



دانشگاه صنعتی شریف



ستاد احیای دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه علل خشک و تهدیدات احتمالی (۱)

کمیته اجتماعی - فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه
شهریور ماه ۱۳۹۴



دریاچه ارومیه

علل خشکی و تهدیدات احتمالی

ستاد احیای دریاچه ارومیه

شهریورماه ۱۳۹۴

چکیده

آب مایه آبادانی است، اما جایگزینی ندارد. بحران آب در بسیاری از کشورهای دنیا و به ویژه در ایران و مناطق مختلف آن تبعات بسیاری به همراه داشته است. گرچه نشست زمین، ایجاد فروچاله‌ها، تغییر قابل ملاحظه کیفیت آب در بسیاری از دشت‌های کشور نشانه‌های هر چند حداقلی از عمق فاجعه وضعیت منابع آب زیرزمینی کشور می‌باشد، اما خشکی و از بین رفتن بسیاری از تالاب‌ها و رودخانه‌های کشور به صورت عیان نشان‌گر وضعیت نابسامان سرزمین ایران از لحاظ منابع آبی می‌باشد. وضعیت کنونی دریاچه ارومیه، شاخص مناسبی برای پی بردن به عمق بحران آب و تبعات ناشی از مدیریت ناکارآمد و برداشت بی‌رویه و غیرمسئولانه از منابع آبی محدود این بخش از سرزمین ایران می‌باشد. در حال حاضر بخش عظیمی از گستره ۵۰۰۰ کیلومتر مربعی این دریاچه خشک گردیده و بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب آب آن نسبت به دوره‌های پرآبی دریاچه از بین رفته است و دریاچه نسبت به تراز اکولوژیک خود با کمبود آب بیش از ۱۲ میلیارد مترمکعب مواجه می‌باشد.

مراکز معتبر بین‌المللی و ملی مختلفی، هشدارهای بسیار جدی در خصوص تبعات جبران‌ناپذیر تداوم بحران کم‌آبی و بی‌آبی در مناطق مختلف دنیا به ویژه در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا ارائه می‌دهند. مجمع جهانی اقتصاد در گزارش سال ۲۰۱۵ خود، بحران آب را به‌عنوان بالاترین ریسک جهانی از منظر تاثیرات معرفی کرده است. این ریسک جایی پررنگ می‌شود که در گزارش مذکور، ریسک بحران آب از منظر اجتماعی در بالاترین رتبه قرار گرفته است، در حالی که در سالیان قبل این ریسک بیشتر از منظر زیست‌محیطی مطرح بوده و در رتبه‌های پایین‌تری نیز قرار داشته است. علاوه بر مجمع جهانی اقتصاد، موسسه منابع جهانی نیز خطر تشدید بحران‌های آبی را در مناطق مختلف دنیا مورد تاکید قرار داده و عنوان کرده است که تداوم این خطر علاوه بر تهدید اقتصاد و امنیت ملی کشورهای در معرض خطر افزایش میزان مهاجرت به مناطق شهری را نیز به همراه خواهد داشت.

بر طبق گزارش موسسه منابع جهانی، بحران سوریه نمونه بارزی است که از منظر برخی کارشناسان، بروز بحران آب و خشکسالی در این کشور نیز تاثیر قابل ملاحظه‌ای در تشدید این بحران داشته است. بر اساس یافته‌های گزارش مذکور از بین ۳۳ کشوری که تا سال ۲۰۴۰ با بالاترین تنش آبی مواجه خواهند شد، ۱۴ کشور در حوزه خاورمیانه و منطقه شمال آفریقا واقع شده‌اند. ایران، بحرین، کویت، قطر، امارات، فلسطین، عربستان سعودی، عمان، لبنان، عراق، اردن، لیبی، الجزایر، سوریه و تونس از جمله کشورهایی هستند که تا سال ۲۰۴۰ میلادی با شدیدترین تنش آبی مواجه خواهند شد. آمار ارائه شده از وضعیت منابع آب سطحی و زیرزمینی کشور نیز توسط وزارت نیرو و همچنین شواهد مبنی بر کاهش میزان بارش و رواناب‌ها در سطح کشور نیز موبد این مطلب می‌باشد. برداشت بیش از ۱۱۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب تجدیدناپذیر کشور در طی سالیان اخیر، موضوعی نیست که بتوان به‌سادگی آن را جبران نمود و تبعات ناشی از آن سالیان متمادی کشور را با بحران جدی آب دست در گریبان نگه خواهد داشت. همانطور که اشاره گردید، دریاچه ارومیه شاهد این مدعی بوده و بررسی‌های صورت گرفته و تجارب جهانی نشان‌دهنده این است که حل این

