو شاخص دیگر، منابع آبی ایران در وضعیت بحران شدید آب قرار دارد.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

1.3. شاخص فالکن مارک

این شاخص میزان منابع آب تجدیدپذیر سالانه هر کشور را محاسبه می کند. اگر سرانه آب در هر کشور 1700 متر مکعب در سال باشد، آن کشور دچار تنش می شود، اما اگر این میزان به 1000 متر مکعب در سال کاهش یابد، به عنوان شاخص کسری معرفی می شود. ایران با سرانه آب تجدیدپذیر 1718 مترمکعب در سال 1390 در آستانه ورود به بحران آب قرار گرفت و در سالهای اخیر با افزایش جمعیت، قطعاً ایران یکی از کشورهایی است که دچار کمبود یا تنش آبی است.

2.3. شاخص سازمان ملل

راسکین و همکاران محققینی در زمینه توسعه پایدار سازمان ملل هستند که شاخص کمبود آب را بر حسب درصد برداشت سالانه از منابع آب تجدیدپذیر کشور تعریف کرده اند که بر اساس آن، زمانی که برداشت آب کشور از 40 درصد کل منابع تجدیدپذیر فراتر رود، آن کشور با کمبود شدید آب مواجه است. در حال حاضر با توجه به این شاخص، میزان مصرف آب در ایران بر اساس مطالعات مختلف انجام شده توسط وزارت نیرو و در مطالعات انجام شده توسط Hwang و Hwaxter در سال 1381 برای بازه زمانی 1995-99، 76 درصد است. میزان استخراج و مصرف آب در ایران 72/9 درصد برآورد شده است. شاید بتوان اذعان کرد که ایران اکنون با بحران آب مواجه است. بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان ملل، ایران تا سال 2025 یکی از کشورهایی خواهد بود که با کمبود مزمن آب مواجه است.

3.3. شاخص موسسه بین المللی مدیریت آب

برای بررسی وضعیت منابع آب، این شاخص به طور همزمان درصد استحصال آب را نسبت به کل منابع آبی سالانه و درصد برداشت آب در آینده نسبت به استحصال آب جاری مورد بررسی و استفاده قرار می‌دهد. بر اساس این شاخص، ایران در وضعیت کمبود شدید آب قرار دارد. بر اساس شاخص‌های فوق، ایران برای حفظ وضعیت فعلی خود تا سال 2025 باید بتواند 112 درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیافزاید و با توجه به تمامی امکانات و وضعیت منابع آبی موجود در ایران، این میزان به هیچ وجه امکان پذیر نخواهد بود.

با توجه به سه شاخص اشاره شده ملاحظه می‌گردد که اقتصاد ایران با بحران آبی مواجه است و لازم است تا دلایل و ریشه‌های پیدایش بحران آبی مورد بررسی قرار گرفته و توصیه‌های سیاستی مناسب برای حل این بحران ارائه گردد.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

دلایل بحران آب در ایران

بحران آب در ایران چند سالی است که وجود دارد، به طوری که با توجه به شاخص ها و معیارهای فوق، بحران آب در ایران شدید است و ایران تا سال 2025 در وضعیت بدتری قرار خواهد گرفت. به زودی تمام نقاط ایران مثل تالاب گاوخونی خشک می شود. اما محققان و صاحب نظران حوزه آب در ایران علل و عوامل مختلفی را برای وضعیت کنونی شناسایی کرده اند که از آن جمله می توان به:

➤ تغییر آب و هوا

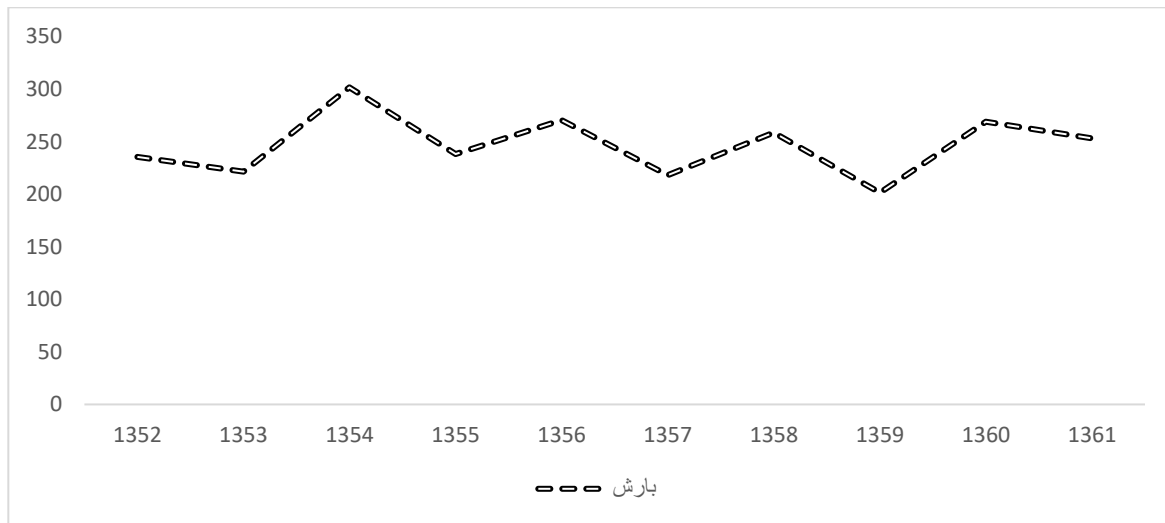
یکی از علل اصلی بحران خشکسالی و آب در ایران تغییر اقلیم است. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و نوسانات سالانه بارندگی به دلیل خشکسالی و ناهنجاری های اقلیمی، این عامل نقش مهمی در بحران آب ایران ایفا می کند و مشکلات زیادی را به وجود می آورد. با توجه به تغییرات آب و هوایی در ایران، مانند دیگر کشورهای خاورمیانه، متوسط دمای ایران ۲ درجه افزایش و متوسط بارش سالانه آن ۲۰ درصد کاهش یافته است. به دلیل این تغییر اقلیم در ایران، دما افزایش می یابد و میزان تبخیر نیز افزایش می یابد. این مقدار آب را بیشتر تبخیر می کند به طوری که میزان تبخیر در ایران حدود ۷۰ درصد است یعنی مقدار زیادی آب تبخیر می شود و این امر ممکن است میزان آب ورودی به آبخوان ها را کاهش دهد در حالی که منجر به خشک شدن بسیاری از چاه ها و سفره های زیرزمینی می شود. امروزه، بیش از ۸۵ درصد از آبخوان ها یا به عبارت دیگر، منابع آب زیرزمینی خشک شده اند و پتانسیل خود را از دست داده اند.

نمودارهای زیر مبین روند تغییرات مجموع بارش دریافتی کل کشور در پنجاه سال گذشته و منتهی به سال 1401 است. اگر این سری زمانی را به 5 باز زمانی 10 ساله تفکیک نماییم، ملاحظه می گردد:

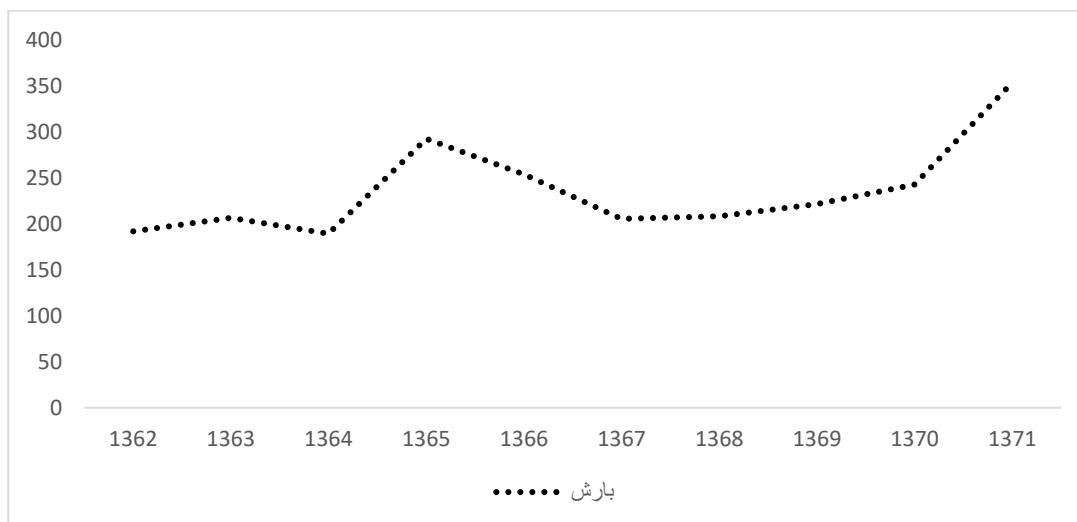
✓ بازه زمانی اول از سال 52-61 را شامل می شود. طی این بازه کمترین مقدار بارش در سال 59 و به میزان 201/5 میلیمتر و سال 54 پر بارشترین سال در این بازه و به میزان 301/7 میلیمتر بوده است. شایان ذکر است که میانگین بارش این بازه زمانی 10 ساله 246.83 است.



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه



✓ بازه زمانی دوم از سال 62-71 را شامل می‌شود. کمترین مقدار بارش در سال 64 و به میزان 189/3 میلیمتر و بیشترین مقدار بارش در سال 71 و به میزان 355/3 میلیمتر بوده است. در این بازه زمانی 10 ساله، میانگین بارش 236.57 بوده است.



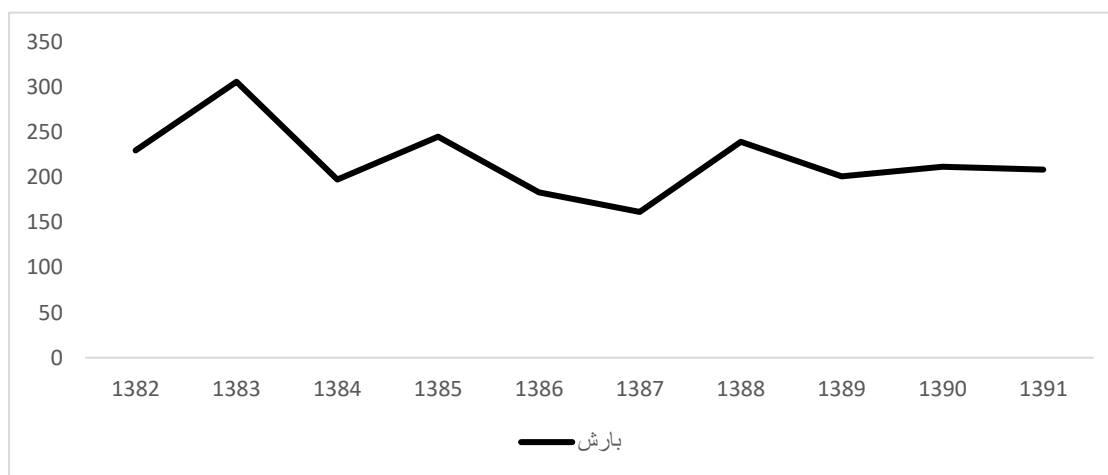
✓ بازه زمانی سوم از سال 72-81 را شامل می‌شود. کمترین مقدار بارش در سال 78 و به میزان 156 میلیمتر و بیشترین مقدار بارش در سال 74 و به میزان 339 میلیمتر بوده است. در این بازه زمانی میانگین بارش سالانه، 231.14 میلیمتر بوده است.



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه



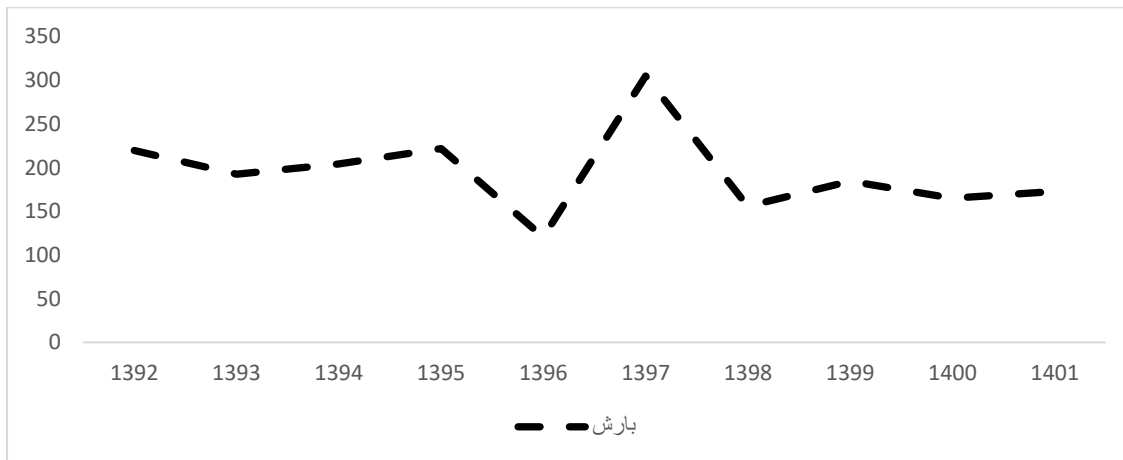
✓ بازه زمانی چهارم از سال 91-82 است. کمترین مقدار بارش در سال 87 و به میزان 161 میلیمتر و بیشترین مقدار بارش در سال 83 و به میزان 305 میلیمتر بوده است. در این محدوده 10 ساله، متوسط مقدار بارش 218 میلیمتر بوده است.



✓ بازه زمانی پنجم از سال 1401-92 می باشد. کمترین مقدار بارش در سال 96 و به میزان 120 میلیمتر و بیشترین مقدار بارش در سال 97 و به میزان 304 میلیمتر بوده است. در این محدوده متوسط بارش 10 ساله، 194 میلیمتر بوده است.



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

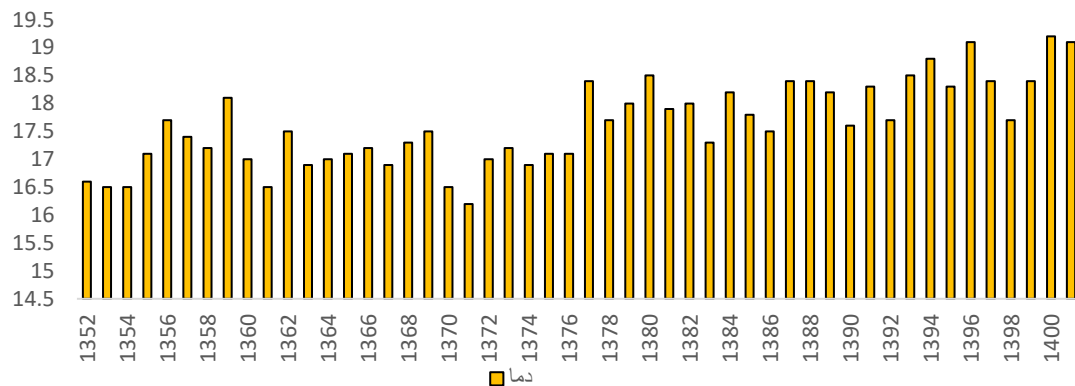


طبق آمارهای ارائه شده، مشخص است که مقدار بارش در دوره 50 کاهش یافته است. متوسط آمارها نشان می‌دهد که میانگین آمارهای 10 ساله به ترتیب 246، 236، 231، 218، 194 است. بنابراین، نلاحظه می‌گردد که کاهش بارش می‌تواند در بروز تنش آبی بسیار موثر باشد.

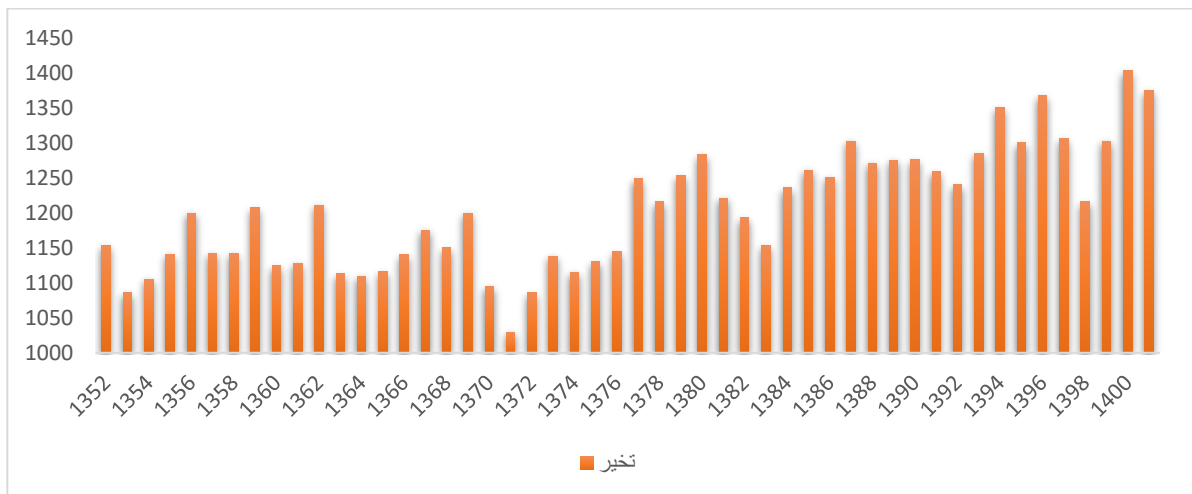
در کنار کاهش میزان بارندگی، باید به نقش افزایش دما در تبخیر و تعرق اشاره کرد. در نمودار زیر روند تغییرات دما طی سال 1352 الی 1401 ترسیم شده است. نمودار نشان می‌دهد که روند افزایش دما افزایشی بوده است. طبق گزارش‌های مرکز اقلیم روند تغییرات دما از سال 1375 روند افزایشی به خود گرفته است و این روند از ز دمای 17.1 در این سال به دمای 19.2 در سال 1400 رسیده است. نکته بسیار مهمی که باید بدان اشاره شود ارتباط کاهش میزان بارندگی و تغییرات دما از یکدیگر است. به عبارت بهتر، روند تغییرات دما بر میزان بارندگی اثرگذار بوده و تغییرات بارندگی نیز بر میزان تغییرات دما اثر گذار است. بنابراین، ترسیم این وضعیت لازم است نحوه‌ی این ارتباط مشخص گردیده و سیاستگذاری‌های لازم در راستای مدیریت وضعیت آبی شکل بگیرد.



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه



در کنار دو وضعیت تغییرات دما و تغییرات بارش، لازم است تغییرات تبخیر و تعرق نیز مورد بحث و بررسی قرار گیرد. در شکل زیر روند تغییرات تبخیر و تعرق ترسیم شده است.



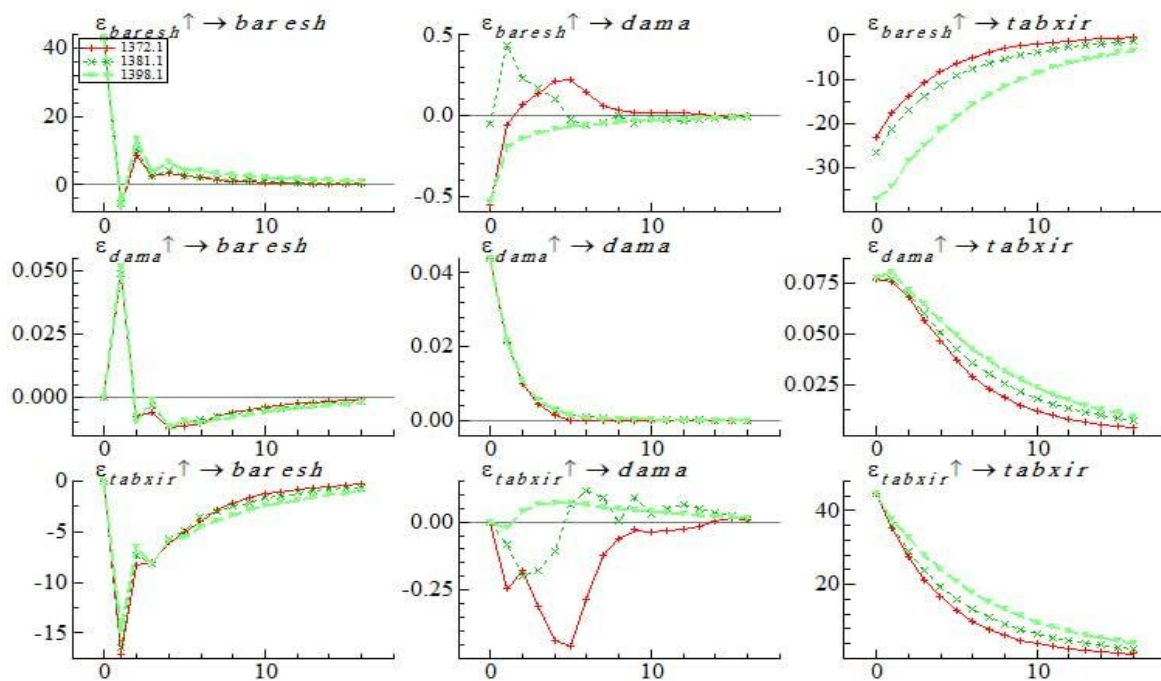
روند تبخیر نشانگر آن است که بعد از سال 1375 یک روند صعودی در تبخیر به وجود آمده است. نکات بسیار مهمی در ارتباط بین این سه متغیر وجود دارد و لازم است این ارتباط به نحو مطلوب مشخص گردد. به عنوان مثال در سال‌هایی که دما بیشتر بوده تبخیر نیز افزایش یافته است و این در حالی است که افزایش بارش بعد از یکسال منجر کاهش تبخیر و کاهش دما شده است. ملاحظه می‌گردد پویایی خاصی بین این سه متغیر وجود دارد و در این راستا این مطالعه از رگرسیونی استفاده می‌کند که برای هر سال یک تخمین ارائه داده و با مقایسه شوک‌های آنی هر سه متغیر بر یکدیگر این ارتباط را تبیین و مشخص می‌نماید. مرکز ملی اقلیم و بحران مدیریت آب در بررسی روابط از رگرسیون‌های خطی استفاده کرده و متوسط گیری



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

می‌نماید و این در حالی است که چنین روش‌هایی منسوخ شده است و لازم است بر حسب شرایط هر سال، تغییرات دما، بارش و میزان تبخیر رصد گردد.