بحران و برگشت پایداری به وضعیت منابع آبی این حوضه نیازمند دهه‌ها مراقبت ویژه و مصرف و مدیریت منطقی و مدبرانه آب در سطح این حوضه است.

بررسی‌های کارشناسی صورت گرفته توسط دبیرخانه کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه، نشان‌دهنده این است که گرچه کاهش میزان بارش و افزایش دما در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه در خشک شدن دریاچه اثرگذار بوده است، اما چالش اصلی در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، عدم رعایت حد تعادل در مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی حوضه بوده است. به‌عبارت دیگر، برداشت بی‌رویه منابع آبی حوضه به‌ویژه در بیست سال اخیر، حتی در خشکسالی‌ها جهت آبیاری اراضی کشاورزی و عدم رعایت الگوی مصرف بهینه در تشدید و تداوم خشکی دریاچه بسیار اثرگذار بوده است. لذا، گرچه انتقال آب از منابع خارج از حوضه جزء راهکارهای در حال اجرا به‌منظور تامین آب مورد نیاز دریاچه می‌باشد، اما راه اصلی برون‌رفت از وضعیت بحران آب در سطح حوضه و به‌ویژه احیاء و حفظ دریاچه ارومیه، این اکوسیستم منحصر به‌فرد، بازگشت به رفتار و فرهنگ مصرف درست آب در بخش‌های مختلف به‌ویژه در حوزه کشاورزی می‌باشد. در حال حاضر بیش از ۷۰ درصد از منابع آب تجدیدپذیر حوضه توسط بخش‌های مختلف برداشت می‌شود، در حالی که حداکثر حد مجاز برداشت از این منابع ۴۰ درصد می‌باشد و این برداشت ۳۰ درصدی غیرمجاز بایستی کاهش پیدا کرده و همزمان با آن حبابه زیست‌محیطی دریاچه ارومیه نیز تامین گردد.

در گزارش حاضر پس از نگاهی به وضعیت بحران آب در جهان و ایران، وضعیت منابع و مصارف آب در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین ضمن بررسی عوامل و علل اصلی خشکی این دریاچه، تهدیدات و خطرات احتمالی ناشی از تداوم خشکی آن ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که اقدامات صورت گرفته توسط کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه، راهکارهای مصوب، وضعیت پرداخت اعتبارات در سال مالی ۱۳۹۳ برای پروژه‌ها و طرح‌های مرتبط با احیای دریاچه ارومیه و همچنین وضعیت پیشرفت پروژه‌ها در گزارش جداگانه‌ای مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

ستاد احیای دریاچه ارومیه

شهریورماه ۱۳۹۴

فهرست مطالب

۶	۱- وضعیت منابع آب در دنیا.....
۹	۲- وضعیت منابع آب در ایران.....
۱۳	۳- مشخصات عمومی دریاچه ارومیه و حوضه آبریز آن.....
۱۵	۴- وضعیت منابع و مصارف آب در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۱۷	۵- روند تغییرات دریاچه ارومیه.....
۱۸	۶- عوامل موثر بر بروز بحران دریاچه ارومیه.....
۲۹	۷- اهم تهدیدات و خطرات ناشی از خشکی دریاچه ارومیه.....
۳۴	۸- جمع بندی.....
۳۶	۹- مراجع.....