گزارش حاضر با استفاده از رگرسیون پارامتر متغیر زمانی، ارتباط سه متغیر مذکور را مورد بررسی قرار داده است. قبل از تحلیل اثرپذیری متغیرها در طول زمان از یکدیگر لازم است همگرایی متغیرها مورد بررسی قرار گیرد. همگرایی ای مفهوم را نشان می‌دهد که یک تغییرات متغیرها چگونه متغیرهای دیگر را تغییر داده و چند دوره طول می‌کشد تا شوک‌های آن از بین برود.



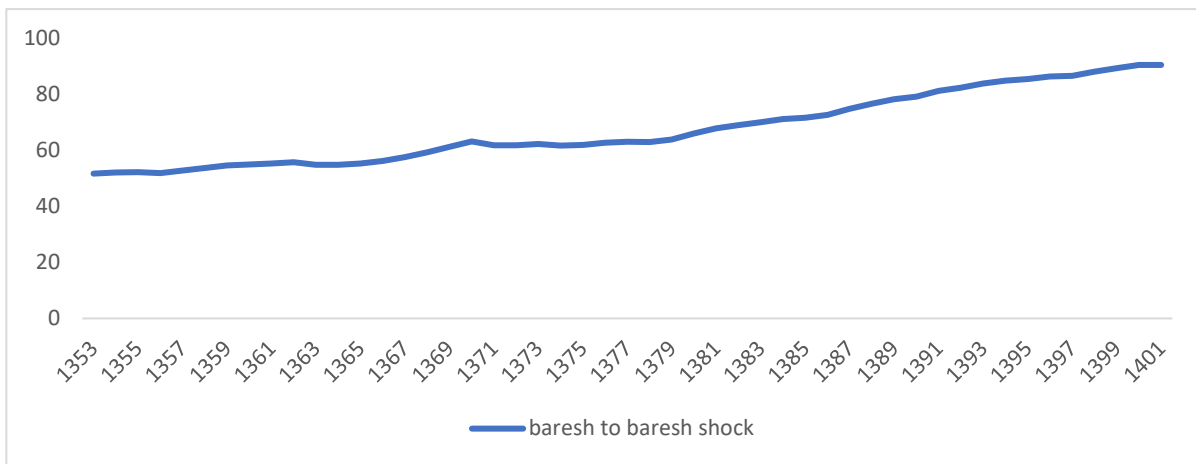
طبق محاسبات صورت گرفته، روابط بین متغیرها همگرا بوده و تحلیل‌ها حاصل از استحکام بالایی برخوردار هستند. در ادامه

به تحلیل تاثیر بارندگی در افزایش بارش پرداخته می‌شود



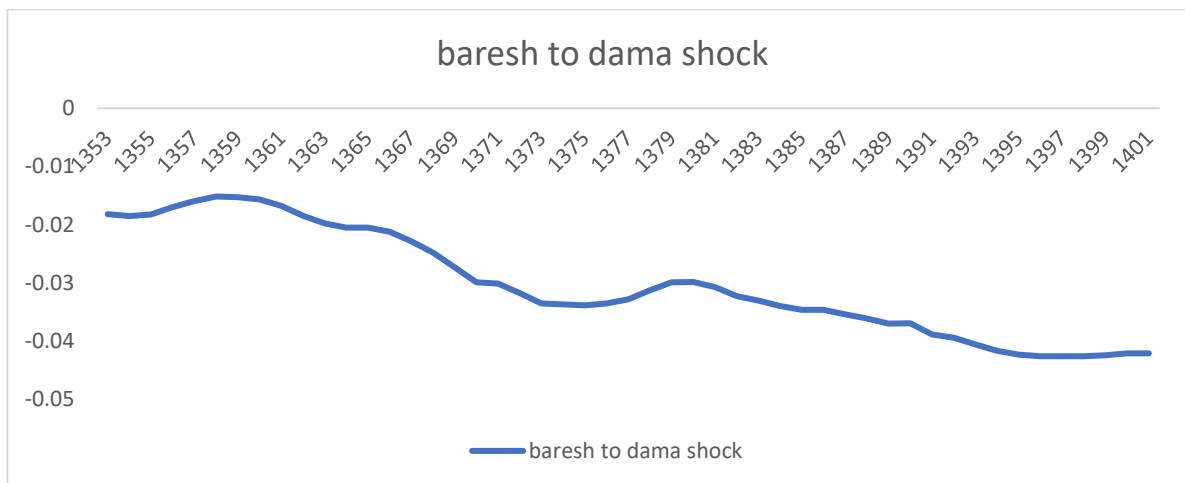
بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

• اثرات بارش بر بارندگی



اثرپذیری بارندگی از خود بارش دلالت بر آن دارد که هر چقدر میزان بارندگی در کشور کاهش یابد، میزان نیاز به بارش شدیداً افزایش می‌یابد. به عبارت بهتر، بارش در کشور یکی از عوامل مهم در تقویت بارش است و لازم است این رویکرد مورد توجه قرار گیرد و بارش‌های مصنوعی و بارورسازی میزان بارش در کشور تقویت گردد.

اثر تغییرات دما بر بارندگی کشور:

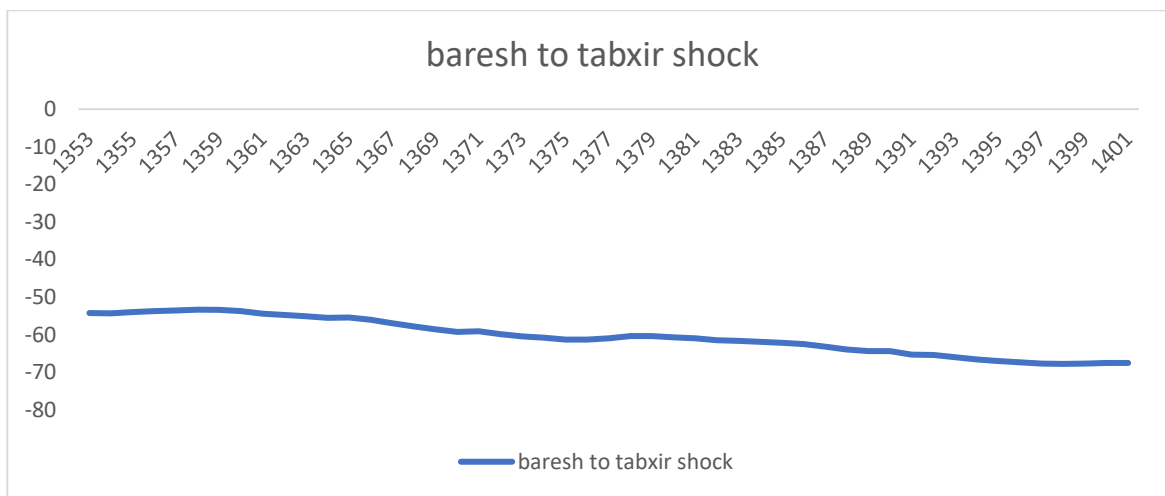


طبق محاسبات صورت گرفته افزایش دما عامل بسیار مهمی در کاهش بارندگی است. تحلیل واکنش بارندگی نسبت به دما نشان می‌دهد که افزایش دما در دهه 1390 با اثرگذاری بیشتری منجر به کاهش بارندگی در کشور شده است و این در حالی است که این مقدار در دهه 50 شمسی مقدار کمتری بوده است.



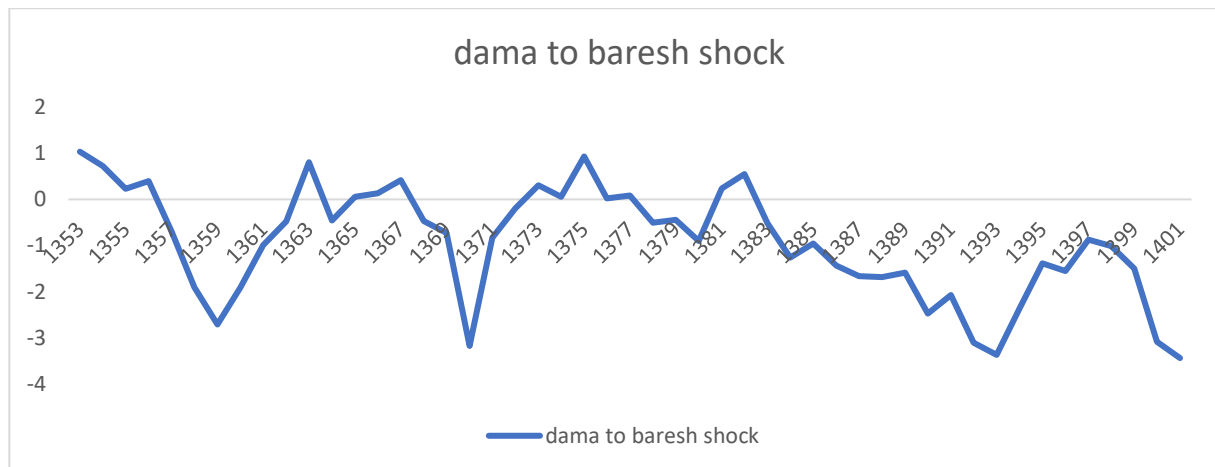
بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

اثر تغییرات تبخیر بر بارندگی کشور:



محاسبات صورت گرفته دلالت بر آن دارد که افزایش تبخیر سبب شده است تا مقدار بارندگی در کشور با شدت بیشتری کاهش یابد. میزان ضرایب تبخیر نشان می‌دهد که تغییرات این متغیر سبب شده است تا میزان بارندگی از مقدار 54 میلیمتر در دهه 50 به مقدار 70 میلیمتر در دهه 90 کاهش یابد.

اثر بارندگی بر دمای کشور:



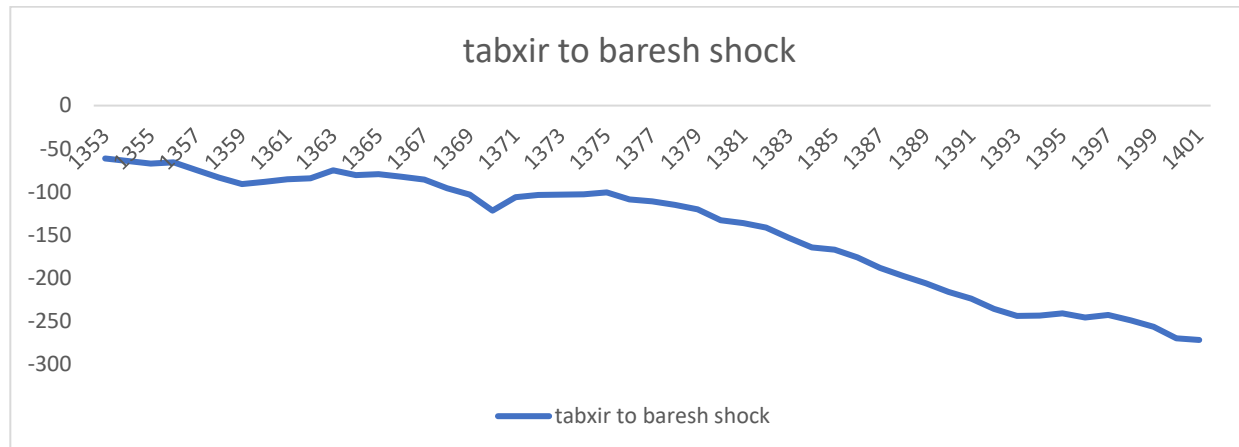
یکی از نکات قابل توجه در تحلیل این سه متغیر، اثرپذیری نامتقارن دما از میزان بارندگی است. به عبارت بهتر، تغییرات بارندگی در برخی موارد منجر به افزایش دما و در بیشتر موارد منجر به کاهش دما شده است. تحلیل واکنش آنی نشان می‌دهد که طی سال 1359، 1370، 1392، 1393، 1400 و 1401 افزایش بارندگی در کاهش دما موثر است. بررسی دمای این



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

سال‌ها حاکی از آن است که متوسط دما 18.7 و میزان بارش 199 میلی متر بوده است. بنابراین بارش تاثیر بالقوه‌ای در تعدیل دما دارد.

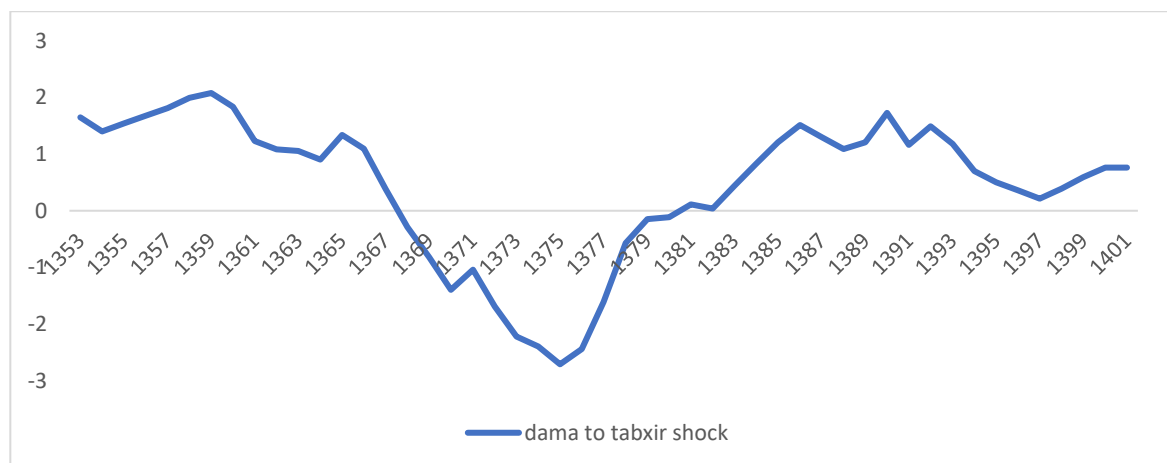
اثر بارندگی بر میزان تبخیر:



تحلیل واکنش نشا می‌دهد که با افزایش بارش در کشور میزان تبخیر به شدت کاهش می‌یابد. واکنش آنی نشان می‌دهد که عدم کاهش بارش سب شده است تا میزان تبخیر از مقدار 60 میلیمتر در سال 1353 به میزان 270 میلیمتر در سال 1401 برسد.

در آخرین قسمت از تحلیل‌های این بخش، به تحلیل ارتباط و نحوه واکنش تبخیر و دما پرداخته می‌شود.

اثر تبخیر بر دمای کشور:



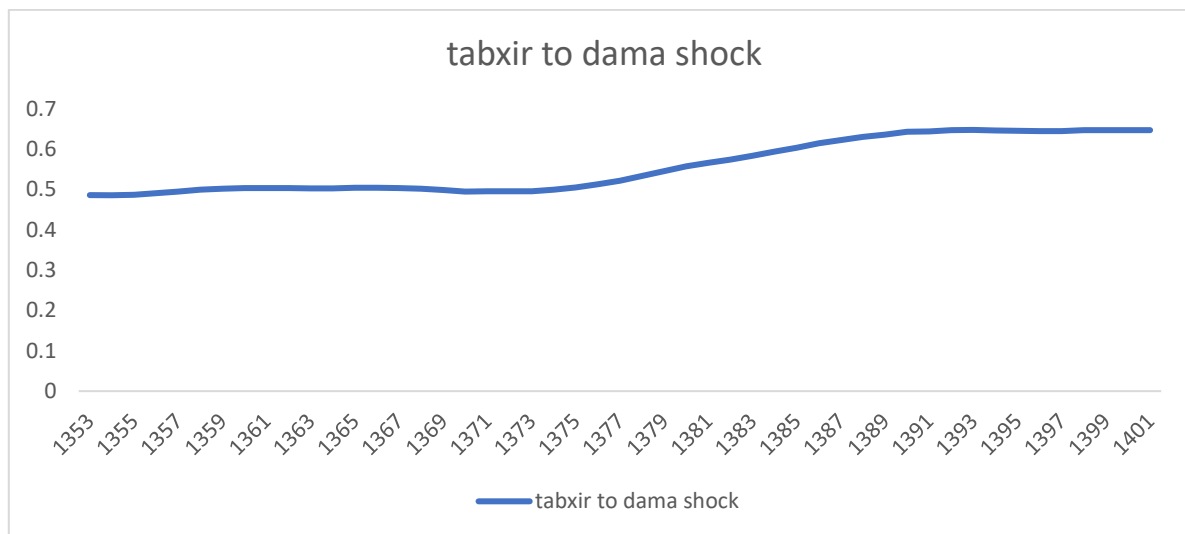
بررسی واکنش آنی دما نسبت به تبخیر نشان می‌دهد که افزایش تبخیر همواره منجر به افزایش دما در کشور شده است. با این وجود در طی دهه 70 تغییرات تبخیر منجر به کاهش دمای کشور شده است. بررسی روند دما و تبخیر در طی دهه 70 حاکی



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

از آن است که از بین 4 سالی که میزان تبخیر کمتر از مقدار 1100 بوده، سه سال آن طی سال 70 با مقدار 1094، سال 71 با مقدار 1029 و سال 1372 با مقدار تبخیر 1086 رقم خورده است. این تحلیل نشان می‌دهد که جلوگیری از تبخیر راه‌کار موثری در جلوگیری از بحران آب که ناشی از افزایش دما تلقی می‌گردد می‌تواند باشد.

اثر تبخیر بر دمای کشور:



تحلیل واکنش آبی تبخیر نسبت به دمای کشور حاکی از آن است که افزایش دما همواره منجر به افزایش تبخیر شده است. با این وجود، اثرات مثبت دما بر تبخیر بعد از سال 1380 تا سال 90 اندکی بیشتر شده و در دهه 90 با شدت بیشتری منجر به افزایش تبخیر می‌شود.

موارد رگرس شده نشان می‌دهد که ارتباط دینامیکی مابین بارندگی، تغییرات دما و تغییرات تبخیر وجود دارد و لازم است تمامی سیاستگذاری‌ها که می‌تواند در تغییرات هر کدام از این عوامل موثر باشد مورد توجه و تاکید قرار گیرد. به عبارت بهتر، به نظر می‌رسد دستکاری انسانی می‌تواند در تغییرات اقلیم نیز موثر باشد. به عنوان مثال احداث سدهای با مخزن بسیار بزرگ می‌تواند منجر به تبخیر شدید آب شده و ضمن افزایش دما در کاهش بارندگی و تقویت این سیکل باطل بسیار موثر باشد در ادامه این وضعیت با دقت بیشتری مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

➤ رشد جمعیت

نرخ جمعیت در نیمه دوم قرن گذشته نسبت به نیمه اول افزایش یافته است. طبیعتاً با افزایش نرخ جمعیت، تقاضا برای آب نیز افزایش می‌یابد. بر اساس آمار کشور، جمعیت ایران به بیش از 80 میلیون نفر رسیده است و با این نرخ رشد، پیش‌بینی می‌شود که ایران تا سال 2025 جزو 10 کشور اول پرجمعیت جهان باشد. نرخ رشد بالای جمعیت ایران که در سال‌های جنگ

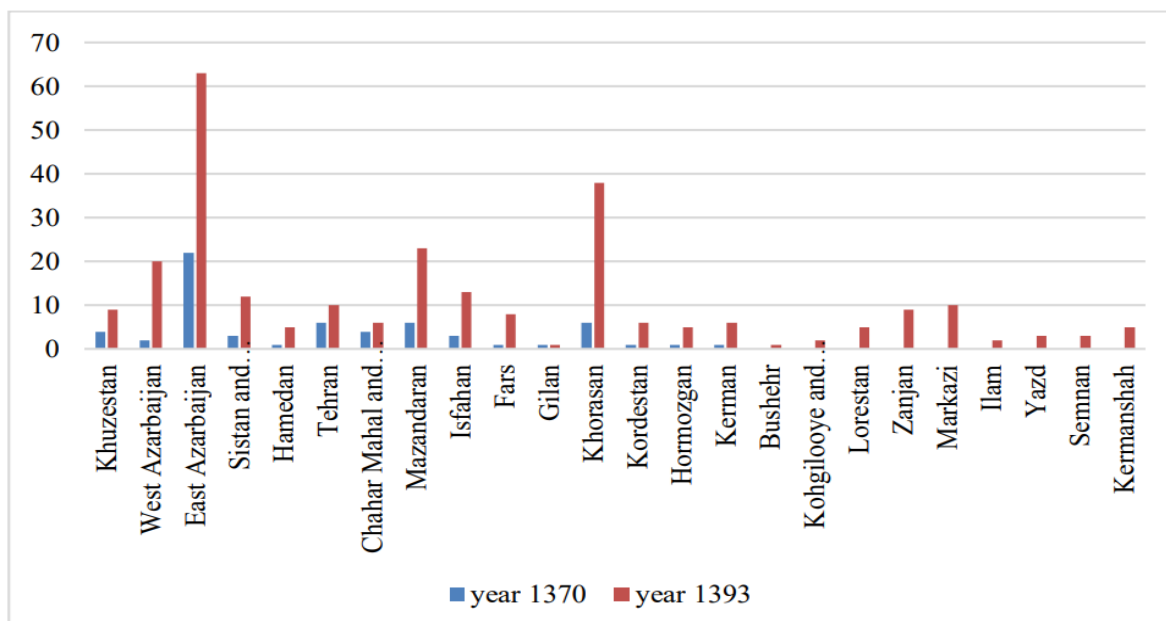


بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

به 3/8 درصد رسید باعث شد جمعیت آن از حدود 50 میلیون نفر در سال 1365 به 76 میلیون نفر در سال 1390 و بیش از 79 میلیون نفر در سال 1395 برسد. مطابق با روند صعودی جمعیت ایران، سرانه آب تجدیدپذیر در کشور از نزدیک به 13000 مترمکعب در سال 1371 به حدود 1900 مترمکعب در سال 1385 کاهش یافته است و محققان می گویند در صورت ادامه این روند، وضعیت در ایران بدتر خواهد شد. علاوه بر این، پیش بینی بر آن است که سرانه آب تجدیدپذیر کشور از 1830 به 1530 متر مکعب در سال کاهش یابد. بر اساس داده‌های موجود و تحقیقات انجام شده توسط محققان، «ایرانی‌ها نقش عمده‌ای در بحران آب کشور ندارند، زیرا مردم تنها ۷ درصد آب موجود را مصرف می‌کنند و در صورت صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در مصرف، تنها ۱.۵ درصد از آب موجود را مصرف می‌کنند. بنابراین مشخص است که جمعیت تنها دلیل بحران آب در ایران نیست و قطعاً عوامل دیگری نیز در ایجاد این بحران نقش داشته‌اند.

➤ سدسازی‌های غیر اصولی

با توجه به احداث سدها در کشور بدون برنامه ریزی صحیح، می‌توان ادعا کرد که یکی از عوامل بحران آب در ایران، ساخت بی‌رویه سدها در سراسر کشور است. بر اساس آمار ارائه شده توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال 1391، از مجموع 1366 سد ایران، 647 سد در دست بهره‌برداری، 146 سد در حال ساخت و 573 سد در دست مطالعه است. طبق شواهد، 298 عدد از این سدها مربوط به وزارت جهاد کشاورزی و 349 عدد مربوط به وزارت نیرو است. طبق مطالعه وصال و تجریشی (1397) توزیع سدهای کشور به شرح زیر است.





بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

مشاهده می‌گردد که در طول زمان میزان افزایش سد سازی روند قابل توجهی را تجربه کرده است (نمودار مقایسه سال 1370 و 1393). طبق نمودار ملاحظه می‌گردد که 4 استان روند به شدت صعودی در ساخت سدسازی داشته‌اند. مشخص است که استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، مازندران و خراسان بیشترین آمار را ثبت نموده‌اند. شایان ذکر است که آمار قابل توجه سد سازی در دو استان آذربایجان غربی و شرقی می‌تواند عامل بالقوه در بحران دریاچه ارومیه باشد.

ساخت این سدها در کشور جنبه های مثبت و منفی داشته است، به طوری که برخی از آنها به کشاورزی و تامین آب شهری کمک کرده و برخی دیگر منجر به خشک شدن دریاچه ها، تالاب ها و رودخانه ها شده است. اثرات منفی آن بسیار بیشتر از اثرات مثبت آن است. به عنوان مثال می‌توان به سد گتوند اشاره کرد که منجر به انتقال نمک معدن گچساران به رودخانه کارون و آب شور به مزارع کشاورزی استان خوزستان و در نتیجه تخریب صدها هکتار از اراضی کشاورزی و نخلیات این منطقه شد. یا می‌توان به دریاچه ارومیه اشاره کرد که با احداث سدهای فراوان بر روی آن جان بسیاری از حیوانات را به خطر انداخت و اکنون در حال خشک شدن است.

در بخش‌های قبلی اشاره گردید که 90 درصد آب شیرین ایران در قسمت کشاورزی مصرف می‌گردد، و در این راستا انتظار بر آن است که سد سازی در ایران منجر به توسعه بخش کشاورزی گردد. سدسازی سبب می‌گردد تا مقدار آب تنظیم‌شده در اختیار کشاورزان قرار گیرد. به عبارت بهتر، کشاورزان قادر خواهد بود در فصول گرم و خشک نیز با بهره‌گیری از آبی که سدها در فصل بارش جمع‌آوری می‌نمایند، کشت کنند. در این راستا انتظار بر آن است که سد سازی منجر به تقویت کشاورزی و افزایش درآمد و رفاه کشاورزان گردد. شواهد حاکی از آن است که در شهرستان‌های برخوردار از سد، سطح زیرکشت آبی افزایش یافته اما سطح زیرکشت دیم تغییری نمی‌یابد؛ به‌علاوه ایجاد سد در بالادست، اثر معناداری روی سطح زیر کشت محصولات کشاورزی نداشته است. ارزش حقیقی تولیدات آبی در شهرستان سد افزایش یافته و ارزش حقیقی تولیدات دیم، کاهش می‌یابد که می‌تواند ناشی از جایگزینی محصولات دیم با محصولات آبی در اثر ساخت سد باشد. همچنین سد بالادست بر هزینه سرانه اثر منفی دارد. از علت‌های احتمالی این امر می‌تواند کاهش آب پایین دست در اثر سدسازی در بالادست باشد. شواهد گویای این مطلب است که سدسازی، منجر به افزایش سطح زیر کشت و ارزش حقیقی تولیدات کشاورزی در شهرستان محل سد می‌شود و منجر به تغییر کشت از دیم به آبی و همچنین از محصولات کم آب بر به محصولات با مصرف آب بیشتر می‌شود اما بر درآمد سرانه و هزینه سرانه خانوار در شهرستان هدف اثری ندارد. علاوه بر این مسأله و با توجه به اینکه میزان آب بیشتری در شهرستان محل سد به منظور کشاورزی نیاز خواهد بود، آب شهرستان پایین دست کاهش یافته و هزینه سرانه



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

خانوار روستایی در شهرستان پایین دست سد کاهش می‌یابد. بدین ترتیب سدسازی با وجود اینکه منجر به افزایش ارزش حقیقی تولیدات کشاورزی در شهرستان محل سد می‌شود، منجر به مصرف آب بیشتر در آن شهرستان و همچنین کاهش رفاه روستاهای شهرستان پایین دست می‌شود. با توجه به وضعیت کم آبی در کشور، حرکت از کشت دیم به سمت کشت آبی و همچنین به سمت محصولات آب بر، منجر به مصرف آب بیشتر در بخش کشاورزی خواهد شد که منجر به دامن زدن به بحران کم آبی خواهد شد و در نتیجه می‌بایست در سدسازی‌های آینده و سیاست‌های کشاورزی، به این مسأله توجه شود. در کنار اثرات سد سازی بر تولیدات محصولات کشاورزی، این بحث وجود دارد که سد سازی می‌تواند در تشدید تبخیر و افزایش دما موثر باشد. این گزارش سدهای مهم کشور که تبخیر بالایی از آب در آن اتفاق می‌افتد را ذکر می‌نماید:

سد ارس (حوضه خزر)

سد ارس یک سد خاکی است که در 40 کیلومتری شهر جلفا بر روی رودخانه ارس در مرز ایران و آذربایجان واقع شده است. ساخت و بهره برداری از این سد به صورت مشترک توسط ایران و جمهوری آذربایجان انجام شده است. هدف از این سد مخزنی تامین آب کشاورزی و تولید برق است. حجم و مساحت کل مخزن به ترتیب ۱۲۵۴ MCM و ۱۵۲۰۰ هکتار در تراز عادی آب (NWL) است. حدود 172000 گیگاوات ساعت برق در سال (86000 گیگاوات ساعت در هر سهم) تولید می‌کند. این سد از چهار توربین (دو توربین در هر طرف) با توان کل 44 مگاوات (هر کدام 11 مگاوات) تشکیل شده است. دریاچه سد ارس دارای تنوع زیادی از ماهیان آب شیرین است و مقصد گردشگری و ماهیگیری خوبی است. سالانه حدود 167 میلیون متر مکعب آب تبخیر می‌شود که بالاترین میزان تبخیر در حوضه خزر است.

سد کرخه (حوضه خلیج فارس و دریای عمان)

سد کرخه در 21 کیلومتری شمال غربی شهرستان اندیمشک قرار دارد. هدف اصلی از ایجاد این سد، (1) ذخیره و مدیریت آب آبیاری به مساحت 320000 هکتار در دشت‌های پایین دست واقع در شمال غرب و غرب استان خوزستان، (2) تولید برق آبی 934 گیگاوات ساعت در سال و (3) پیشگیری از سیل ویرانگر است. حداکثر مساحت و حجم دریاچه در تراز عادی آب (NWL) به ترتیب 16600 هکتار و 5600 MCM است. در این سد سالانه 334/14 میلیون متر مکعب آب تبخیر می‌شود.

سد شهید کاظمی (حوضه دریاچه ارومیه)



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

سد شهید کاظمی واقع در شهرستان بوکان استان آذربایجان غربی بر روی رودخانه زرینه رود ساخته شده است. هدف از احداث سد شهید کاظمی آبیاری 85000 هکتار از اراضی دشت میاندوآب، کنترل سیلاب های مخرب، تنظیم سطح آب زرینه رود، تامین آب شرب شهرهای بالادست و پایین دست و حفاظت از اکوسیستم های آبی بوده است. حداکثر مساحت و حجم دریاچه در تراز عادی آب به ترتیب 4150 هکتار و 808 MCM است. در این **سد سالانه 41/1 میلیون متر مکعب آب تبخیر** می شود.

سد درودزن

سد درودزن یکی از بزرگترین سدهای جنوب ایران است. مخزن این سد چند منظوره خاکی در نزدیکی شمال غربی شیراز بر روی رودخانه کر و در حوضه آبریز دریاچه بختگان قرار دارد. ظرفیت کل ذخیره سازی مخزن 993 MCM است. این مخزن منبع اصلی تامین آب 112000 هکتار از اراضی کشاورزی، نیازهای خانگی - صنعتی و نیروگاه شیراز مرکز استان فارس است. حداکثر مساحت دریاچه در تراز عادی آب 5500 هکتار است. **حجم تبخیر سالانه 94.38 MCM است.**

سد دوستی (حوضه سرخس)

سد دوستی به طور مشترک توسط ترکمنستان و ایران بر روی رودخانه هریرود در مرز دو کشور در 180 کیلومتری شمال شرقی شهر مشهد ساخته شده است. این سد سنگی با ظرفیت ذخیره سازی 1250 MCM است. این سد برای ایران و ترکمنستان آب آبیاری و شهری را تامین می کند. حداکثر مساحت دریاچه در تراز عادی آب 4932 هکتار است. از آنجایی که این سد در منطقه نیمه خشک ایران قرار دارد، تبخیر آب از اهمیت بالایی برخوردار است. **سالانه حدود 83 میلیون متر**

مکعب آب تبخیر می شود که بالاترین میزان تبخیر در حوضه سرخس است.

ملاحظه می گردد که کل حجم آبی که در این پنج سد تبخیر می شود **حدود 720 میلیون متر مکعب** آب تبخیر می شود. بنابراین، لازم است در راستای جلوگیری از تبخیر آب باید راه کارهای منطقی و علمی مورد توجه قرار گیرد. یکی از این راه کارها استفاده از سیستم های فتوولتائیک خورشیدی شناور است (FSP¹). نخستین نیروگاه خورشیدی شناور در سال 2007 در ایالت کالیفرنیا در امریکا مورد بهره برداری قرار گرفت. در حال حاضر 70 نیروگاه خورشیدی شناور در جهان با ظرفیتی معادل 93 مگاوات در حال بهره برداری هستند. انرژی خورشیدی در پیوند آب و انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است و یکی از

¹ floating solar photovoltaic



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

فراوان‌ترین، پاک‌ترین، مقرون به صرفه‌ترین و پایدارترین منابع انرژی در جهان به‌ویژه در مناطق خشک یا نیمه‌خشک است. تابش جهانی خورشید 1800 برابر مصرف جهانی اولیه انرژی است، این در حالی است که نیروگاه‌های برق آبی تنها برای یک سال مصرف اولیه جهانی را تامین می‌کنند. بنابراین می‌توان از انرژی خورشیدی بطور بالقوه به عنوان یک منبع قابل اعتماد و جامع برای تولید انرژی استفاده کرد. پتانسیل دریافت تابش خورشیدی در سطح زمین به نوع پوشش سطح و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. ایران پتانسیل مطلوبی برای استفاده از انرژی خورشیدی تولید شده توسط تشعشعات خورشیدی دارد. کشور ایران میانگین سالانه 300 روز آفتابی (تقریباً 2800 ساعت آفتابی در سال) در دو سوم مساحت خود دارد و میانگین تابش خورشیدی حدود 4.5 تا 5.5 کیلووات ساعت بر متر مربع در روز است.

در سال‌های اخیر، یکی از قابل توجه‌ترین استراتژی‌ها برای کاهش اثرات نامطلوب تبخیر از سطح آب سدهای مخزنی و تولید انرژی پایدار، استفاده از پنل‌های فتوولتائیک نصب شده بر روی سکوی شناور برای منابع آب سطحی طبیعی یا مصنوعی است. این سیستم‌ها فرصت‌های جدیدی را برای استفاده حداکثری از انرژی خورشیدی، به‌ویژه در مناطقی که پتانسیل بالایی برای مهار تابش خورشیدی دارند، ایجاد می‌کنند. نصب پانل‌های خورشیدی بر روی منابع آب سطحی در جهان رشد قابل توجهی داشته است. ایران که منابع زیادی از آب و سدهای ساخته شده در دسترس هستند، می‌تواند به طور موثر از این سیستم‌ها استفاده کنند.

هم‌اکنون در حوضه‌های خزر، خلیج فارس، ارومیه، مرکزی، هامون و سرخس به ترتیب 383، 365، 104، 314، 71 و 40 سد در دست بهره‌برداری، اجرا و مطالعه هستند. در مجموع 647 مخزن با حجم بیش از 48 BCM در حال بهره‌برداری است که حوضه آبریز خلیج فارس بیشترین سهم را در حجم مخزن به خود اختصاص داده است. همچنین 683 سد نیز در دو مرحله اجرا یا مطالعه هستند. در صورت رسیدن به مرحله بهره‌برداری 75 BCM به ظرفیت فعلی اضافه می‌شود. این ظرفیت‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای توسعه سیستم‌های FSPV در ایران است. بر اساس مطالعه فرشته پور و همکاران (2021) با عنوان ارزیابی عوامل حاکم بر استفاده از سامانه خورشیدی شناور: بررسی زیرساخت‌های مهم آبی ایران، نصب نیروگاه FSPV در یک کیلومتر مربع از سطوح دریاچه سدهای انتخابی می‌تواند سالانه 194 تا 257 گیگاوات ساعت انرژی الکتریکی تولید کند. با توجه به اینکه سرانه مصرف سالانه برق در ایران 2727 کیلووات ساعت است، نتایج نشان می‌دهد که پوشش تنها یک کیلومتر مربع از هر سد با پنل‌های خورشیدی شناور می‌تواند به طور متوسط نیاز برق حدود 90 هزار نفر را تامین کند. یکی از سودمندترین پیامدهای اکولوژیکی توسعه FSPV کاهش تبخیر آب است. اگر این سیستم بر روی سدهای انتخابی اجرا شود



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

که به عنوان مثال 10 درصد از هر دریاچه را پوشش می‌دهد، در مجموع تا 70.7 MCM آب در سال صرفه جویی می‌کند که نیاز سالانه آب خانگی شهری با یک میلیون نفر را برآورده می‌کند. نتایج اقتصادی نشان می‌دهد که هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تولید انرژی در 6 تا 8 سال باز می‌گردد. از نظر مزیت‌های زیست‌محیطی، FSPV منجر به کاهش انتشار CO2 می‌شود. یکی دیگر از کاربردهای سد سازی در ارتباط با تولید انرژی مطرح است و از این منظر در ائتلاف منابع آبی موثر خواهد بود. در ادبیات منابع آبی، ارتباط بسیار مهمی بین انرژی و آب وجود دارد و به همبستگی آب و انرژی معروف است. امروزه، انرژی به طور فزاینده‌ای برای توسعه بخش انرژی در مراحل مختلف استخراج، پالایش، تبدیل و مصرف نهایی ضروری هستند. امروزه انرژی برق‌آبی در حدود 20 درصد از کل انرژی تولیدی جهان را تامین می‌کند. همچنین نیروگاه‌های حرارتی سهم قابل توجهی از برداشت آب را جهت خنک سازی در هر سال به خود اختصاص می‌دهند و در این فرایند نیز مقداری تبخیر صورت می‌گیرد. نیروگاه‌های برق‌آبی مهمترین دلیل وابستگی انرژی به آب هستند. مبرهن است که در آینده تولید انرژی با توجه به افزایش جمعیت رشد خواهد یافت و از این حیث مناطقی که دارای کمترین سرانه منابع آب تجدیدپذیر باشند را دچار چالش اساسی خواهد کرد. منابع تامین انرژی کشورها انرژی فسیلی، سوخت اتمی، آب، گاز طبیعی، ذغال و انرژی ژئوترمال یا زمین گرمایی می‌باشد. منابع یاد شده صرف تولید حرارت، برق و تهویه می‌گردد. در جدول زیر انواع و اقسام تولید برق از انواع انرژی نشان داده می‌شود.

روش‌های مختلف تولید برق؛ منبع: نیروگاه‌های برق آبی ص 16 نوشته

نیروگاه بخاری	سوخت فسیلی	نیروگاه حرارتی
نیروگاه گازی		
نیروگاه دیزلی		
نیروگاه اتمی	سوخت اتمی	
نیروگاه برج خورشید	منابع انرژی نوین	
نیروگاه ماهوراه خورشید		
نیروگاه زمین گرمایی		
نیروگاه سلول برق خورشیدی		
نیروگاه آبی توربینی از نوع ضربه‌ای یا عکس العملی		نیروگاه آبی
نیروگاه آبی تولید برق از جذر و مد		
نیروگاه آبی تولید برق از موج OTEC		
		نیروگاه مولد برق از طریق باد



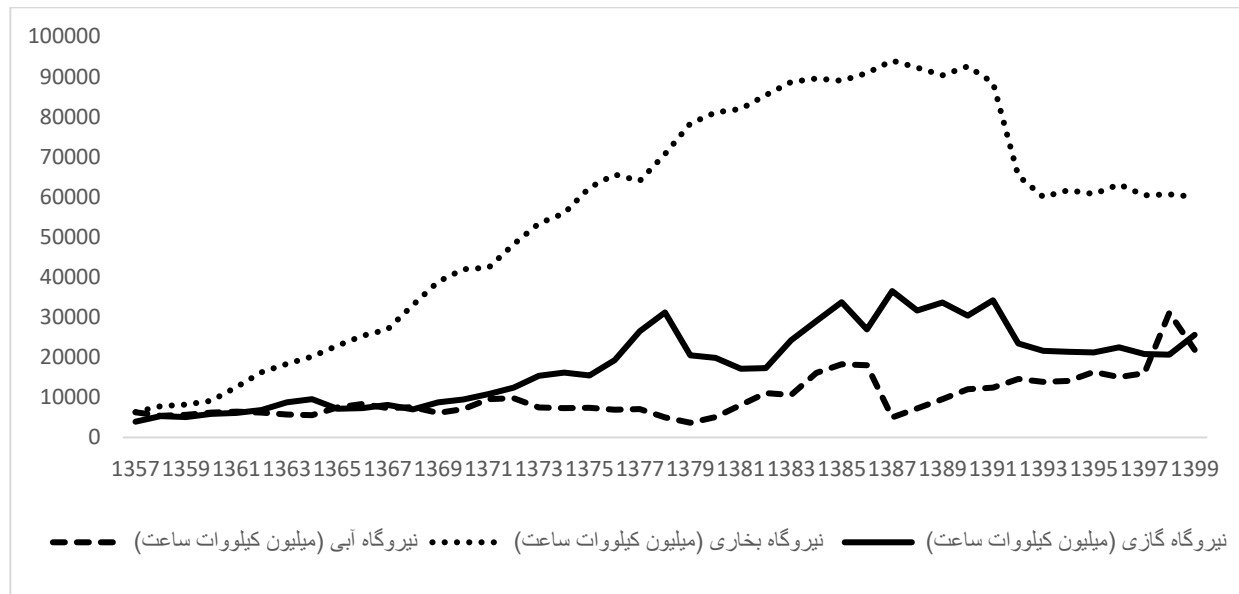
بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

در نیروگاه‌های اتمی اساس کار نظیر نیروگاه‌های بخاری می‌باشد و تولید بخار برای به گردش درآوردن توربین بخار و تولید برق است با این تفاوت که حرارت داده شده به بویلر از طریق سوخت راکتور و از یکی از دو روش راکتور فشار پائین LPR و یا راکتور فشار بالا صورت می‌گیرد. در نیروگاه برج خورشیدی اساس کار مجدداً بر پایه بخار برای به گردش درآوردن توربین بخار است با این تفاوت که انرژی مورد نیاز بویلر برای تبدیل آب به بخار از طریق تابش یک سری آئینه که نور خود را به بویلر منعکس می‌نمایند تامین می‌گردد. در نیروگاه ماهواره خورشیدی SP با پرتاب یک ماهواره و قراردادن بازوهای ماهواره که از تعداد زیادی سلول خورشیدی تشکیل شده نور خورشید به صورت جریان برق تبدیل و توسط ماهواره به صورت انرژی تابشی متمرکز و غیر قابل رویت به زمین تابیده شده و در زمین این انرژی توسط ایستگاه‌های گیرنده دریافت شده عدداً به الکتریسیته تبدیل می‌گردد. تولید برق از طریق سلول خورشیدی امروزه کاربرد زیادی در ماشینهای حساب، کوچک اتومبیل خورشیدی هواپیمای خورشیدی و غیره دارد در اثر تابش نور خورشیدی سلول خورشیدی انرژی دریافتی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌نماید. در نیروگاه زمین گرمایی یا ژئوترمال به دو صورت عمل می‌شود حالت اول آن است که گاز خروجی از چاه و یا بخار داغ خروجی از چاه مستقیماً به یک توربین هدایت می‌گردد در حالت دوم گاز داغ خروجی برای گرم کردن بویلر مولد بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مورد نیروگاه‌هایی که اساس کار آنها تبدیل انرژی پتانسیل آب به انرژی سینتیک و تبدیل انرژی سینتیک به انرژی مکانیکی می‌باشد انواع گوناگون ضربه ای عکس العملی و ضربدری وجود دارد. در مورد نیروگاه های جذر و مدی از اختلاف ارتفاع آب بالا و پایین رفتن آب در شب و روز (یعنی بین حالات جذر و مد استفاده شده و در هنگام بالا آمدن آب، آب حوضچه از طریق توربین تخلیه و برق تولید می‌گردد. در مورد نیروگاه‌های موجی از نیروی امواج در به حرکت در آوردن صفحاتی استفاده می‌شود که اگر حرکت این صفحات به حرکات دوار تبدیل گردد می‌تواند موجب به کار اندازی یک ژنراتور گردد. در سیستم مبدل حرارتی انرژی اقیانوس از اختلاف درجه حرارت سطح و عمق آب دریا یا اقیانوس استفاده شده و با عمل پمپاژ از این اختلاف درجه حرارت در یک مبدل بزرگ استفاده می‌شود. برق تولیدی از باد نیز اساس بسیار ساده ای دارد بر اثر وزش باد پره‌های توربین بادی به حرکت درآمده و ژنراتور آن را به کار می‌اندازند و در نهایت با شروع کار ژنراتور برق تولید می‌گردد.