فهرست اشکال

۶	شکل ۱- وضعیت منابع آب کره زمین.....
۷	شکل ۲- مقایسه میزان بارش سالانه در نقاط مختلف دنیا.....
۸	شکل ۳- درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر توسط کشورهای مختلف.....
۹	شکل ۴- تقسیمات اقلیمی حوضه‌های آبریز ایران.....
۱۱	شکل ۵- روند افزایش حفر چاه (عمیق و نیمه عمیق) و تخلیه از آن‌ها در طی ۴ دهه اخیر.....
۱۱	شکل ۶- پراکنش چاه‌های حفر شده در سراسر سرزمین ایران.....
۱۲	شکل ۷- مدت زمان مورد نیاز جهت تغذیه و تشکیل لایه‌های مختلف آب زیرزمینی.....
۱۳	شکل ۸- وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۱۴	شکل ۹- موقعیت رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۱۵	شکل ۱۰- روند تغییرات بارش در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۱۶	شکل ۱۱- روند تغییرات بلندمدت منابع آب تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۱۷	شکل ۱۲- حجم تخلیه از منابع آب زیرزمینی در محدوده‌های ۲۵ گانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۱۸	شکل ۱۳- روند خشکی دریاچه ارومیه در طی ۴ دهه اخیر.....
۲۰	شکل ۱۴- روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه در شرایط مختلف برداشت از منابع آب تجدیدپذیر حوضه.....
۲۱	شکل ۱۵- پراکندگی چاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۲۲	شکل ۱۶- روند تغییرات مقدار برداشت از منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در چهار دهه اخیر.....
۲۲	شکل ۱۷- روند تغییرات چاه‌های عمیق و نیمه عمیق حفر شده در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....
۲۳	شکل ۱۸- اثرات برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بر آبدهی رودخانه‌ها.....
۲۴	شکل ۱۹- وضعیت مالکیت اراضی در حوضه دریاچه ارومیه (سال ۱۳۸۲).....
۲۵	شکل ۲۰- گستره اراضی فاریاب حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۹.....
۲۵	شکل ۲۱- روند افزایش سطح زیرکشت اراضی آبی در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای ...
۲۶	شکل ۲۲- جایگاه بخش کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه.....
۲۷	شکل ۲۳- حجم برداشت آب توسط بخش کشاورزی در محدوده‌های مختلف حوضه دریاچه ارومیه (۱۳۹۰).....
۲۸	شکل ۲۴- روند تغییرات سطح زیرکشت چغندر در سطح استان آذربایجان غربی و سایر استان‌ها.....
۲۹	شکل ۲۵- وضعیت آبیاری اراضی و باغات محدوده میاندوآب (۱۳۹۴).....
۳۰	شکل ۲۶- مناطق واقع در شعاع حرکتی مختلف طوفان‌های گرد و غبار احتمالی دریاچه ارومیه.....