در کشور ایران بیشتر برق از طریق سه منبع نیروگاه آبی، نیروگاه گازی و نیروگاه حرارتی تامین می‌شود. روند میزان تولید برق نشان می‌دهد که نیروگاه حرارتی بیشترین سهم را در تولید برق ایران دارد و این امر نشانگر تلف شدن آب در راستای تولید برق است.



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه



همانگونه که ملاحظه می‌گردد نیروگاه حرارتی اولین رتبه تولید برق را داشته و در رده دوم نیروگاه گازی و سومین رتبه به نیروگاه آب تعلق دارد. بنابراین، می‌توان اذعان کرد که سدسازی نقش قابل توجهی در تولید برق کشور دارد و در این راستا لازم است جهت کمک به تامین برق و مدیریت منابع آبی از پنل‌های خورشیدی شناور استفاده شود.

➤ کشاورزی ناکارآمد

یکی دیگر از عوامل بحران آب در ایران، کشاورزی نامناسب یا نادرست یا به عبارت ساده تر، روش های نامناسب آبیاری در بخش کشاورزی از منابع آب است. اکثر کشاورزان برای آبیاری زمین های خود از روش غرقابی یا سموم شیمیایی برای از بین بردن آفات محصولات خود استفاده می کنند. هر ساله 15 درصد از مساحت کشور زیر کشت و حدود 90 درصد آب مصرفی مربوط به کشاورزی است. بنابراین باید اعلام کرد که در دهه های اخیر سیاست توسعه کشاورزی و خودکفایی در محصولات کشاورزی به هر قیمتی می تواند عامل اصلی بحران آب تلقی شود، یعنی عواملی مانند خودکفایی و تولید محصولات کشاورزی، استحصال از منابع آب های سطحی و زیرزمینی، توسعه بی رویه اراضی کشاورزی و حرکت به سمت الگوی کشت محصولات پرآب و نه لزوما گران به طور جدی اجرا شده است که حاصل مصرف 90 درصد از کل منابع ایران در بخش کشاورزی است. شایان ذکر است که مصرف آب در بخش کشاورزی خاورمیانه 84 درصد و در آفریقا 82 درصد است.

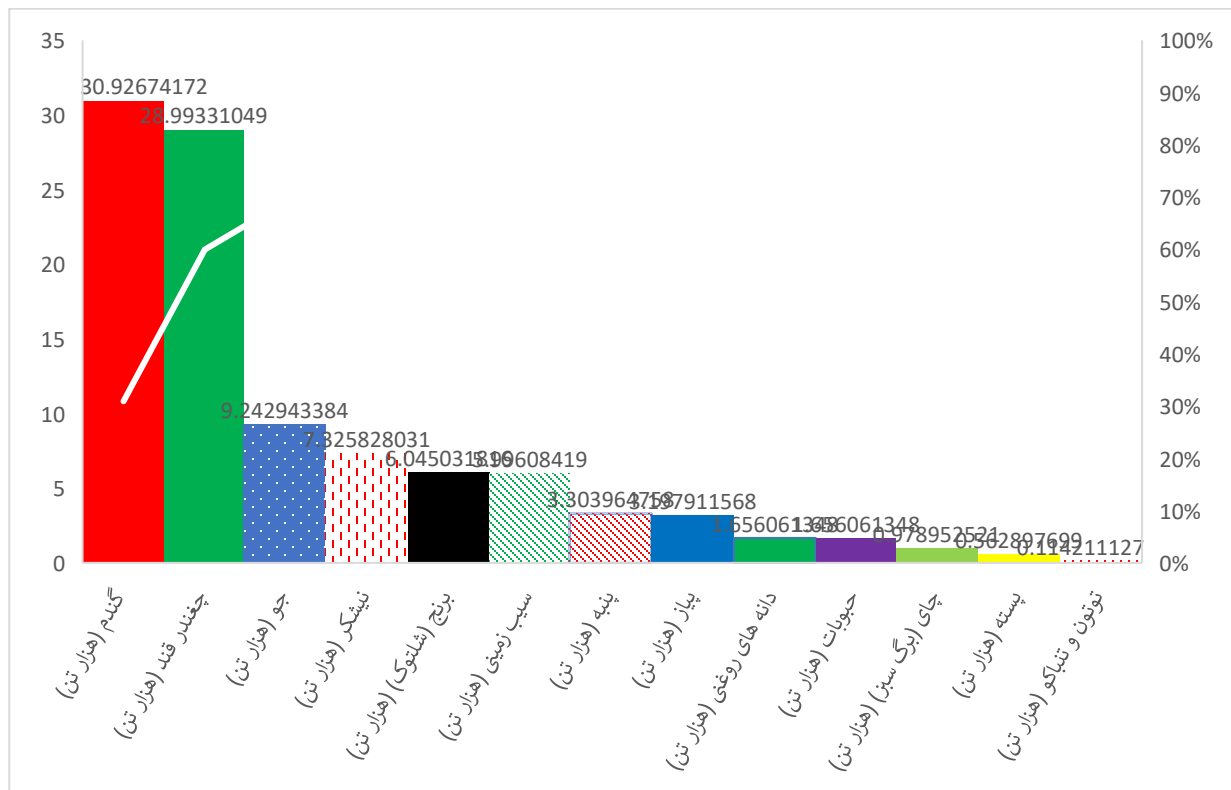
سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص ملی از 33 درصد به حدود 13 درصد تنزل داشته است و این در حالی است که این بخش بیش از 90 درصد آب کشور را مصرف می کند. اقتصاد متکی به نفت یکی از عوامل تحلیل بهره‌وری اقتصادی بخش کشاورزی است. کشوری که اقتصاد نفتی دارد به بخش کشاورزی بی توجه است. به دلیل یارانه حمایتی دولت به آب و انرژی



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

در بخش کشاورزی، انگیزه چندانی برای افزایش بهره‌وری در این بخش دیده نمی‌شود. میانگین بازدهی آبیاری کمتر از 35 درصد است و تنها 5 درصد از مساحت زیرکشت، تحت سیستم آبیاری تحت فشار قرار دارد. از طرفی دیگر، در حالی که میزان مساحت زمین‌های کشاورزی تحت کشت دیم با مساحت زمین‌های کشاورزی تحت آبیاری برابر است، سهم کشت دیم از مجموع محصولات کشور تنها 15 درصد می‌باشد و این در حالی است که سطح جهانی سهم کشت دیم از کل تولیدات کشاورزی 60 درصد است. عدم تناسب بین الگوی کشت و آب قابل دسترس در منطقه نیز در پایین بودن بازدهی کشاورزی موثر است. محصول کشاورزی و نحوه کشت همچنان به شکل سنتی انتخاب می‌گردد.

بر اساس آمار و اطلاعات بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، 13 محصول کشاورزی را به ترتیب گندم، جو، برنج، پنبه، چغندر قند، نیشکر، چای، دانه‌های روغنی، توتون و تنباکو، حبوبات، سیب زمینی، پیاز و پسته تشکیل می‌دهند. نمودار زیر درصد تولی هر محصول در سال 57 و سال 1399 را نشان می‌دهد.

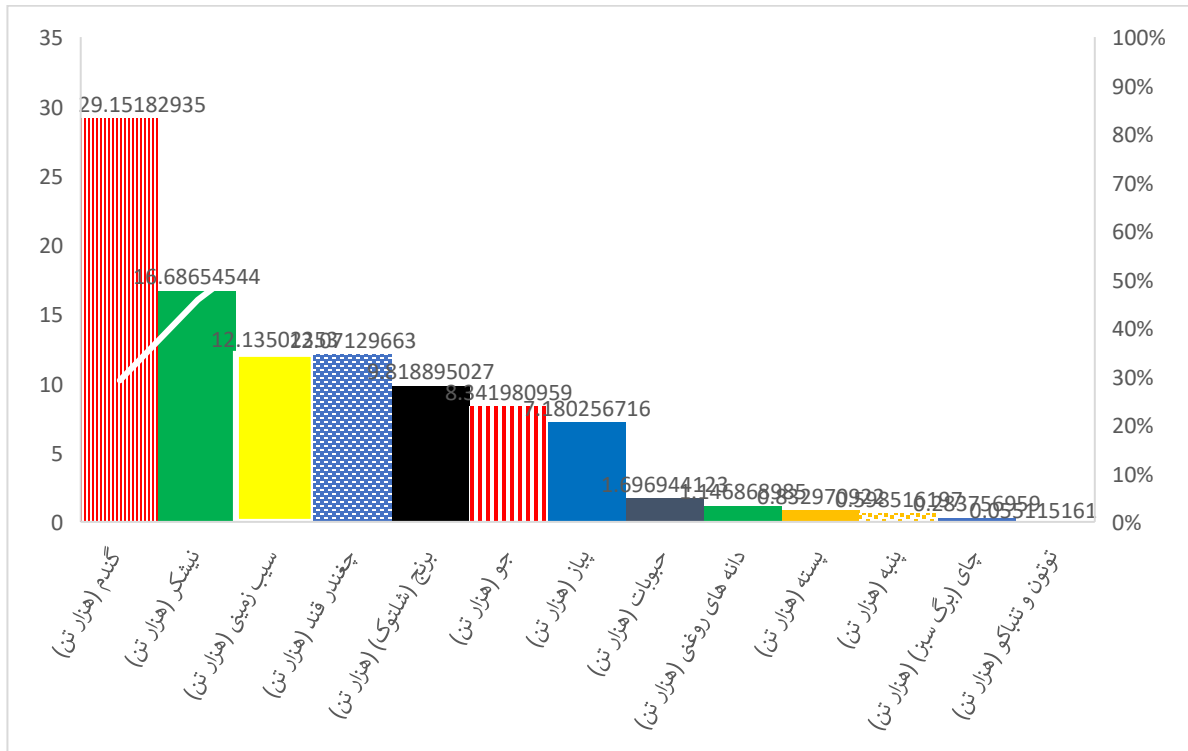


طبق شکل در سال 1357 گندم با 30 درصد تولیدات کشاورزی، رتبه اول در تولید محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. در رتبه دوم چغندر قند با داشتن سهم 28 درصدی، سهم بالایی از تولیدات کشاورزی را تشکیل داده است. در ادامه



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

جو با 9.24 درصد، نیشکر 7.29، سیب زمینی 5.99، پنبه 3.30 و پیاز 3.19 درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سال 1357، توتون کمترین میزان از تولیدات کشاورزی را به خود اختصاص داده است.



درصد سهم تولیدات کشاورزی در سال 1399 حاکی از آن است که گندم با داشتن سهم 29 درصد در جایگاه اول، نیشکر در رتبه دوم با سهم 16.68 درصدی، سیب زمینی با درصد 12.13 درصدی در رتبه بعدی و چغندر با داشتن سهم 12 درصدی در رتبه چهارم و برنج با سهم 9 و جو با سهم 8 درصدی در جاگاه بعدی قرار دارند.

مقایسه سهم محصولات حاکی از آن است که شش محصول همواره سهم بسیار بالایی از تولیدات را به خود اختصاص داده است. شش محصول گندم، جو، چغندر، نیشکر، سیب زمینی و برنج بیشتر از 80 درصد تولیدات محصولات کشاورزی را شامل می‌شوند. با توجه به آمار ارائه شده آب مصرفی این شش محصول می‌تواند ارتباط کشاورزی ناکارآمد و اتلاف منابع آبی و بحران آب را تبیین کرد. جهت نشان دادن ارتباط کشاورزی با مدیریت بحران آبی لازم است تا روش‌های تولید و آبیاری کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد و مشخص گردد که چگونه می‌توان به هدفمند کردن کشاورزی از هدر رفت منابع آبی جلوگیری به عمل آورد. طبق مطالعات علمی صورت گرفته، در اقتصاد ایران از روش‌های نوین آبیاری جهت تولیدات محصولات کشاورزی استفاده نمی‌گردد و این در حالی است که روز بروز آبیاری ضمن افزایش تولید محصولات کشاورزی اثر شگرفی در مدیریت



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

منابع آبی دارد. به طور کلی روش‌های آبیاری را می‌توان به 5 گروه تقسیم‌بندی کرد: روش‌های سطحی، زیرسطحی، بارانی، قطره‌ای و زیرزمینی. در دسته بندی دیگری، آبیاری‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از روش‌های آبیاری ثقلی (مانند روش‌های سطحی)؛ ب) روش‌های آبیاری تحت فشار (مانند روش‌های بارانی و قطره‌ای). کارهای تجربی نشان می‌دهند که تفاوت بسیار معنی داری بین دو روش آبیاری سنتی و مدرن وجود دارد. بر این اساس، مشاهدات تجربی نشان می‌دهند که آبیاری مدرن منجر به افزایش دو برابری تولید محصولات و صرفه جویی دو برابری مصرف آب می‌شود.

مصرف آب	عملکرد گندم (هکتار/تن)	نوع آبیاری
9500 متر مکعب آب	4.5	ثقلی
3950 متر مکعب آب	8.9	قطره‌ای زیر سطحی

منبع: محسن زده و فکوهی، 1398 به نقل از شرکت بلیز تجهیز

بررسی کارشناسان نشان می‌دهد که در بین شش محصول با سهم بالای تولیدی ایران، محصولا نیشکر و چغندر قند میزان آب بالایی را مصرف می‌نمایند و همچنین گندم نیز به دلیل داشتن سهم بسیار بالایی سطح زیر کشت از محصولات آب بر بالا محسوب می‌شوند و در این راستا لازم است تا بهره‌وری تولید و راندمان آب با شدت بیشتری مورد توجه قرار گیرد ولی آمارهای متخصصین حکایت از آن دارد که مباحث کارایی در بحث کشاورزی اصلا مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در جدول زیر مقایسه‌ای از بهره وری دو محصول چغندر و گندم در سایر کشورها و ایران به عمل آمده است و مشاهده می‌گردد که بهره‌وری اصلا در دستور کار قرار ندارد و این امر ناکارآمدی کشاورزی و سهم بسیار بالایی این بخش در بروز بحران آب را نشان می‌دهد.

مقایسه بهره وری کشاورزی

محصول	کشورهای پیشرفته	ایران
گندم	17-11	3.2
چغندر	100-50	28

با توجه موارد اشاره شده مشخص است که رویکردی نوینی بای در مورد کشاورزی صورت گیرد تا با افزایش بهره‌وری در تولید، میزان استفاده از آب نیز کاهش یابد. شیان ذکر است که عدم وجود بهره ور و راندمان مناسب آب در این بخش، صدمات جبران ناپذیری بر منابع آب زیرزمینی وارد ساخته است.



بحران آب و خش شدن دریاچه ارومیه

➤ عدم فرهنگ سازی صحیح مصرف آب

عدم فرهنگ سازی مناسب برای مصرف آب یکی دیگر از عوامل هدر رفت بی رویه آب در ایران است. با وجود اینکه سهم مصرف خانگی آب شیرین در ایران حدود 6 درصد است، این شش درصد به صورت نامناسب مصرف می شود. به عنوان راه حل نویسندگان این تحقیق، در مکان هایی که بحران آب شدید و فرهنگ مصرف ضعیف است، وزارت نیرو باید فرهنگ مصرف صحیح آب را آموزش داده و حتی به نسل های آینده منتقل کند.

➤ مدیریت نادرست

یکی دیگر از عوامل بحران آب، نبود مدیریت و نظارت نادرست کارشناسان منابع آب بر سطوح داخلی بحران آب است. کارشناسان منابع آب به صراحت اعلام می کنند که چالش آب امروز بیشتر به دلیل سوء مدیریت منابع آب و هدایت نادرست در مقایسه با کمبود بارش، تبخیر بالای سالانه و خشکسالی های دوره ای است. ۹ تا ۱۰ نهاد در کشور مسئول مدیریت ابعاد مختلف آب هستند اما در این زمینه نقش سه قوه (مقننه، مجریه و قضاییه) پررنگ است؛ البته وزارت نیرو متولی اصلی مدیریت آب است.

وضعیت منابع آبی استان آذربایجان شرقی

علی رغم یک تصور عام در ارتباط با شرایط معتدل آب و هوایی در استان آذربایجان شرقی، این استان با میانگین بارش 297 میلی متر در سال در کنار توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن در زمره مناطق کم بارش کشور است. با توجه به محدودیت منابع آب در استان بررسی و استفاده درست از این منابع تنها راه غلبه بر بحران کم آبی است. کل پتانسیل های تجدیدپذیر در بخش منابع آب استان 5 میلیارد متر مکعب بوده که 61 درصد آن را منابع آب سطحی و 39 درصد آن را منابع آب زیرزمینی تشکیل می دهد. برنامه ریزی برای بهره برداری بهینه از منابع آب نیاز به مدل سازی سیستم های منابع آب دارد که این کار به منظور شبیه سازی و بهینه سازی آن سیستم انجام می شود. مدل های شبیه سازی عموماً به دو دسته قطعی (بر مبنای بیان کمی و کیفی آب) و غیرقطعی (ترکیب مدل های قطعی با توابع توزیع آماری جهت لحاظ خصوصیات احتمالاتی متغیرهای یک سیستم) تقسیم می شوند. بهینه سازی سیستم منابع آب نیز به صورت برنامه ریزی تک هدفه یا چند هدفه و با استفاده از روش های نوین بهینه سازی مانند الگوریتم ژنتیک انجام می گیرد. لیکن در بیان عام بهره برداری بهینه از منابع با دو مفهوم اساسی آن یعنی صرفه جویی و افزایش بهره وری مصرف آب قابل ترویج است. در بخش کشاورزی هدف از افزایش بهره وری



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

آب، افزایش عملکرد محصول تولیدشده به ازای یک واحد آب مصرف شده می باشد. سهم مصرف بخش کشاورزی، شرب و صنعت از کل آب استحصال شده در استان به ترتیب 86/6، 10/7 و 2/7 درصد می باشد. بیان ضرورت بهره برداری بهینه آب در بخش کشاورزی به مفهوم سهل انگاری در مدیریت مصرف سایر بخش ها همچون شرب و صنعت نیست؛ لیکن به دلیل سهم بالای مصرف آب در بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش ها مدیریت مصرف و بهبود بهره وری آب در این بخش از اهمیت بیشتری برخوردار است.

سیمای کلی منابع آب استان و سهم بخش کشاورزی از آن

نزولات جوی به شکل بارش باران و برف و نیز ذخایر انباشت برف در ارتفاعات استان که حاوی آب معادل ذوب برف می باشند، عوامل تغذیه کننده منابع آب سطحی و زیرزمینی استان می باشند. بزرگ ترین بخش مصرف کننده از این منابع در استان، بخش کشاورزی و عمده فعالیت منجر به مصرف آب در این بخش، عملیات آبیاری مزارع است. لذا کاهش مصرف آب در این قسمت موثرتر از صرفه جویی در سایر فعالیت ها همچون صنایع شیلات، پرورش دام، فراوری محصولات و غیره خواهد بود.

منابع آب سطحی و آب زیرزمینی استان

رودخانه های آذربایجان شرقی در سه حوضه آبریز آن در جریان هستند. این سه حوضه شامل حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ارس و قزل اوزن به ترتیب با اختصاص 47، 28 و 25 درصد از مساحت استان می باشند. علاوه بر رودخانه ها سایر منابع آب های سطحی استان در دریاچه ارومیه، سدها، مخازن و تالاب ها جای گرفته است. بر طبق آمار استحصال بالفعل آب های سطحی استان از طریق 143 سد و بند مخزنی و انحرافی، 6 ایستگاه پمپاژ و 2 شبکه آبیاری و زهکشی حدود 1576 میلیون مترمکعب از ظرفیت بالقوه آن یعنی 3050 میلیون مترمکعب می باشد. از این میزان حجم حدود 1461 میلیون مترمکعب آن به مصرف بخش کشاورزی استان می رسد.

اغلب دشت های کشاورزی استان دارای منابع آب زیرزمینی در سفره های خود هستند. لیکن به جهت برداشت وسیع از این سفره ها در طی سال های گذشته، طبق برآورد سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی سالانه 49 میلیون مترمکعب از این ذخایر کاهش می یابد؛ به طوری که بیشترین کاهش مربوط به دشت های مرنده، شبستر، صوفیان، تسوج و دامنه های شمالی سهنند است. در کل بخش کشاورزی استان با وسعت 1/22 میلیون هکتار (6/12 درصد از کل اراضی قابل کشت کشور) با برداشت 84 درصدی از منابع آب زیرزمینی (حدود 1428 میلیون مترمکعب) توسط چاه های عمیق و نیمه عمیق، قنات ها و چشمه ها بیشترین سهم مصرف از این منابع را داراست.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

تعیین مقادیر بهره وری و بهبود آن در بخش کشاورزی

با توجه به آمار ارائه شده از وضعیت منابع آب استان آذربایجان شرقی و شناسایی بخش کشاورزی به عنوان عمده ترین مصرف کننده آب، لزوم بهره برداری صحیح از منابع آب در این بخش بدیهی است. اگر بهره وری آب کشاورزی را به عنوان یکی از شاخص های مهم در سنجش میزان موفقیت در بهره برداری صحیح از منابع آب در دشت های استان لحاظ شود، با اطلاع از توزیع مکانی مقادیر بهره وری و تحلیل آن ها می توان به سوالات مهمی در این زمینه پاسخ داد. از جمله این که در حال حاضر در کدام یک از دشت های استان بخش کشاورزی از جنبه بهره وری آب دارای صرفه بیشتری است؟ بیشترین میزان بهره وری در هر یک از دشت ها مربوط به کدام محصول می باشد؟ چه الگوی کشتی را برای هر یک از دشت های استان از منظر بهره وری آب می توان پیشنهاد نمود؟ میزان قابلیت بهبود بهره وری آب در هر یک از دشت های استان چقدر می تواند باشد؟ هم چنین با اطلاع از وضعیت فعلی بهره وری آب در نقاط مختلف استان می توان به بررسی و اولویت بندی راه کارهای افزایش بهره وری آب در هر یک از دشت های استان پرداخت.

مثال کاربردی از نقش عامل انسانی در ایجاد بحران آب (خشکی دریاچه ارومیه)

در دو دهه گذشته، به دلیل توسعه مداوم بخش کشاورزی، سطح آب دریاچه ارومیه حدود ۹۰ درصد کاهش یافته است. فعالیت های غیرکارشناسی و عمدتاً غیراصولی کشاورزی در حوضه دریاچه باعث بروز مشکلاتی از قبیل برداشت بی رویه از منابع آب های زیرزمینی، افزایش برداشت آب های سطحی از سدها و مصرف بیش از حد منابع آب های سطحی برای مصارف آبیاری شده است که چالش های متعددی را برای منطقه به وجود آورده است. اگرچه عوامل مخربی مانند تغییرات اقلیمی، خشک سالی های چرخه ای و مسائل اقتصادی مانند تحریم های بین المللی بر تشدید بحران دریاچه ارومیه افزوده است، اما شواهد نشان می دهد که اقدامات انسانی و چالش های حاکمیتی، به جای محرک های محیطی، عوامل اصلی بحران آب در ایران و به خصوص دریاچه ارومیه هستند.

وضعیت کنونی دریاچه ارومیه نمونه بارز آن چیزی است که آلفرد ای. کان اقتصاددان آن را «استبداد تصمیمات کوچک» می نامد، که در آن تصمیمات متعددی که به صورت جداگانه کوچک و از نظر زمان و اندازه بی اهمیت هستند، به طور تجمعی باعث ایجاد نتایج اساسی نامطلوب می شوند. این وضعیت همچنین می تواند به عنوان یک "تراژدی عمومی" تلقی شود. تراژدی عمومی برای آن دسته از کالاهای عمومی صادق است که عموم مردم حق استفاده از آن را دارا هستند ولی در استفاده از آن رقابت وجود دارد. از آنجایی که در کشور ایران قیمت گذاری مناسبی برای آب وجود ندارد و قیمت محصولات کشاورزی نیز به



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

نحو بهینه تعیین نمی‌گردد؛ رقابت بالا برای تولید بیشتر محصولات کشاورزی آب‌بر در نتیجه ازران بودن آب به وجود آمده است و این رقابت بالا صرفاً بر نفع اشخاص توجه داشته و منفعت اجتماعی را مد نظر قرار نمی‌دهد. چنین وضعیتی در بلند مدت منجر به ایجاد بحران آب و مشکلات زیست محیطی می‌گردد. به عبارت دیگر، تحت چنین رویکردی اقدامات هر فرد در استفاده از مشترکات دسترسی آزاد مانند منابع آب برای آن شخصی منطقی به نظر می‌رسد و استفاده از بیش از حد هر فرد، منجر به یک نتیجه جمعی بدتر (به عنوان مثال، تخلیه منابع) برای همه می‌شوند. در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی منجر به افزایش تنوع هیدرولوژیکی و وقوع خشکسالی بر روی کره زمین شده است. خشکسالی‌های منطقه‌ای ناشی از تغییرات اقلیمی، با اقدامات مخرب انسانی مانند تغییر کاربری اراضی و بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیر زمینی، تشدید شده و منجر به خشکسالی‌های انسانی می‌گردد. خشکسالی انسانی، یک رویداد چند بعدی مرکب که هم توسط تغییرات طبیعی و هم توسط انسان ایجاد می‌شود. خشکسالی انسانی در سراسر جهان شایع‌تر و شدیدتر شده است و به دلیل اثرات منفی آن بر تولید مواد غذایی و نیازهای اساسی انسان، تهدیدی بزرگ برای رفاه و پایداری انسان تلقی می‌گردد. با توجه به اینکه تغییرات طبیعی، از کنترل انسان خارج است، یک سوال حیاتی این است که چگونه می‌توان تلاش‌هایی برای مدیریت بهتر اعمال و رفتار انسانی که منجر به خشکسالی‌های انسانی می‌شود انجام داد. در دل این سوال، ماهیت منبع مشترک منابع آب و رقابت بی‌وقفه برای استفاده از آب توسط افراد مطرح است که در غیاب حکمرانی مؤثر تشدید می‌شود. این امر حکایت از آن دارد که حکمرانی آب که به عنوان سیستمی از قوانین، شیوه‌ها و ساختارهای سازمانی تعریف می‌شود، برای تنظیم اقدامات انسانی در استفاده و تأمین منابع آب برای غلبه بر خشکسالی‌های انسانی حیاتی است. عدم آگاهی و توجه ناکافی به شرایط اجتماعی محلی و ظرایف تعاملات انسان و آب، که مجموعاً به عنوان موانع اجتماعی و هیدرولوژیکی از آن یاد می‌شود، می‌تواند منجر به تلاش‌های سیاستی شود که با واقعیت‌های محلی همخوانی نداشته باشد. چنین ناهماهنگی‌هایی به نوبه خود اجرای سطح میدانی سیاست‌هایی را که برای رسیدگی به مشکلات آب وضع شده‌اند، تضعیف می‌کند. مقابله با خشکسالی‌های انسانی نیز از این نظر مستثنی نیست.

در ایران دریاچه ارومیه با داشتن ویژگی‌های یاد شده، عوارض گوناگونی را می‌تواند برای جامعه داشته باشد. در سطح ملی ایران، وخامت اوضاع دریاچه ارومیه، وضعیت دریاچه را به یک موضوع برجسته سیاسی تبدیل کرده و در سال‌های اخیر تلاش‌های متعددی را حاکمیت برای احیای دریاچه انجام داده است. در سال 1392 دولت برنامه طرح تحقیقاتی احیای دریاچه ارومیه (ULRP) را برای بازیابی سطح آب اکولوژیکی دریاچه در یک بازه زمانی ده ساله تأسیس کرد. از جمله مداخلات انجام



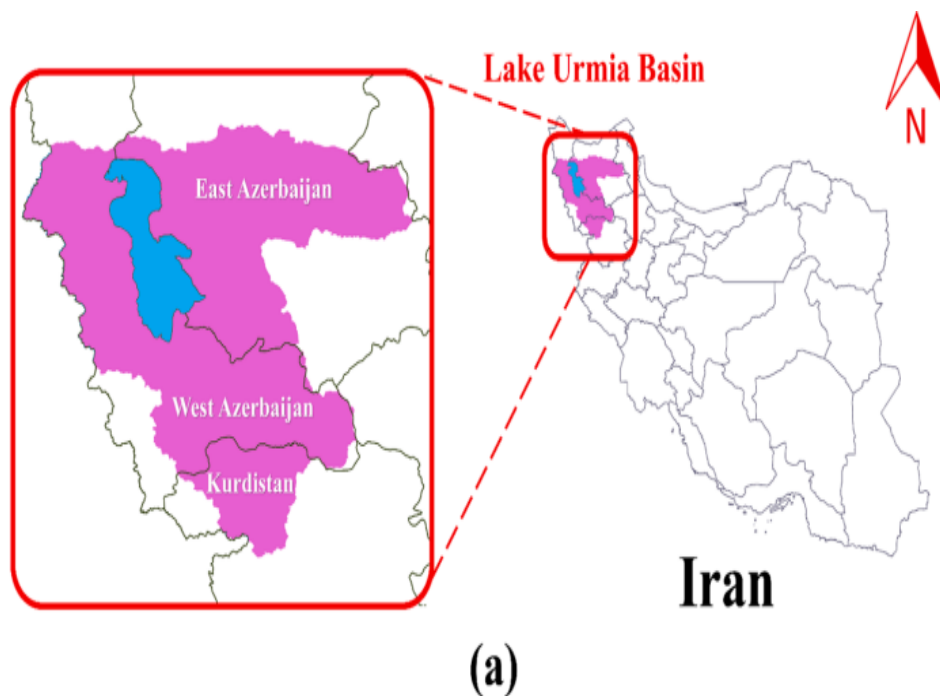
بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

شده توسط ULRP، ممنوعیت پروژه‌های سدسازی جدید و پروژه‌هایی که در مراحل اولیه ساخت هستند، بهره‌برداری از برخی از سدها تنها با هدف احیای دریاچه، بازیابی پیوند هیدرولیکی بین سرشاخه‌ها و دریاچه و کاهش 40 درصدی حق آب‌های زیرزمینی و سطحی به کشاورزان است. اگرچه نتایج اولیه این تلاش‌ها امیدوارکننده به نظر می‌رسید، اما اثرات پیش‌بینی‌نشده‌ای نیز وجود داشته که چالش‌های بعدی و بیشتری را ایجاد کرده است. به عنوان مثال، صرفه جویی در مصرف آب از طریق اقدامات کشاورزی ULRP آنچنان که پیش‌بینی می‌شد ساده نبود. شواهد حاکی از آن است که تخصیص بودجه برای افزایش راندمان آبیاری ممکن است باعث ایجاد برخی رفتارهای متقلبانه در بین کشاورزان شده باشد. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد راندمان آبیاری بالاتر، کشاورزان را به توسعه زمین‌های آبی و در نتیجه مصرف آب بیشتر، به ویژه به دلیل نرخ بالای جریان بازگشتی در حوضه تشویق کرده است. این چالش نشان می‌دهد که کلید موفقیت حکمرانی آب منطقه در چگونگی همکاری فعالانه ذینفعان، کارشناسان و تصمیم‌گیرندگان مختلف و اجرای برنامه‌های احیا به شیوه‌های متنوع و با توجه به واقعیت‌های محلی است. به عنوان مثال، شرایط اجتماعی - اقتصادی محلی و تعاملات بین سیستم‌های اجتماعی و هیدرولوژیکی در حوضه دریاچه ارومیه در احیای دریاچه باید مورد توجه قرار گیرد.

حوضه دریاچه شامل استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان است (شکل 1 الف). دریاچه ارومیه در طول دو دهه اخیر دچار کاهش فاجعه‌بار (حدود 90 درصد) شده است. بنابر استدلال کارشناسان، دلیل اصلی این خشکسالی شدید، گسترش فعالیت‌های انسانی، به ویژه مصرف بیش از حد آب برای اهداف آبیاری است. با افزایش سه برابری سطح کشاورزی و تغییر تدریجی از کاشت محصولات با مصرف آب کم یا متوسط به کشت انواع محصولات پر آب که سود بیشتری به همراه دارند، میزان خشکی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. مساحت کل اراضی آبی حوضه دریاچه تقریباً 511926 هکتار است که 70 درصد آن را زمین‌های زراعی و 30 درصد را باغات تشکیل می‌دهد. توسعه ناپایدار کشاورزی، مشکلات اجتماعی و سیستم‌های آبیاری منسوخ و ناکارآمد از عوامل دیگری هستند که کاهش منابع آب را سبب شده‌اند.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه



موقعیت حوزه دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران و استان‌های تشکیل دهنده آن

دلایل خشک شدن دریاچه ارومیه

تحقیقات علمی نشان می‌دهند که موارد زیر در خشک شدن دریاچه ارومیه بسیار موثر بوده است:

(1) موانع اجتماعی و هیدرولوژیکی احیای دریاچه ارومیه

احیای دریاچه ارومیه مستلزم درک عمیق جنبه‌های اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی موثر بر تعامل مردم و منابع آبی است.

تجزیه و تحلیل مطالعات در این حوزه آب نشان می‌دهد که موانع اجتماعی-هیدرولوژیکی بالقوه را می‌توان در در موضوعات

کلی زیر دسته‌بندی کرد:

❖ عوامل سازمانی

❖ عوامل اجتماعی-اقتصادی

❖ درگیری‌های قومیتی



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

❖ میزان آگاهی کشاورزان

❖ مشارکت عمومی در برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات مدیریتی و توزیع آب.

این موارد به طور جداگانه در بخش‌های زیر بررسی می‌شوند.

1) عوامل سازمانی

تصور عمومی بر آن است که تغییر اقلیم مهم‌ترین عامل کاهش آب دریاچه ارومیه است، مطالعات علمی اخیر حکایت از آن دارند که این عامل لزوماً علت اصلی خشکی دریاچه نیست. در عوض، افزایش مصرف آب توسط کشاورزان (بیشتر از طریق افزایش سطح آبی و تغییر به کشت محصولات پرمصرف آب) عامل اصلی کاهش دریاچه ارومیه است. این امر به دلیل عدم برنامه‌ریزی مدیریت پیش‌بینی شده، استراتژی‌های اجرایی بلندمدت، و قوانین محافظه کارانه مناسب با تمرکز بر فعالیت‌های کشاورزی تشدید شده است.

تجربه نشان داده است که در غیاب توسعه ناپایدار منابع آبی و افزایش تنش آبی توسط انسان، دریاچه ارومیه همواره در برابر شوک‌های اقلیمی مقاومت کرده است. در حوضه دریاچه ارومیه وظایف و کارهای مربوط به توسعه، اقدامات حفاظتی و حاکمیتی بین چندین سازمان از جمله وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی و اداره محیط زیست تقسیم شده است. با این حال، هماهنگی وزارتخانه‌ها کاملاً تعریف نشده است. این عدم هماهنگی ممکن است باعث ایجاد برخی مشکلات پیش‌بینی نشده شود. بر اساس گزارش پژوهشکده سیاستگذاری دانشگاه صنعتی شریف (1396)، اختلافات بین وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو باعث ایجاد مشکل در اجرای برخی راهکارهای مدیریتی و ایجاد حاکمیت مناسب در راستای استفاده کشاورزان از منابع آبی حوضه دریاچه ارومیه شده است. هدف وزارت جهاد کشاورزی افزایش بهره‌وری و رسیدن به خودکفایی در محصولات استراتژیک است. این در حالی است که شرکت مدیریت منابع آب ایران که زیرمجموعه وزارت نیرو است، وظیفه تامین آب کافی و تامین امنیت آب برای بخش‌های شهری، صنعتی و کشاورزی را بر عهده دارد. ملاحظه می‌گردد که تضادهای وظایفی بین وزارت جهاد کشاورزی و شرکت مدیریت منابع آب ایران در مقیاس بزرگ بر تعاملات در مقیاس کوچک (منطقه ای یا محلی) سایه افکنده است.

به عنوان نمونه، با مشاهده کاهش شدید سطح آب در دریاچه ارومیه و کاهش میزان بارندگی، وزارت کشاورزی تصمیم گرفت کشاورزان را به کاشت کلزا، از نوع محصول کم مصرف آب، تشویق کند تا ضمن حفظ فعالیت‌های کشاورزی، دریاچه را نیز احیا کند. با این حال، این طرح با شکست مواجه شد زیرا شرکت مدیریت منابع آب ایران نمی‌توانست آب کافی برای آبیاری تامین



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

کند، که منجر به از بین رفتن بذر و بهره‌وری پایین شد. علاوه بر این، بین داده‌های آماری در مورد مصرف آب جمع‌آوری شده توسط وزارت جهاد کشاورزی و داده‌های ارائه شده توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران اختلاف وجود دارد، که نشان می‌دهد وزارت جهاد کشاورزی به طور کامل قادر به کنترل مناسب بر بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب توسط برخی کشاورزان نیست. در این راستا، وزارت جهاد کشاورزی شرکت مدیریت منابع آب ایران را مسئول عدم نصب کنتور آب در مزارع می‌داند. از سوی دیگر، شرکت مدیریت منابع آب ایران انتظار دارد که وزارت کشاورزی از مزارع آزمایشی برای تعیین بهره‌وری و تقاضای آب انواع محصولات مختلف در منطقه برای ارائه داده‌های کشاورزی، از جمله مصرف آب، مناطق زمین‌های کشاورزی، و انواع محصولات کشت شده استفاده کند. علاوه بر این، شرکت مدیریت منابع آب ایران معتقد است که وزارت جهاد کشاورزی مسئول گسترش بیش از حد زمین‌های کشاورزی، بدون توجه به پتانسیل منابع آبی موجود است. این اختلافات مانع از همکاری‌های موفق در اداره فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از منابع آبی شده است که برای احیای دریاچه ارومیه لازم است. با این حال، تأسیس ULRP در سال 1392 تا حدودی موفق شد تا اختلافات و مشکلات مابین دو وزارت خانه را به سبب داشتن اختیارات اصلی تصمیم‌گیری در مورد مسائل احیای دریاچه، حل و فصل نماید.

به منظور کنترل برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، در سال 1389 مجلس شورای اسلامی حفر غیرقانونی چاه‌های آب کشاورزی را ممنوع کرد، اما در مواردی اجازه داد که چاه‌های آب غیرمجاز حفر شده قبل از سال 1385 مجاز شوند. پیش‌بینی می‌شد که این قانون از حفر بیشتر چاه‌های آب غیرمجاز جلوگیری نماید، اما در واقع، بسیاری از کشاورزان را بر آن داشت تا فوراً چاه‌ها را حفر کنند و ادعا کنند که این چاه‌ها قبل از سال 1385 حفر شده‌اند. نقص دیگر این قانون آن بود که مجازاتی برای حفر چاه‌های آب جدید پس از سال 1389 وضع نگردیده بود. بنابراین، تعداد چاه‌های غیرمجاز افزایش یافت. در بلندمدت، این شرایط ممکن است باعث شود کشاورزان دارای چاه‌های غیرقانونی تمایل یا انگیزه‌ای برای مشارکت رسمی در اقدامات حفاظتی که ممکن است مزیت نسبی آن‌ها را مختل کند، نداشته باشند، یا ممکن است در استراتژی‌های غیرقانونی و غیررسمی خود شرکت کنند. پس از تأسیس ULRP در سال 1392 محدودیت‌های سخت‌تری برای حفر چاه‌های آب غیرقانونی اعمال شد. با وجود این محدودیت‌های سختگیرانه، کنترل چاه‌های غیرقانونی وجود دارد، زیرا شناسایی آنها در مزارع دشوار است. دلیل این امر آن است که این چاه‌ها اغلب توسط ساختاری مثل شاخ و برگ پنهان می‌شوند. علاوه بر این، قانون و قوه قضائیه اجازه جستجو و ورود به املاک بدون مجوز لازم را منع کرده است. در نتیجه، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی از طریق چاه‌های غیرمجاز، به‌ویژه با کاهش شدید اخیر سطح آب دریاچه ارومیه، همچنان یک مشکل حیاتی اجتماعی



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

و هیدرولوژیکی است. بنابراین، ممکن است لازم باشد مقرراتی برای تعیین مسئولیت‌ها و هماهنگی سازمان‌های دولتی برای دستیابی به مدیریت موفق و وضع قوانین سختگیرانه‌تر در مورد بهره برداری بیش از حد از منابع آبی، که به نفع آحاد مردم نیست، ایجاد شود.