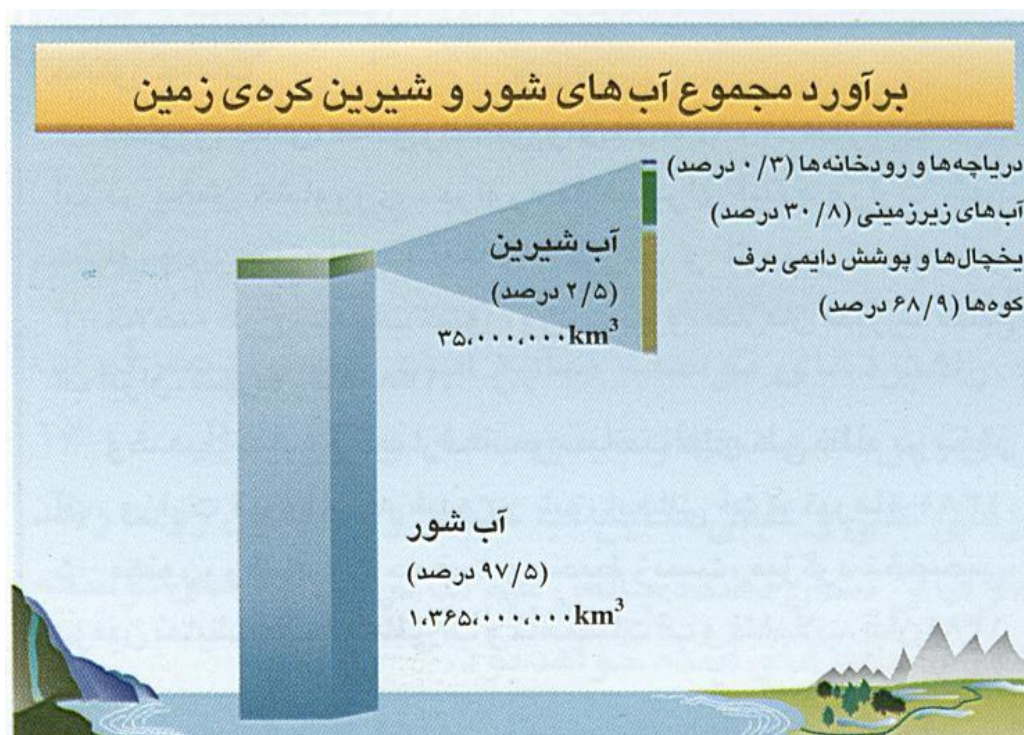
- شکل ۲۷- روند بیابان‌زایی در منطقه غربی دریاچه (جبل‌کندی) ارومیه ۳۱
- شکل ۲۸- تپه‌های ماسه‌ای منطقه جبل‌کندی ارومیه (دی‌ماه ۱۳۹۲)..... ۳۱
- شکل ۲۹- مراکز جمعیتی و صنعتی در معرض خطر بیابان‌زایی حاشیه غربی دریاچه ارومیه..... ۳۲
- شکل ۳۰- گستره اراضی زراعی و باغی در معرض خطر بیابان‌زایی حاشیه غربی دریاچه ارومیه..... ۳۲
- شکل ۳۱- روند تغییرات آلودگی ناشی از دریاچه ارومیه در اثر کاهش سطح آن..... ۳۳

فهرست جداول

- جدول ۱- حجم برداشت از منابع آب در بخش‌های مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه (بر حسب میلیون مترمکعب)..... ۱۶