1- عوامل اجتماعی-اقتصادی

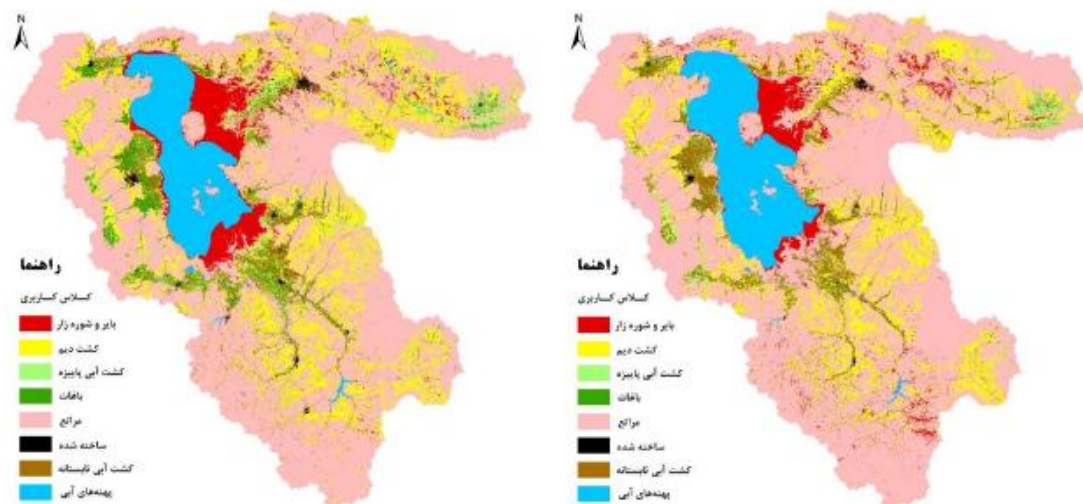
در ایران، کشاورزی زیربنای اصلی معیشت روستایی است و در طرح‌های توسعه روستایی، عموماً بخش اصلی یا تنها بخش اقتصادی در جوامع روستایی محسوب می‌شود. شاخص‌ترین ویژگی این نوع ساختار اقتصادی عدم تنوع فرصت‌های اقتصادی برای نیروی کار روستایی است. با این حال، کشاورزی یکی از ارزان‌ترین و کارآمدترین راه‌ها برای ایجاد فرصت‌های شغلی برای کارگران روستایی است، به‌ویژه زمانی که مشکلات و محدودیت‌هایی برای گسترش صنایع وجود دارد. این رابطه به هم پیوسته بین کمبود فرصت‌های اقتصادی و گزینه‌های کشاورزی ارزان‌تر، باعث تشدید مارپیچ مثبتی در گسترش فعالیت‌های کشاورزی در بسیاری از استان‌های روستایی ایران شده است که فشار اکولوژیکی را افزایش داده است. علی‌رغم نقش اساسی کشاورزی در اقتصاد روستایی ایران، بهبود قابل توجهی در وضعیت مالی کشاورزان حاصل نشده است و آنها قادر به دسترسی به مراکز صادرات و خرده‌فروشی محصولات خود نیستند. کشاورزان به ناچار سعی در جبران شرایط نامساعد معیشتی و اقتصادی خود با بهره برداری از منابع آبی و زمینی دارند. این امر، همراه با رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، منجر به مشکلات مختلف اجتماعی-اقتصادی و چالش‌های حیاتی زیست محیطی مرتبط شده است. به عنوان مثال، کل جمعیت کارگران فعال در میاندوآب که یکی از شهرهای مهم حوضه رودخانه زرنه رود محسوب می‌شود، از 52227 نفر در سال 1375 به 80515 نفر در سال 1385 افزایش یافته است. این در حالی است که جمعیت کشاورزان فعال تقریباً از 17000 به 31000 نفر در همان دوره افزایش یافته است. علی‌رغم مشکلات شدید زیست محیطی در حوضه دریاچه ارومیه، فعالیت‌های کشاورزی به حدی گسترده شده است که سطح زمین‌های کشاورزی به حداکثر ظرفیت خود رسیده است. تشدید برداشت آب کشاورزی، هم از منابع آب سطحی و هم از آب‌های زیرزمینی، از طریق سیستم‌های آبیاری منسوخ با راندمان پایین (به طور متوسط 33 درصد) منجر به کوچک شدن چندین رودخانه و خشک شدن دریاچه ارومیه شده است.

مقایسه وضعیت دریاچه ارومیه با دریاچه‌های مشابه در سایر کشورها حاکی از آن است که کشاورزی نقش بسیار مهمی در بحران آب این منطقه و خشک شدن دریاچه ایفا نموده است.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

تغییرات کاربری اراضی که از دو نقشه مربوط به تصاویر ماهواره LANDSAT5 تهیه شده برای سال های 1366 و 1386 مشخص می نماید که تا چه اندازه کشاورزی در این حوضه رشد داشته است. نقشه های حاصل مساحت هر یک از کاربری های اراضی مورد نظر در دو مقطع زمانی ارایه شده است. در خصوص تغییرات اراضی کشاورزی در سطح حوضه بطور کلی می توان اذعان نمود که سطح اراضی باغی و کشت آبی پاییزه حوضه به ترتیب به میزان 96 و 81 هزار هکتار افزایش و وسعت اراضی زیر کشت آبی تابستانه در سطح حوضه به مقدار 40 هزار هکتار کاهش یافته است.



شکل ۱- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۶۶ (راست) و ۱۳۸۶ (چپ)

جدول: مقایسه وسعت اراضی کاربری طی سال 1366 و 1386

نوع کاربری	1366	1386	درصد تغییرات
کشت آبی پاییزه	98217	179246	5.82
باغ	35113	131204	7.27
کشت آبی تابستانه	296805	256435	-6.13
اراضی دیم	690006	850749	3.23
آب	511233	433793	1.15
بایر و شوره زار	211623	260409	1.23
ساخته شده	20061	33165	3.65
مرتفع	3315276	3033325	-5.8

با توجه به آمارهای اشاره شده می توان به نقش عامل انسانی در بروز وضعیت امروز دریاچه ارومیه پی برد.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی، گسترش کشاورزی چالش‌های اجتماعی-اقتصادی مختلفی را در حوضه دریاچه ارومیه ایجاد کرده است. یکی از مشکلات اساسی این است که با توجه به رشد روزافزون جمعیت کشاورزان، تقسیم‌بندی‌های موجود در واحدهای موجود برای حمایت از کشاورزان جدید بیشتر شده است که باعث افزایش تعداد خرده‌مالک‌ها شده است. مزارع کوچک از نظر اقتصادی ناکارآمد هستند و مشکلات مالی را برای این خرده مالکان ایجاد می‌کنند. مطالعات میدانی و مصاحبه‌های انجام شده در پژوهش‌ها نشان داد که اکثر خرده مالکان حوضه دریاچه ارومیه زیر آستانه فقر زندگی می‌کنند. بدیهی است کشاورزان با شرایط نامناسب مالی بدون توجه به پیامدهای زیست محیطی، تلاش خواهند کرد تا زندگی بهتری داشته باشند. مصاحبه‌های صورت گرفته از کشاورزان نشان می‌دهد که اکثر کشاورزان یکی از دلایل وخامت اوضاع مالی خود را بالا بودن نرخ تورم اقتصادی عنوان کردند که باعث افزایش مخارج زندگی آنها شده است. تحریم‌های تجاری علیه ایران که تقریباً تمامی بخش‌های اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، باعث کاهش قابل توجه درآمدهای کشور، محدودیت در تجارت بین‌المللی، افزایش نرخ بیکاری و از همه مهم‌تر کاهش شدید ارزش پول ملی ایران (ریال) شده است. در نتیجه، رفاه کلی مردم ایران تحت تأثیر تحریم‌های اقتصادی قرار گرفته است. آمارهای اقتصادی حاکی از آن است که تغییرات شاخص قیمت مصرف کننده (CPI) و نرخ تورم اقتصادی در ایران بین سال‌های 1995، زمانی که دریاچه ارومیه در وضعیت سالم قرار داشت، و سال 1394 زمانی که دریاچه خشک شدن بحرانی نشان داده شده است ارتباط مستقیم را نشان می‌دهد. بنابراین در شرایط فعلی، کشاورزان خرده‌مالک در معرض مشکلات اقتصادی شدیدتری قرار دارند.

به عنوان نمونه ای از «تراژدی عمومی» به دلیل وخامت شرایط اقتصادی در منطقه، اکثر کشاورزان به کشت محصولات پرآب مانند چغندر قند و یونجه به دلیل قیمت‌های بالای این محصولات تمایل دارند. بدون توجه به پیامدهای احتمالی چنین تصمیماتی بر وضعیت کلی دریاچه ارومیه، در این شرایط سود بیشتر و تقاضای بیشتر بازار چه در داخل و چه در خارج از حوضه به عنوان مشوق کشاورزان عمل می‌کند که منجر به استفاده شدیدتر از آب‌های زیرزمینی برای آبیاری می‌شود. از سوی دیگر، انواع محصولات کم آب مصرفی مانند کلزا، ذرت و جو عموماً از سوی کشاورزان حوضه در اولویت نیستند، اگرچه این محصولات هزینه تولید پایینی دارند، کشت آسانی دارند و کشت آنها به احیای دریاچه ارومیه کمک می‌کند. به عبارت دیگر، رابطه بین خشک شدن دریاچه ارومیه و شاخص‌های اقتصادی داده شده با فشارهای اقتصادی که کشاورزان را به افزایش مصرف آب برای آبیاری انواع محصولات پرمصرف آب سوق می‌دهد، تعیین می‌شود. در طی مصاحبه‌ها، تقریباً همه کشاورزان اشاره کردند که یکی از مهم‌ترین دغدغه‌هایشان فروش محصولات کشاورزی است، به همین دلیل است که کشاورزان آسیب‌پذیر



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

از نظر مالی، در کشت محصولات پر آب احساس امنیت بیشتری می‌کنند. زیرا می‌دانند که می‌توانند تمام محصولات خود را بفروشند. تقاضای نسبتاً ضعیف‌تر برای انواع محصولات کم مصرف آب و تجارب گذشته عدم فروش این محصولات باعث می‌شود کشاورزان با مشکلات اقتصادی نسبت به کشت آنها احساس احتیاط و ناامنی کنند. یکی دیگر از مزایای اجتماعی-اقتصادی حاصل از کشت انواع محصولات پر آب این است که آنها به نیروی کار بیشتری نیاز دارند، بنابراین کشاورزان می‌توانند با استفاده از نیروی کار خانگی در مزارع خود، بیکاری اعضای خانواده را برطرف کنند. با توجه به دلایل ذکر شده، حوزه کشاورزی یونجه و چغندرقد در سال‌های اخیر به طور قابل توجهی گسترش یافته است که یکی از عوامل اصلی کوچک شدن دریاچه ارومیه محسوب می‌شود. همانطور که ذکر شد در ساختار اقتصادی روستایی بیشتر مردم به کشاورزی مشغول هستند. یکی از پیامدهای منفی بلندمدت وابستگی شدید معیشت مردم روستایی به کشاورزی این است که کشاورزان ممکن است هیچ استراتژی مدیریتی را که حقوق آب یا سود بالقوه کشاورزی آنها را کاهش دهد، نپذیرند. در مصاحبه‌ها، کشاورزانی که مشکلات مالی را تجربه می‌کردند، ادعا کردند که بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی تا حد ویرانی، برای حمایت از معیشت نامناسب فعلی‌شان موجه است. علاوه بر این، بسیاری از کشاورزانی که در تجهیزات کشاورزی به منظور کشت انواع محصولات پر آب سرمایه‌گذاری کرده‌اند، نگران بازگشت سرمایه خود هستند. اکنون مسئولان در تلاش هستند تا به عنوان راهکاری برای احیای دریاچه ارومیه، آنها را به کشت انواع محصولات کم مصرف ترغیب کنند. در این شرایط اجتماعی-اقتصادی، آشکار است که اکثر کشاورزان به ویژه خرده مالکان نسبت به خشک شدن یا احیای دریاچه ارومیه بی تفاوت خواهند بود. اگرچه اقدامات مثبت در جهت کاهش مصرف آب در کشاورزی (مانند جلوگیری از بهره‌برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی و سطحی، تغییر الگوی کشت و بهبود راندمان آبیاری) قطعاً به مدیریت مؤثرتر دریاچه ارومیه کمک می‌کند، اما پیامدهای اجتماعی و اقتصادی چنین اقداماتی به طور کلی در مسیر احیا نادیده گرفته شده است. به عنوان مثال، چند اقدام در راستای احیای دریاچه که در تعارض با وضعیت معیشتی کشاورزان است پیشنهاد شده ه این نقشه راه عبارت است از:

➤ سلب مجوز حق آبه از کشاورزان با ارزش معادل 500 میلیون مترمکعب آب در سال

و

➤ کاهش مناطق کشاورزی به میزان 20000 هکتار برای صرفه جویی 300 میلیون مترمکعب آب در سال.

اجرای چنین اقداماتی با افزایش نرخ بیکاری، تنش های اجتماعی و مهاجرت همراه بود مگر اینکه کشاورزان بتوانند فرصت های شغلی جایگزینی برای جبران درآمد از دست رفته خود از کشاورزی پیدا کنند.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

2- آگاهی کشاورزان

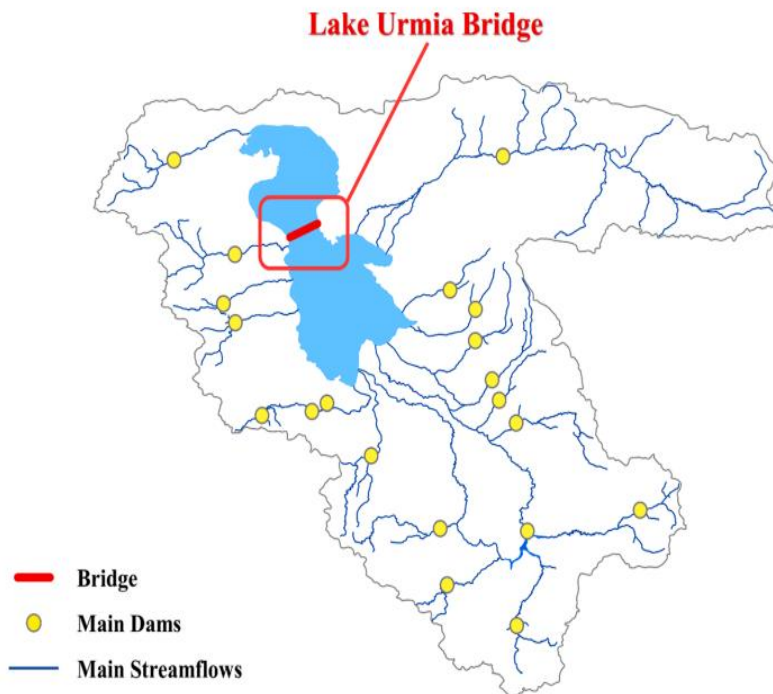
برای دستیابی به همکاری مطمئن و پایدار بین کشاورزان و مسئولان در احیای دریاچه ارومیه، کشاورزان باید از اطلاعات کافی برخوردار باشند و از اهداف آن آگاهی کافی داشته باشند. با این حال، مصاحبه از کشاورزان چندین باور غلط و شایعات را در بین بسیاری از کشاورزان حوضه دریاچه آشکار می‌سازد. سطح پایین آگاهی باعث شده است که اکثر کشاورزان نقش ناچیزی در خشکی و احیای دریاچه ارومیه برای خود قائل شوند. چهار دلیل اصلی برای این طرز فکر وجود دارد که در زیر به اختصار به آن پرداخته می‌شود.

اولین دلیل خاطرات گذشته است. برخی از کشاورزان بر این عقیده‌اند که چون قبلاً آب فراوانی در این حوضه وجود داشت، بنابراین دوباره فراوانی وجود خواهد آمد. به اعتقاد کشاورزان پرآب بودن یکی از ویژگی‌های اصلی منطقه است. کشاورزان دیگر به خشک شدن چرخه ای دریاچه ارومیه اشاره کردند که از اجداد خود شنیده بودند. بنابراین، کوچک شدن کنونی دریاچه یک گام طبیعی در یک فرآیند چرخه‌ای است که کشاورزان معتقدند برای احیای سطح آب دریاچه ارومیه نیازی به تغییر نوع محصول برای کشت یا کاهش مصرف آب آبیاری خود نیست.

دلیل دوم ساخت و سازهای انسانی در داخل دریاچه ارومیه است. بر این اساس، اعتقاد بر آن است که ساخت پل دریاچه ارومیه در سال 1387 برای اتصال آذربایجان غربی به آذربایجان شرقی باعث کوچک شدن دریاچه شده است. برخی از کشاورزان معتقدند که چشمه‌های داخل دریاچه که بخش قابل توجهی از آب دریاچه را تامین می‌کند، در حین ساخت پل مسدود شده و دریاچه ارومیه را از یکی از منابع اصلی ورودی آن محروم کرده است. برخی دیگر معتقد بودند که فشار وارد شده توسط ماشین‌های بیل مکانیکی یا سایر تجهیزات سنگین در حین ساخت پل، حفره‌هایی در بستر دریاچه ایجاد می‌کند که باعث از دست رفتن آب دریاچه به غارهای زیرزمینی می‌شود. شایان ذکر است دریاچه ارومیه توسط بزرگراه شهید کلانتری که برای تسهیل ارتباط بین شرق (شهر تبریز) و غرب (شهر ارومیه) دریاچه ساخته شده است، به بخش‌های جنوبی و شمالی تقسیم می‌شود. این پروژه در سال 1377 آغاز شد. آمارها نشان می‌دهند یک تطابق بین تاریخ بهره برداری از شاهراه و کاهش سطح آب زیر سطح متوسط آب (۱۲۷۵.۵ mmsl) وجود دارد. اگرچه، مطالعات شبیه سازی (زین الدینی و همکاران، ۲۰۰۹) ادعا می‌کنند که شاهراه تاثیر قابل توجهی بر جریان دریاچه و رژیم شوری ندارد. با این حال، مطالعات بیشتری برای تایید این نتایج مورد نیاز است



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه



دلیل سوم انتظارات از مسئولان است. بر اساس مصاحبه ها، برخی از کشاورزان معتقد بودند که توسعه و پیشرفت و امور مربوطه باید بر عهده دولت باشد نه کشاورزان. این کشاورزان مسئولین را مقصر مدیریت نادرست دانستند و آنها را مسئول خشکی و احیای دریاچه ارومیه دانستند. از این رو، آنها از مسئولان خواستند تا بدون مزاحمت کشاورزان، برای احیای دریاچه مداخلات مؤثری انجام دهند. کشاورزان در این مصاحبه ها گزینه های مختلفی از جمله استفاده از تکنیک های بارورسازی ابرها، توقف کاهش حق آبه، انتقال آب از حوضه های دیگر و توزیع کمک های اقتصادی به کشاورزان را به عنوان راهکارهایی که دولت باید برای احیای وضعیت دریاچه به کار گیرد، ذکر کردند.

چهارمین و آخرین دلیل، نبود دانش کافی کشاورزی است. ULRP استراتژی های مدیریتی را اجرا کرد که کشاورزان را ملزم به روی آوردن به کاشت انواع محصولات کم مصرف آب کرد، اما برخی از کشاورزان دانش یا مهارت های کشاورزی برای کاشت محصولات ناآشنا را ندارند. بنابراین، کشاورزان باید در کاشت، نگهداری و برداشت محصولات جدیدی که از آنها خواسته شده است آموزش ببینند و به آنها کمک شود. غیر این صورت، کشاورزان بدون آموزش کشاورزی ممکن است بر این باور باشند که درگیر شدن در فعالیت های حفاظت از آب فراتر از توانایی آنها است. در مجموع، آموزش کشاورزان به منظور افزایش دانش کشاورزی و آگاهی آنها از فرآیندهای زیست محیطی حوضه دریاچه ارومیه ضروری است. بدیهی است که کشاورزان با کمبود



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

اطلاعات مناسب، به ویژه در مورد تأثیرات فعالیت‌های خود، ممکن است در برابر همکاری با مسئولان مقاومت کنند و تصمیمات کشاورزی نامناسبی را اتخاذ کنند که با استراتژی‌های احیای دریاچه مقابله کند.

برخی از برنامه‌های آموزشی توسط سازمان‌های غیر دولتی و ULRP در سال‌های اخیر وجود داشته است که تأثیرات مثبتی بر هنجارهای اجتماعی در مورد حفظ آب در کشاورزی داشته است. با این حال، مصاحبه‌ها نشان داد که احساس رقابت برای آب آبیاری باعث شده است که اکثر کشاورزان هنجارهای متناقضی در مورد مشارکت در اقدامات صرفه جویی آب داشته باشند. رقابت شدید بین کشاورزان در استفاده بیشتر از آب برای آبیاری، آنها را از مشارکت در هر گونه همکاری با کشاورزان همسایه اجتناب ناپذیر کرده است. این رقابت طولانی مدت عمده‌تاً بر اهمیت حفظ منابع آب و احیای دریاچه ارومیه برتری دارد.

علاوه بر این، کشاورزان حوضه دریاچه ارومیه عمده‌تاً آنچه را که در مزارع همسایه مشاهده می‌کنند در تصمیم‌گیری کشاورزی خود در نظر می‌گیرند که ممکن است با نگرش رقابتی آنها مرتبط باشد. برای کشاورزان، به‌ویژه خرده‌مالک‌ها، این امر ممکن است از اهمیت تغییرات در مقیاس بزرگ با اثربخشی تدریجی در فعالیت‌های کشاورزی، مانند تغییر به محصولات کم مصرف آب یا افزایش روش‌های آبیاری، بکاهد. علاوه بر این، از آنجایی که شرایط اقتصادی نامطلوب فشار بیشتری را بر کشاورزان تحمیل می‌کند، ممکن است خود را مجبور به استفاده از منابع طبیعی بدون توجه به اثرات زیست محیطی کنند. در این مرحله، یک کشاورز انفرادی ممکن است تصمیم بگیرد که یک چاه آب حفر کند تا آب بیشتری برای آبیاری به دست آورد، محصولاتی را که پرمصرف آب هستند بکارد تا سود بیشتری کسب کند، یا زمین کشاورزی کشاورزی خود را تا حداکثر مساحت خود گسترش دهد. از آنجایی که این تغییرات کشاورزی توسط کشاورزان منفرد به تدریج اتفاق می‌افتد و تأثیرات آنها بر سیستم‌های زیست محیطی در بلندمدت ظاهر می‌شود، عمده‌تاً در استراتژی‌های مدیریت نادیده گرفته شده‌اند. طی سال‌های اخیر، افزایش برداشت غیرمجاز آب، گسترش بی‌رویه زمین‌های کشاورزی و کشت محصولات پر آب از جمله چغندر قند و یونجه به تدریج در بین کشاورزان حوضه دریاچه ارومیه رواج یافته است. این نمونه‌ای از ظلم تصمیمات کوچک است که در آن تأثیرات تجمعی تغییرات آهسته در فعالیت‌های کشاورزی توسط کشاورزان منفرد باعث شده است که فعالیت‌های کشاورزی به دلیل اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه تبدیل شود. به عبارت دیگر، وضعیت فعلی دریاچه حاصل تعاملات میان افراد مختلف است که اغلب تنها بر حوزه زمانی و مکانی خود در تصمیم‌گیری‌های خود در مورد استفاده از آب تمرکز می‌کنند و به جنبه‌های گسترده‌تر اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی توجهی ندارند. در این زمینه، سیاست‌های مدیریت آب در سطح جامعه با تمرکز بر گروه افراد و همکاری آن‌ها در مقیاس بزرگ ممکن است کارایی پایینی داشته باشد. در عوض، به کارگیری سیاست‌های



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

سطح فردی که به طور مستقل به نفع کشاورزان است، پتانسیل بالاتری برای تغییر مسیر تکاملی مشترک آب و مردم در جامعه داده شده خواهد داشت.

مشارکت عمومی در برنامه ریزی و اجرای اقدامات مدیریتی

دریاچه ارومیه هم اکنون به دلایل طبیعی و انسانی در وضعیت بحرانی قرار دارد که منجر به بی ثباتی اقتصادی، اجتماعی و سیاسی شده است. با توجه به نقش متقابل عوامل متعدد، مشارکت مردم روستا در فرآیند سیاست گذاری، برنامه ریزی و اجرای تصمیمات برای تضمین موفقیت ضروری است. در این راستا، توسعه پایدار روستایی در حوضه بر اساس برابری اجتماعی و تعادل اکولوژیکی ضروری است. گزارش کمیسیون جهانی محیط زیست نشان می دهد که توسعه پایدار به عنوان استفاده از منابع طبیعی برای تامین نیازهای انسان بدون به خطر انداختن نیازهای نسل های آینده را شامل می شود. توسعه پایدار در مقیاس ملی مستلزم مشارکت روستایی، شهری و منطقه ای در پروژه های توسعه است. کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد محیط زیست انسانی (1973) اهمیت مشارکت و مسئولیت پذیری مردم محلی و مقامات ملی را در سیاست گذاری زیست محیطی برای افزایش شانس موفقیت در پروژه ها برجسته کرد. مشارکت عمومی موضوعی پیچیده است و ممکن است انواع مختلفی از مشکلات را در فرآیند توسعه ایجاد کند. با این حال، مزایای مشارکت عمومی از طریق کمک به دولت برای تامین بودجه پروژه ها، بهبود و اصلاح مصرف منابع طبیعی، دستیابی به نتایج پایدارتر، تسریع در اجرای پروژه ها و غیره بیشتر از مشکلات است.

برای توسعه پایدار در سطح روستایی، کشاورزان باید نسبت به منابع طبیعی احساس مسئولیت کنند و به دنبال حفظ آنها باشند، گفتگوی فعالی بین خود در مورد مشکلات حیاتی زیست محیطی انجام دهند و در برنامه های احیا شرکت کنند. نادیده گرفتن مشارکت، نظرات و دغدغه های مردم محلی در مرحله برنامه ریزی و اجرای استراتژی های مدیریتی که معیشت آنها را تحت تأثیر قرار می دهد، می تواند منجر به بحران های شدید اجتماعی، زیست محیطی، اقتصادی و دولتی شود. در دهه های اخیر، نظام حاکمیتی حوضه دریاچه ارومیه عمده تاً در پروژه های عمرانی سرمایه گذاری کرده و راهبردهای مدیریت منابع آب را اجرا کرده است که بی توجهی به مردم محلی به ویژه کشاورزان را متأثر کرده است. این امر باعث شده است که کشاورزان احساس حاشیه نشینی کنند و تعهد ناچیزی نسبت به برنامه های دولت داشته باشند. نگرش کشاورزان نسبت به هرگونه تغییر در حق آبه خود به طور قابل توجهی تحت تأثیر عملکرد و سیاست گذشته دستگاه های دولتی در خصوص حوضه دریاچه ارومیه است. به طور کلی، اکثر کشاورزان مصاحبه شده نسبتاً از شرایط ایجاد شده توسط سازمان های دولتی ناراضی بودند و خواهان



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

تغییرات قابل توجهی بودند. این به این دلیل بود که کشاورزان تجارب نامطلوب بسیاری از مقامات، مانند عملکرد ناکارآمد و عدم پایبندی به وعده های خود به کشاورزان داشتند. در نتیجه حتی برخی از اقدامات سودمند این ادارات از سوی کشاورزان نادیده گرفته شد و آنان احساس کردند که مسئولان عموماً به دغدغه ها و مشکلات کشاورزان توجهی ندارند. بی اعتمادی کشاورزان به مقامات زمانی تشدید شد که آنها مشاهده کردند که برخی از مقامات محلی اقدامات حفاظت از آب را که بر کشاورزان در زمین های کشاورزی خودشان تحمیل می کردند، رعایت نمی کنند.

با تمام این تجربیات نامطلوب، کشاورزان حوضه دریاچه ارومیه نسبت به برنامه ریزی و راهبردهای مدیریتی که توسط مسئولان اجرا می شود بدون اینکه نظر و نگرانی کشاورزان را جویا شوند، تردید داشتند. بر اساس اظهارات کشاورزان در طول مصاحبه، اکثر آنها از اهمیت منابع آب برای معیشت خود آگاه بودند و از هرگونه استراتژی مدیریتی جدیدی که با کاهش حق آب خود برای تغذیه دریاچه ارومیه بر کشاورزی تأثیر می گذاشت، بیم داشتند. با این حال، آنها اشاره کردند که تنها در صورتی می توانند با استراتژی های مدیریت منابع آب همکاری کنند که حقوق آب آنها دست نخورده باقی بماند. در غیر این صورت، در برابر هرگونه همکاری مضر مالی با مقاماتی که به آنها اعتماد ندارند، مقاومت خواهند کرد. این مشکلات ریشه ای بین کشاورزان حوضه دریاچه ارومیه و ارگان های دولتی مانع از همکاری های بالقوه مولد می شود که می تواند برای کشاورزان مفید باشد، از طریق ایجاد کشاورزی پایدار و دریاچه ارومیه از طریق افزایش ورودی آب برای بازیابی سطح آب آن.

این عوامل نشان دهنده نیاز به بستری است که در آن مردم محلی و دولت با یکدیگر برای رسیدن به اهداف توسعه پایدار همکاری کنند. بنابراین، به عنوان اولین گام برای دستیابی به نتایج کارآمدتر و پایدار، مقامات باید نظرات و نگرانی های کشاورزان را هنگام برنامه ریزی استراتژی های مدیریت آینده اولویت بندی کنند. این امر به وضوح نیاز به سرمایه گذاری اساسی در هماهنگی چند سازمانی، توسعه زیرساخت ها و آموزش عمومی دارد.

بنابراین احیای دریاچه ارومیه مستلزم تلاش های مشترک بین اقتصاددانان اجتماعی، محیط بانان، سیاستمداران، کشاورزان محلی و سایر ذینفعان منطقه است. هر گونه طرح در احیا محکوم به شکست است مگر اینکه محدودیت ها و دیدگاه های این گروه از ذینفعان به طور کلی در نظر گرفته شود. هنگامی که چنین طرحی به دست آمد، باید توسط همه ذینفعان تأیید شود تا از انطباق قوانین و پایداری سیستم بلند مدت اطمینان حاصل شود.

تضادهای تخصیص و توزیع آب



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

چالش‌های متعددی برای ذخیره‌سازی و تامین منابع آب حوضه دریاچه ارومیه وجود دارد که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از تعارض‌های بین سیاست‌گذاران ناشی می‌شود. یکی از بحرانی‌ترین مناقشات، اختلاف نظر در مورد تخصیص و توزیع منابع آب بین وزارتخانه‌های دولتی است. در مرحله برنامه ریزی تخصیص آب برای هر حوضه در ایران، منابع آب تجدیدپذیر و تقاضای آب برآورد شده و به عنوان مبنایی برای پروژه‌های آبی آینده هر استان مورد استفاده قرار می‌گیرد تا ارزیابی شود که آیا مصرف آب می‌تواند افزایش یابد یا خیر. بنابراین هرگونه مغایرت بین حریم سیاسی یک استان با محدوده زیرحوضه‌های آبی ممکن است باعث بروز اختلافاتی شود. حوضه آبریز دریاچه ارومیه شامل بخش‌هایی از استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان است. به گفته ستادهای تخصصی ULRP مصاحبه شده، مقامات کردستان معتقدند که بیشتر آب نزولات جوی حوضه دریاچه ارومیه از مناطق کوهستانی واقع در محدوده استان کردستان تامین می‌شود. از آنجایی که کردستان نسبت به سایر استان‌ها به تامین آب مورد نیاز برای احیای دریاچه ارومیه به میزان قابل توجهی بالاتر خواهد بود، مقامات کردستان انتظار دارند که شایستگی تخصیص منابع آبی بیشتر باشد. از سوی دیگر مسئولان آذربایجان غربی معتقدند که خشک شدن دریاچه ارومیه آسیب‌های بیشتری را در استان آنها وارد می‌کند. آنها همچنین ادعا می‌کنند که توسعه صنعتی بیشتری نسبت به کردستان دارند، بنابراین انتظار دارند منابع آبی بیشتری به آنها اختصاص یابد. اختلاف نظر در ضوابط تخصیص منابع آب که ممکن است به عنوان «فاجعه مشترک» تلقی شود، باعث ایجاد درگیری شدید بین مسئولان استانی و وزارت نیرو شده است، زیرا طرح‌های مرتبط با آب در آذربایجان غربی بیش از سهم اختصاص یافته خود از منابع آبی مصرف کرده‌اند، در حالی که کردستان از همه سهم خود استفاده نکرده است این تضادها در درازمدت می‌تواند تأثیرات پیشگیرانه‌ای بر همکاری موفق کردستان با سایر استان‌ها در زمینه چالش‌های منابع آب و احیای دریاچه ارومیه داشته باشد. یک تعارض مدیریتی در سطح بالا که دریاچه ارومیه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مربوط به بهره‌برداری از مخزن است. شرکت مدیریت منابع آب ایران مسئولیت مدیریت سد در ایران را بر عهده دارد و میزان آبی که باید در مخازن باید در برخی از نقاط رهاسازی آب مختلف رها شود را تعیین می‌کند. یکی از اولویت‌های اصلی سدها در مناطق کشاورزی، ذخیره آب تا حد امکان برای استفاده در آبیاری در فصول خشک است. برای به حداکثر رساندن مقدار آب ذخیره شده، مخازن باید در برخی از نقاط رهاسازی آب خود را کاهش دهند که این امر بر محیط‌های آبی پایین دست (مثلاً دریاچه ارومیه) تأثیر می‌گذارد. با این حال، ULRP که وظیفه احیای دریاچه ارومیه را بر عهده دارد، عمدتاً نگران میزان آب ورودی به دریاچه است. بنابراین، شرکت مدیریت منابع آب ایران و ULRP تضاد منافع دارند. از آنجایی که بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز برای احیای دریاچه ارومیه در یک



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

برنامه زمانی مشخص از مخازن رهاسازی می شود، بنا به گفته کارکنان متخصص مصاحبه شده ULRP، اغلب در مورد حجم و زمان رهاسازی آب از مخازن بحث وجود دارد. به طور کلی بحث در اواخر زمستان تشدید می شود زیرا بهترین زمان برای رهاسازی آب از مخازن است زیرا نیازی به آبیاری و برداشت از آب رها شده وجود ندارد و احتمالاً بیشتر آن به دریاچه می رسد. علاوه بر این، میزان تبخیر در فصل زمستان کمترین میزان است. اما رهاسازی آب بیشتر با تقاضای ULRP در مواقعی که نیاز آبی قابل توجهی وجود ندارد و ذخیره آب با تقاضای شرکت مدیریت منابع آب ایران در مواقعی که کشاورزان تا حد امکان به آب نیاز دارند، باعث نارضایتی اجتماعی شده است. وقتی کشاورزان از کمبود منابع آب شکایت دارند، شرکت مدیریت منابع آب ایران ULRP را مقصر این وضعیت می داند. در نتیجه، کشاورزان ممکن است نسبت به ULRP احساس نارضایتی عمیقی داشته باشند، که باعث می شود نگرش منفی و مقاومت نسبت به استراتژی های مدیریت اجرا شده توسط ULRP داشته باشند. تشدید این پیامدها و نارضایتی از ULRP در طول زمان مانع از احیای دریاچه ارومیه خواهد شد.

راه حل های کلان مدیریت بحران آب در حوزه دریاچه ارومیه

با توجه به موارد بیان شده مشخص است که عوامل متعددی در بروز تنش آبی و خشکی دریاچه ارومیه نقش دارد. در این راستا، لازم است راهکارهای علمی مهم در این راستا تدوین گردد تا وضعیت بحران آبی در این منطقه مدیریت شود.

➤ هم ارزی متناسب بین مزایا و هزینه ها

باید تعادل قابل قبولی بین تخصیص منافع حاصل از منبع به تناسب تلاشی که مردم برای حفظ و برداشت از منبع انجام می دهند وجود داشته باشد. توزیع ناعادلانه مزایا و هزینه ها بین کاربران می تواند منجر به عدم اعتماد و کاهش تمایل به انطباق قوانین در بلند مدت شود. در محدوده مورد مطالعه، کشاورزان بالادست و پایین دست جریان اصلی متصل به دریاچه ارومیه دسترسی متفاوتی به منابع آبی دارند که منجر به نتایج ناعادلانه می شود. برای پرداختن به این موضوع، می توان تغییراتی در قیمت مصرف آب ایجاد کرد که منعکس کننده ناهمگونی هایی مانند دسترسی نامتقارن به آب و تغییرات در سطح زیر کشت برای کشاورزی در بین کشاورزان است، در مقابل هزینه ثابت فعلی 3 درصد از ارزش اقتصادی محصول برای همه کشاورزان صرف نظر از تفاوت هایشان برداشته شود.

➤ ترتیبات انتخاب جمعی

افرادی که تحت تاثیر تمهیدات حاکمیتی قرار می گیرند باید بتوانند در ایجاد و اصلاح قوانین مشارکت کنند. کاربران منابع محلی به دلیل دانش محلی خود بهتر می توانند قوانینی که ایجاد کرده اند را با شرایط محلی تنظیم کنند. علاوه بر این، قوانینی



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

که توسط ذینفعان محلی طراحی می شوند، اغلب مورد توجه و تبعیت دقیق تری توسط آن ها قرار می گیرند. در مقابل، هنگامی که قوانین از بالا به پایین دیده می شوند و توسط نخبگان تحمیل می شوند، احتمال کمتری وجود دارد که کشاورزان و افراد آن منطقه از آن ها پیروی کنند. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه، عدم مشارکت فعال کشاورزان محلی در برنامه ریزی و اجرای اقدامات مدیریتی یک منطقه اولویت دار است که باید مورد توجه قرار گیرد تا آن ها را به همکاری در اقدامات حفاظت از آب متمایل کند.

➤ نظارت

برای اطمینان از انطباق قوانین و پاسخگویی در میان کاربران منابع، کارآمدتر است که افراد محلی مستقیماً به عنوان ناظر درگیر شوند. تصور بر آن است که چنین نظارت های فعالی در بررسی شرایط بیوفیزیکی و رفتار کاربران نقش دارند. با این حال، در حوضه دریاچه ارومیه، پایش به ندرت انجام می شود یا بی اثر است. اگرچه کشاورزان محلی تمایل دارند مصرف آب کشاورزان همسایه خود را رصد نمایند، این مشاهده عمدتاً منجر به رفتار رقابتی مصرف آب نسبت به موارد دیگر می شود، به عنوان مثال، اگر همسایه من آب بیشتری مصرف کند، پس من می خواهم رقابتی باشم و حتی از آب بیشتری استفاده کنم. برخی از کشاورزان همچنین مشاهده می کنند که مقامات محلی خود اقدامات صرفه جویی در مصرف آب را رعایت نمی کنند و این باعث می شود آنها کمتر تمایلی به رعایت قوانین داشته باشند. برای پرداختن به این مسائل، مکانیسم های تشویقی برای تشویق کشاورزان به ناظران مؤثر مورد نیاز است، به عنوان مثال، مجازات متخلفان قوانین (کسانی که چاه های غیرقانونی دارند یا آب بیشتری از حقوق تخصیص داده شده استخراج می کنند) و به ناظرانی که متخلفان قوانین را دستگیر می کنند با پرداخت مستقیم بخشی از جریمه های جمع آوری شده پاداش دهند.

➤ مکانیسم های حل تعارض

هدف مکانیسم های حل تعارض فراهم کردن دسترسی به فرصت های محلی کم هزینه و سریع برای حل تعارضات بین کاربران یا بین کاربران و مقامات است. این مکانیسم حل برای ایجاد نظم و اعتماد در سیستم حاکمیتی حیاتی است. در مورد دریاچه ارومیه، درگیری های قومیتی بین آذری ها و کردها مانع از تلاش های بازسازی می شود. سازوکار حل تعارض کم هزینه بین مردم آذری و کرد، مانند شورای چند قومیتی با قدرت متعادل که می تواند قضاوت عادلانه ارائه دهد، می تواند در این زمینه مفید باشد.

➤ شرکت های تو در تو



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

برای سیستم‌های منابع در مقیاس بزرگ، ممکن است لازم باشد که سیستم‌های حکمرانی توزیع شده و تودرتو در سطوح مختلف، به عنوان مثال چند مرکزیت که باعث ایجاد مراکز مختلف همپوشانی حاکمیت و اختیار در سطوح مختلف می‌شود. سیستم‌های چندمرکزی بر برخورد با مشکلات در سطح مناسب و حصول اطمینان از اینکه همه طرف‌هایی که کنترل بر نتایج را دارند، تأکید دارند. این ساختار حکمرانی ممکن است به این معنا باشد که برخی از مشکلات اقدام جمعی به صورت محلی مورد توجه قرار می‌گیرند، در حالی که برخی دیگر در سطح منطقه ای یا ملی بررسی می‌شوند. در مورد دریاچه ارومیه، ULRP می‌تواند قدرت را به سازمان‌های سطح جامعه برای ایجاد یک سیستم چند مرکزی تفویض کند. به عنوان مثال، ULRP می‌تواند مسائل سطح بالایی مانند تصمیم‌گیری در مورد تخصیص حقوق آب و حل و فصل اختلافات در مورد حقوق آب در سطح زیرحوضه را انجام دهد. در همین حال، سازمان‌های سطح جامعه می‌توانند وظایف نظارتی و ایجاد قوانین خاص محلی مرتبط با توزیع آب را رهبری کنند. به طور خلاصه، بینش‌های مانع اجتماعی-هیدرولوژیکی شناسایی شده در این مطالعه و اصول طراحی فوق‌نشان می‌دهد که همکاری انسانی و حکمرانی موثر آب برای رفتار تعاونی، کلید مبارزه با خشکسالی انسانی در منطقه دریاچه ارومیه است. این بینش‌ها می‌تواند توسط سیاست‌گذاران برای تجدید نظر در اقدامات و ساختارهای حاکمیتی موجود و برنامه ریزی سیاست‌های آینده برای احیای دریاچه مورد استفاده قرار گیرد. حاکمیت آب همیشه نتیجه کشمکش بین منافع مختلف است و نتایج نهایی احتمالاً به نفع برخی گروه‌ها و به ضرر گروه‌های دیگر است. موفقیت و شکست گروه‌های مختلف دخیل در طراحی حاکمیت آب و تلاش برای حوضه دریاچه ارومیه باید در مطالعات آتی مورد ارزیابی قرار گیرد. در نهایت، علی‌رغم منحصر به فرد بودن برخی از چالش‌های شناسایی شده در حوضه دریاچه ارومیه (مانند وضعیت اقتصادی، اختلافات قومیتی)، موضوعات زمینه‌ای و بینش‌های برجسته شده در این مطالعه ممکن است درس‌هایی را برای محققان و سیاست‌گذارانی که برای مقابله با چالش‌های مشابه مدیریت آب در سایر نقاط جهان تلاش می‌کنند ارائه دهد.

راه‌حل‌های اصولی در راستا احیای دریاچه ارومیه

سه راه حل اصلی توسط مطالعات تجربی در راستای مدیریت عوارض خشکی دریاچه ارومیه و حل این بحران مورد بررسی قرار گرفته است.

✓ نمک زدایی

✓ انتقال آب بین حوضه ای (به ویژه انتقال آب از دریای خزر)

✓ رهاسازی آب از سدها به رودخانه‌های ورودی



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

دو روش اصلی نمک‌زدایی برای نمک‌زدایی آب دریاچه در نظر گرفته شده‌اند، اسمز معکوس (RO) و تقطیر فلش چند مرحله‌ای (MSF) است. در حالی که این فناوری‌ها معمولاً برای تولید آب شیرین برای مصارف تجاری و آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، این امکان نیز وجود دارد که از چنین فناوری‌هایی برای کاهش شوری آب شور استفاده شود، یعنی آب را حذف کرده، املاح را حذف کرده و سپس آب با شوری پایین را به پهنه آب بازگردانده شود.