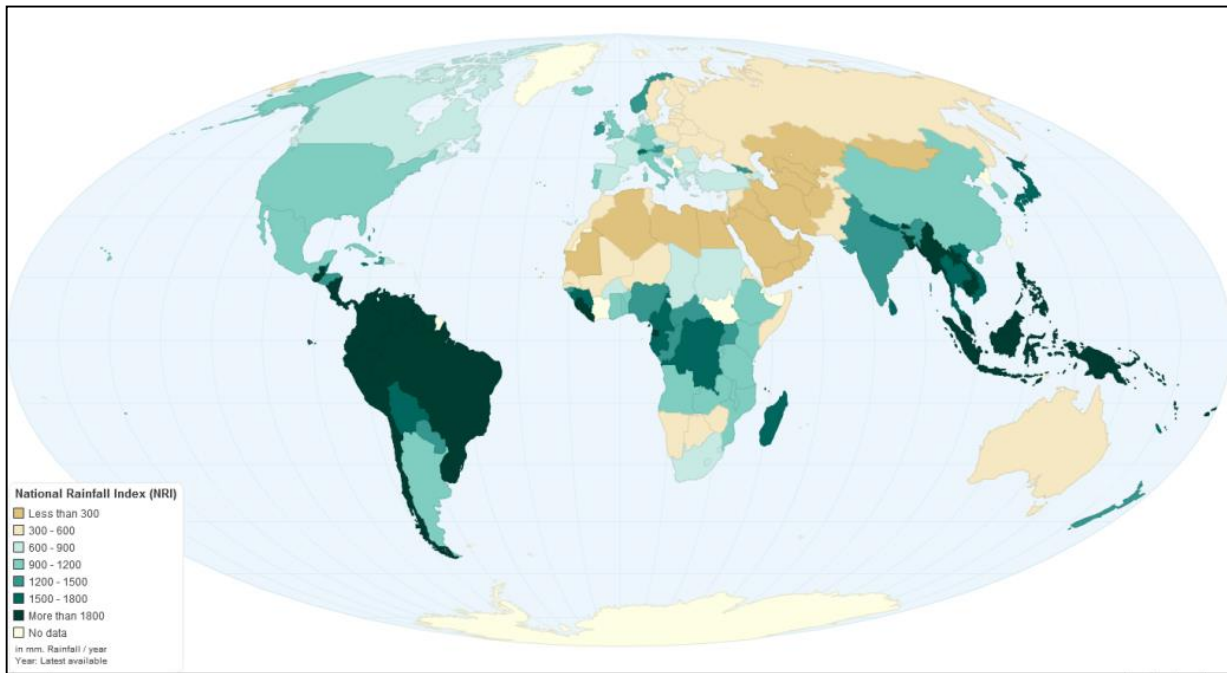
۱- وضعیت منابع آب در دنیا

گرچه آب به عنوان فراوان‌ترین ماده‌ای شناخته می‌شود که حدود ۷۰ درصد از سطح کره زمین را پوشانده است، اما بخش عمده‌ای از آن، آب شور بوده که در اقیانوس‌ها و دریاها قرار دارد. تنها ۲/۵ درصد از کل منابع آب دنیا، منابع آب شیرین می‌باشد. از همین مقدار محدود منابع آب شیرین نیز، کمتر از یک درصد یعنی ۰/۳ درصد منابع آبی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را شامل می‌شود و سهم منابع آب زیرزمینی ۳۰/۸ درصد و باقی‌مانده که درصد قابل ملاحظه‌ای از منابع آب شیرین دنیا را نیز شامل می‌شود، به‌صورت یخچال‌ها و پوشش دائمی برف می‌باشند (۶۸/۹ درصد). در شکل (۱) برآورد میزان آب شیرین از کل آب دنیا و سهم هر یک از اجزاء منابع آب شیرین نشان داده شده است.



شکل ۱- وضعیت منابع آب کره زمین

مقدار آب شیرین کره زمین محدود است و توزیع آن عمدتاً متأثر از چرخه‌های طبیعی انجماد، ذوب و نوسانات طبیعی بارش، الگوهای رواناب و سطوح تبخیرتغرق به شکل قابل ملاحظه‌ای متفاوت است. علاوه بر کمیابی منابع آب شیرین در سطح دنیا، نکته مهم عدم توزیع مناسب این منابع در مناطق مختلف می‌باشد. میانگین بارش کشور در حال حاضر به کمتر از یک‌سوم میانگین جهانی رسیده و کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، ایران در کمربند مناطق خشک و بیابانی دنیا قرار گرفته و جزء کشورهایی می‌باشد که میانگین بارش در آن‌ها کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد.



<http://www.fao.org/nr/climpag/>

شکل ۲- مقایسه میزان بارش سالانه در نقاط مختلف دنیا

همانطور که نقشه ارائه شده در شکل (۲)، به خوبی نشان می‌دهد، ایران در کمیاب‌ترین یا به تعبیری بهتر در یکی از بی‌آب‌ترین مناطق دنیا، یعنی خاورمیانه و شمال آفریقا (منطقه منا) قرار دارد، و از همین رو، مدیریت منابع آب محدود در این کشور بیش از سایر مناطق دنیا خود را نشان می‌دهد. شواهد فراوانی وجود دارد که وضعیت منابع آب در بسیاری از بخش‌های ایران رو به وخامت گذاشته است. در سال‌های اخیر با اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای نامتوازن و نامتناسب با پتانسیل‌ها و قابلیت‌های سرزمینی خود به‌ویژه در بخش کشاورزی، افزایش میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر کشور را در پی داشته است. در حال حاضر، مشکلات مدیریت آب در بسیاری از نقاط ایران عیان شده است. آبخوان‌ها بیش از حد پمپاژ می‌شوند، کیفیت آب در معرض تهدید جدی قرار دارد و حتی تامین آب شرب بسیاری از مناطق شهری و روستایی کشور با دشواری‌های بسیاری مواجه گردیده است.