اسمز معکوس یک فرآیند جداسازی غشایی است که آب را با ایجاد یک فشار اسمزی بیش از فشار اسمزی آب دریا، از آن جدا می‌کند. ایالات متحده آمریکا به‌عنوان یکی از کشورهای بزرگی که از این تکنولوژی برای تصفیه آب دریا، آب لب‌شور و آب‌های سطحی استفاده می‌کند شناخته می‌شود. ممبران اسمز معکوس از عبور نمک از درون خود ممانعت کرده و تنها به آب اجازه عبور می‌دهد. در نتیجه آب دریا پس از تصفیه به دو بخش آب شیرین‌تر و آب شورتر تقسیم می‌شود.

تحت فشار قرار دادن آب دریا برای شیرین‌سازی نیاز به انرژی بالایی دارد؛ چراکه فشار ایجادشده بایستی بیش از فشار اسمزی آب دریا بوده و هر چه شوری آب بیشتر باشد نیاز به ایجاد فشار، بالاتر و در نتیجه مصرف انرژی بالاتر است. در تصفیه آب لب‌شور که شوری آب کمتر است، استفاده از روش تصفیه و شیرین‌سازی به کمک فیلتر RO می‌تواند بهترین انتخاب باشد. فشار اعمال‌شده در فرآیند اسمز معکوس برای تصفیه آب دریا چیزی در حدود ۸۰-۵۴ بار و برای آب لب‌شور در حدود ۲۵-۱۵ بار است. از آنجاکه شورابه ایجادشده در فرآیند اسمز معکوس بسیار غلیظ است، نرخ بازیابی آب در این فرآیند پایین بوده و چیزی در حدود ۴۰٪ است.

بسیاری از هدر رفت انرژی در فرآیندهای اسمز معکوس ناشی از رهاسازی شورابه دارای فشار بالاست؛ بنابراین سیستم‌ها و واحدهای بزرگ تصفیه آب صنعتی دریا به روش RO امروزه با ابزارهایی جهت بازیابی انرژی فشرده‌سازی مکانیکی از جریان شورابه تجهیز شده‌اند که می‌تواند کارایی این سیستم‌ها را تا ۹۵٪ افزایش دهد. در این واحدها انرژی لازم برای شیرین‌سازی آب دریا چیزی در حدود ۹ کیلوژول به ازای یک کیلوگرم آب تولیدی است.

سیستم‌های اسمز معکوس به pH، اکسایندها، ترکیبات مختلف آلی، جلبک‌ها و باکتری‌ها حساس‌اند؛ بنابراین پیش تصفیه آب دریا یک امر ضروری است و تأثیر بسزایی بر هزینه نهایی استفاده از سیستم‌های تصفیه اسمز معکوس دارد.

تقطیر چند مرحله‌ای یا Multi-stage flash distillation یکی از اصلی‌ترین و رایج‌ترین روش‌ها برای شیرین‌سازی آب دریا می‌باشد که در آن آب در دمای ۹۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار می‌گیرد. به طور خلاصه روند تصفیه آب شور با این روش را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

- (1) آب شور دریا وارد مخازنی با دمای 90 تا 120 درجه سانتی گراد میشوند.
 - (2) پس از حرارت دهی آب وارد گام بعدی یعنی کاهش شدید فشار شده و عمل تبخیر سریع به صورت فلاشینگ رخ می دهد.
 - (3) در پی عمل تبخیر سریع، قطرات آب روی لوله های مبدل حرارتی چگالیده شده و وارد مرحله بعد یعنی کاهش زیاد فشار خواهد شد.
 - (4) به دلیل کاهش فشار هوا، مجدد تبخیر سریع رخ می دهد.
- با توجه به نوع آب و میزان نمک موجود در آن، تعداد مراحل تکرار بین فرآیند 4 تا 40 مرتبه خواهد بود. لازم به ذکر است که با روش MSF روزانه 50 تا 60 هزار متر مکعب آب شور دریا را می توان به آب شیرین و بدون املاح و نمک تبدیل نمود. علیرغم راندمان و بازدهی بالا این روش، ایجاد رسوب زیاد بر روی لوله های ضد زنگ در تجهیزات تصفیه و همچنین هزینه بر بودن آن از نقاط منفی این روش محسوب میشوند.
- به طور کلی، هزینه های نمک زدایی به متغیرهای مختلف طراحی برنامه بستگی دارد. با توجه به وسعت دریاچه و این واقعیت که دریاچه ارومیه فوق شور است، هزینه های مرتبط با نمک زدایی قابل توجه خواهد بود. کاربازی و همکاران (۲۰۱۰) برآورد کردند که هزینه نمک زدایی دریاچه ارومیه با ترکیبی از RO و MSF در حدود ۶.۷ دلار بر متر مکعب خواهد بود. لازم به ذکر است که عملکرد این روش های نمک زدایی برای آب های فراساحلی مورد آزمایش قرار نگرفته است. در کنار هزینه های بالای نمک زدایی، چالش زیست محیطی مهم دیگر، مشکلات دفع آب نمک است. بنابراین، به نظر نمی رسد که نمک زدایی در حال حاضر جایگزین مناسبی باشد (کاربازی و همکاران، ۲۰۱۰).
- اگرچه برخی مطالعات قبلی انتقال بین حوضه ای آب را به عنوان یک راه حل امیدوارکننده پیشنهاد کرده اند. این یک راه حل قابل قبول سازگار با محیط زیست نیست. انتقال آب از دریای خزر به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد (۱۳۱۶ متر) از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. انتقال آب از دریای خزر از طریق یک رودخانه ساخت دست بشر احتمالاً باعث تنش بین المللی خواهد شد. همچنین انتقال آب از دریای خزر از طریق مسیر آن به دریاچه ارومیه کل اکوسیستم را تحت تاثیر قرار خواهد داد.
- یکی از دیگر انتقال بین حوضه ای آب، انتقال آب از دریاچه وان است. حوضه آبریز وان با مساحت حوضه 11019/4 کیلومتر مربع در شرق ترکیه واقع شده است. دریاچه وان، بزرگترین دریاچه کشور ترکیه و بزرگترین دریاچه قلیایی است. حجم و وسعت این دریاچه به ترتیب به طور متوسط برابر 568/1 کیلومتر مکعب و 3580/9 کیلومتر مربع می باشد. تراز این دریاچه نیز از حداقل 1646/97 تا حداکثر 1650/55 متر از سطح دریا متفاوت بوده است. عمق آن نیز از 162/4 الی 452/9 متر متغیر می باشد.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

میانگین بارندگی سالانه‌ی این حوضه آبریز 500 میلیمتر و میانگین دمای سالانه 7 درجه سانتیگراد می‌باشد. فاصله طولی 2 دریاچه ارومیه و وان که وضع کاملاً متفاوتی را از نظر کم آبی و رونق سپری می‌کنند، حدود ۱۷۰ کیلومتر است و در نظر گرفتن این فاصله کم به اضافه شرایط مطلوب فعلی دریاچه وان ترکیه سبب می‌شود تا طرح انتقال آب از این دریاچه به ارومیه مطرح گردد. از آنجایی که هیچ طرح تحقیقاتی در این زمینه صورت نگرفته است، لازم است تا مطالعه‌ای صورت گیرد و در صورت اجرایی بودن، موانع این طرح برطرف گردیده و برنامه‌ی صحیح و علمی در این راستا پی‌ریزی گردد. از این رو، لازم است موارد کلی زیر در مورد انتقال آب از این حوضه مورد توجه قرار گیرد.

❖ همخوانی آب 2 دریاچه از حیث

✓ ویژگی‌های ژئومورفولوژی

✓ ترکیبات شیمیایی

✓ شوری آب

❖ بررسی دیدگاه کشور ترکیه در مورد این انتقال و رایزنی‌های لازم در این راستا

❖ بررسی هزینه‌های اقتصادی

در آخرین مورد که واقع بینانه‌ترین و قابل قبول‌ترین پیشنهاد در مطالعات قبلی برای پرداختن به مسئله خشکی دریاچه ارومیه، شاید تعدیل تخصیص آب و افزایش دبی آب از رودخانه‌های سدشده به دریاچه باشد. یک مطالعه (عباسپور و نظریدوست، 1386) آب مورد نیاز اکولوژیکی برای احیای دریاچه ارومیه را 3085 میلیون متر مکعب ورودی در سال برآورد کرد و لازم است برنامه‌های لازم برای تحقق این میزان طراحی گردد.

اقدامات کوتاه مدت

اقدامات کوتاه مدت پیشنهادی شامل بارورسازی ابرها و اصلاح آب و هوا، توقف ساخت سد (پروژه در حال اجرا و برنامه ریزی شده جدید)، و آزادسازی حداقل ۳ MCM در سال (آب مورد نیاز برای رسیدن به شوری ۱۶۶ g/l) است. از آنجا که بارش و رودخانه‌ها تنها منبع ورودی به این دریاچه پایانی هستند، بارورسازی ابرها و اصلاح آب و هوا به همراه رهاسازی آب از سدها می‌تواند وضعیت اکو هیدرولوژیکی دریاچه را به طور قابل توجهی افزایش دهد. هدف اصلی از باروری ابرها یا به طور کلی برنامه‌های اصلاح آب و هوا (WM) کاهش تأثیر خشکسالی و در نتیجه کمبود آب و افزایش ذخیره دریاچه در منطقه است.



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

باروری ابری و WM را می توان به عنوان یک راه حل قابل قبول اما کوتاه مدت برای اصلاح و بهبود وضعیت بارش در حوضه آبریز و در نتیجه کاهش تغییرات آب و هوایی موثر بر منطقه در نظر گرفت.

علاوه بر افزایش بارش و افزایش برف، WM می تواند به بهبودهای محیطی دیگری فراتر از افزایش بارش منجر شود. اثربخشی بارورسازی ابرها، 5 تا 20 درصد، می تواند به مقابله با تغییرات آب و هوایی از نظر بارندگی کمک کند. با توجه به اینکه بارورسازی ابرها ممکن است تک یا گروهی از ابرها را تغییر دهد، اما الگوهای آب و هوا را تغییر نمی دهد (از آنجایی که آنها توسط فرآیندهای جوی در مقیاس بزرگ تعیین می شوند)، باید آن را تنها به عنوان یک راه حل کوتاه مدت در نظر گرفت. بدیهی است که برنامه های WM موثر با هدف افزایش بارندگی باید بر اساس شرایط منطقه ای و محلی و تعمیم مطالعات قبلی در سایر مکان ها (اقلیم و دوره زمانی) مطالعه شود. از این رو ارزیابی و تحلیل اثرات هیدرولوژیکی برای سناریوهای مختلف در منطقه و حوضه آبریز ضروری است. لازم به ذکر است که تغییرات مکانی و زمانی در توزیع سالانه بارش عاملی در تغییرات جریان شبیه سازی شده است که باید در نظر گرفته شود. جدا از این واقعیت که بارورسازی ابرها و WM به طور کلی سازگار با محیط زیست هستند، مقرون به صرفه نیز هستند. به عنوان مثال، KWO (2001) هزینه را در محدوده 0.8-12 دلار به ازای هر 1000 متر مکعب رواناب اضافی از برف در کانزاس تخمین زد، که می تواند در مقایسه با ساخت زیرساخت های جدید ارزان در نظر گرفته شود. تعامل آب زیرزمینی با دریاچه و الگوی گردش دریاچه باید از جنبه های مختلف و البته با شرایط به روز دریاچه بررسی شود. وزارت محیط زیست می تواند همراه با مطالعات علمی در مورد دریاچه، یک قانون فوری حفاظت از محیط زیست برای این منطقه خاص طراحی کند.

اقدامات بلند مدت

هدف نهایی برای حل مشکل فعلی دریاچه و حوضه آبریز آن، یک رویکرد یکپارچه بلندمدت به سمت پایداری است. راه حل های سازگار با محیط زیست مورد نیاز است که شامل مجموعه ای از اقدامات انجام شده به صورت موازی و تحت یک برنامه بزرگ تر بازسازی باشد. تاکید بر راه حل هایی که با همه بخش های جامعه یکپارچه هستند و مشارکت محلی می تواند راه حل های پایدار را در بلند مدت تضمین کند، مهم است. یک مساله مهم اقتصادی محلی یک فعالیت کشاورزی پایدار به عنوان منبع اصلی درآمد است. افزایش جمعیت که تقاضای غذا را از یک سو و روش های سنتی آبیاری را از سوی دیگر افزایش می دهد، تهدیدات منابع آبی و محیط زیست منطقه را افزایش می دهد. باید منابع درآمدی جدیدی در حوضه آبریز دریاچه ایجاد شود. برای مثال، شوری دریاچه پتانسیلی برای صنعت نمک دارد. علاوه بر این، اکوسیستم منحصر به فرد آن پتانسیل بالایی



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

برای صنعت گردشگری دارد. طرح های قبلی در این راستا از سوی بخش خصوصی عمدتاً با شکست مواجه شده است. با این حال، ابتکارات جدید با حمایت مقامات ممکن است به نتایج موفقیت آمیزی منجر شود. مثال دیگر توسعه پایدار انرژی است که هم اقتصاد منطقه را بهبود می بخشد و هم می تواند به عنوان یک اقدام حفاظت از محیط زیست دیده شود. با توجه به این واقعیت که حدود ۵۰ درصد وزن جلبک ها روغن لیپیدی است که می تواند در تولید بیودیزل مورد استفاده قرار گیرد و قابلیت تولید روغن آن حدود ۳۰ برابر بیشتر از محصولات رایج در تولید بیودیزل است، فرصت خوبی برای در نظر گرفتن در طولانی مدت دارد. پدیده اخیر کشند قرمز پتانسیل یک منبع جدید انرژی را دارد. جلبک می تواند مستقیماً به انرژی مانند بیودیزل، بیواتانول و بیواتانول تبدیل شود. این پتانسیل بالای انرژی سوخت زیستی باید در مطالعات آینده از نظر امکان پذیری آن برای این حوضه آبریز خاص بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. در حال حاضر، نیاز زیادی به بهبود زیرساخت های آب در حوزه آبخیز وجود دارد. به عنوان مثال در استان آذربایجان شرقی ۸ تصفیه خانه فاضلاب در حال اجرا با ظرفیت سالانه ۹۴.۹۶ MCM وجود دارد که برای ۷۱.۲۳ MCM در حال فعالیت است. اول از همه این ظرفیت حتی قادر به رسیدگی به جمعیت فعلی استان (۳، ۶ میلیون نفر) هم نیست و برای جمعیت آینده نیست. به علاوه، بازدهی ۷۴ درصدی رضایت بخش نیست. همچنین این تصفیه خانه ها قابلیت بهبود از نظر فرایندهای تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی را دارند (شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۱).

پروژه های مشابه می توانند در درازمدت تأثیر مثبت زیادی بر وضعیت محیطی حوضه داشته باشند، اما به نظر می رسد اجرای این نوع پروژه ها کند است. بسیار مهم است که مسئولان این پروژه ها را در اولویت قرار دهند و نهایت تلاش خود را برای سرعت بخشیدن به پیشرفت فیزیکی و ارتقای کارایی آنها به کار گیرند. ۶ شهرستان استان آذربایجان شرقی با جمعیت ۰.۶۲ میلیون نفری در مجاورت دریاچه قرار دارند. این به سادگی نشان می دهد که افزایش جمعیت به طور مستقیم و غیرمستقیم بر شرایط محیطی دریاچه تأثیر می گذارد.

برای پایداری اجتماعی، که به طور گسترده توسط محققان و مقامات نادیده گرفته شده است، مهم ترین موضوع رویکرد مشارکتی است که تأثیر بالقوه زیادی بر سیستم های زیست محیطی نیز دارد. به عنوان مثال، طبق گزارش یک خبرگزاری ملی، الگوی مصرف نشان می دهد که ساکنان معمولی این حوضه حدود ۱۸۳ لیتر سرانه و روز مصرف می کنند. این نشان می دهد که تقاضا در رابطه با عرضه بسیار زیاد است و اقدامات لازم برای بهبود کارایی سیستم های توزیع مورد نیاز است. از این رو، برای نزدیک شدن به مصرف پایدارتر، ارتقای آگاهی عمومی همراه با بهبود راندمان آبیاری و اجرای روش های آبیاری



بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

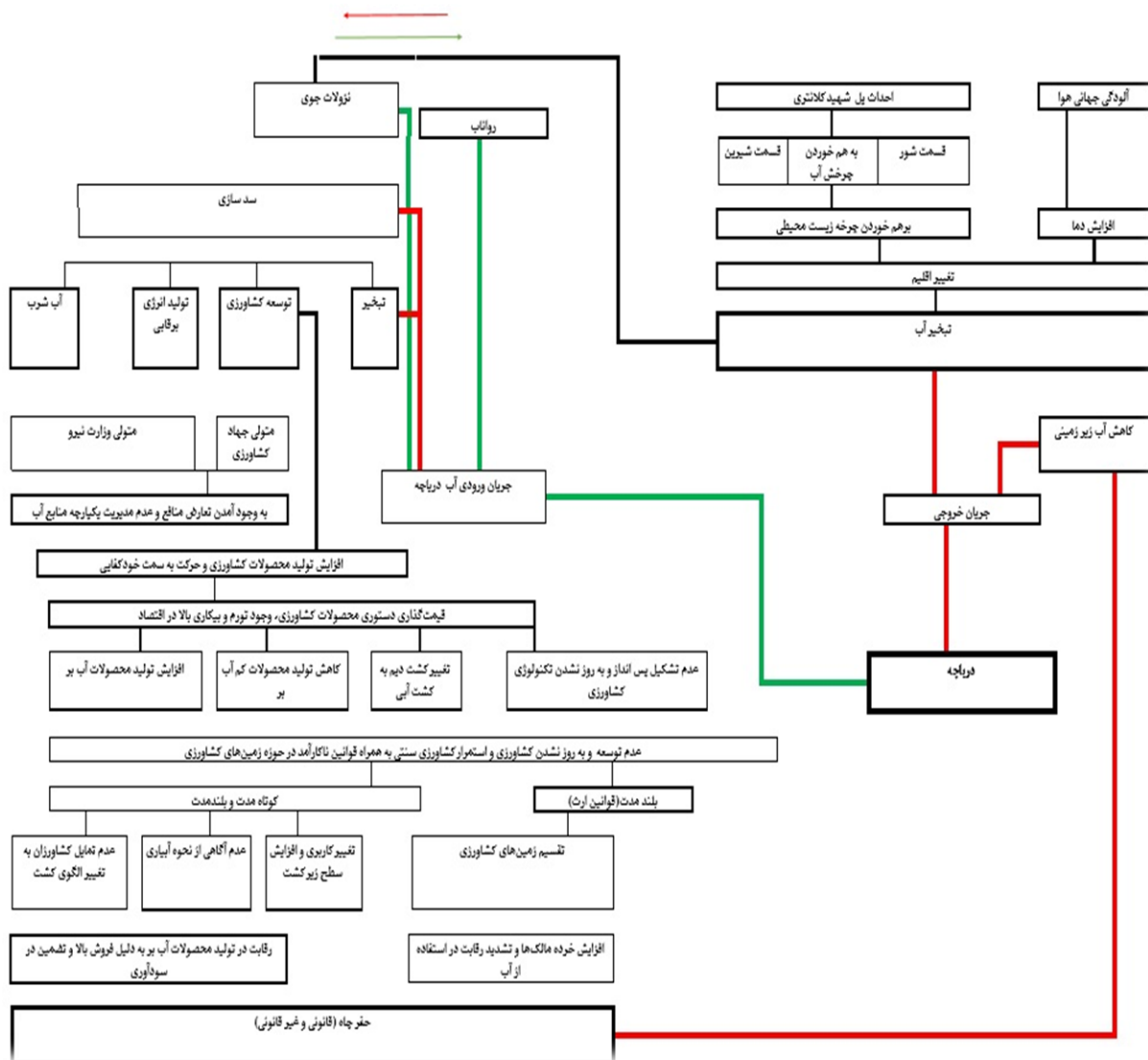
پیشرفته، تصفیه پساب، مدیریت آب‌های طوفانی و استفاده مجدد در کشاورزی که مستلزم سرمایه‌گذاری بیشتر مسئولان است، ضروری است. همانطور که در بالا ذکر شد، توسعه پایدار جوهره چشم انداز بلندمدت است. لازم است عوامل موثر بر محیط زیست را با هم ادغام کرد تا بتوان منطقه را به سمت موقعیتی پایدارتر بهبود بخشید. پژوهشگران و محققانی که با دریاچه سروکار دارند، نقشی اساسی در ارائه تصویر واقعی از وضعیت دریاچه به مقامات و جامعه ایفا می کنند. توجه بیشتر مقامات و دولت در زمینه حمایت از محیط زیست و دسترسی به پایگاه های داده مورد نیاز است. داده های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی منطقه کاملاً محدود است و سوابق کوتاهی برای محققان به راحتی قابل دسترسی نیست. ارائه یک پایگاه داده جامع، هم به زبان فارسی و هم به زبان انگلیسی، توجه محققان بین المللی را برای مطالعات بیشتر و راه حل های بین رشته ای بهتر جلب می کند. مطالعات مدل سازی هیدرولوژیکی بیشتر برای مطالعه اثر ترکیبی تغییرات آب و هوا، تبادل آب های زیرزمینی و ساخت سد بر اکولوژی دریاچه بسیار مورد نیاز است.

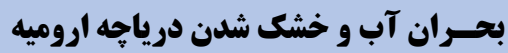


بحران آب و خشک شدن دریاچه ارومیه

جمع بندی و ارائه پیشنهادات کلی در مورد دریاچه ارومیه:

عوامل موثر در ایجاد بحران







تهیه شده در مرکز پژوهش های اتاق بازرگانی تبریز