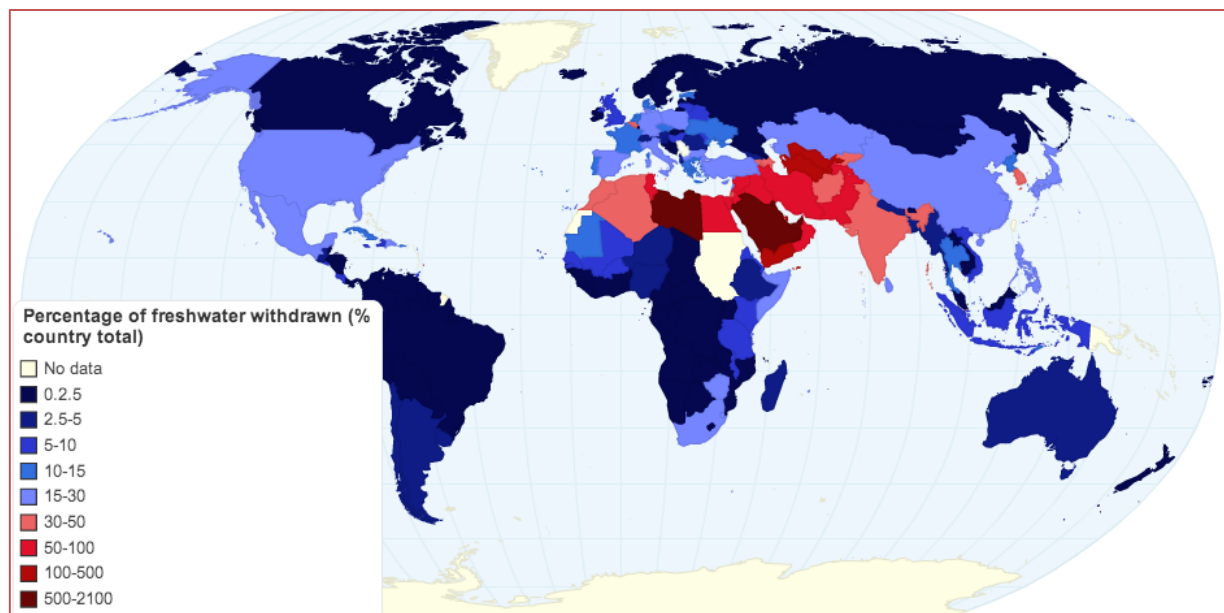
تعارضات بر سر آب رفته‌رفته چهره بارزتری پیدا می‌کند. خشکسالی‌های مستمر، بی‌آبی و عدم تامین معیشت و گذران زندگی برای بسیاری از روستائینان کشور، آن‌ها را به دنبال پیدا کردن فرصت‌های بهتر برای زندگی به سوی مهاجرت به مراکز شهری سوق داده و این امر حاشیه‌نشینی در بسیاری از مناطق شهری کشور به‌ویژه کلان‌شهرها و پایتخت را به همراه داشته است. بی‌تردید بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط نهادهای ملی و بین‌المللی، این‌گونه چالش‌ها در سال‌های آتی تشدید خواهد گردید و ممکن است بسیاری از مناطق کشور دچار بی‌آبی شدید و حتی خشکی مطلق گردند.

کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل در انتهای قرن بیستم، به‌منظور ارزیابی وضعیت کشورها و مناطق مختلف دنیا، شاخصی را جهت سنجش میزان پایداری وضعیت منابع آب تدوین و ارائه نمود. بر طبق این شاخص، میزان برداشت سالانه از منابع آب تجدیدپذیر به عنوان معیار و ملاک عمل مدنظر قرار گرفت و حد

برداشت کمتر از ۲۰ درصد به عنوان حد ایمن و بین ۲۰ تا ۴۰ درصد محدوده قابل قبول و بیش از ۴۰ درصد بسیار پرخطر تعیین گردید. در شکل (۳)، میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر توسط کشورهای مختلف با یکدیگر مقایسه گردیده است.

گزارشات مختلف ارائه شده توسط موسسات بین‌المللی در سال ۲۰۱۵، نشان‌دهنده تشدید عمق بحران آب در مناطق مختلف دنیا و پیش‌بینی‌های ناامیدکننده‌ای برای سال‌های آتی است. علاوه بر گزارش مجمع جهانی اقتصاد که بحران آب را در رتبه یک ریسک‌های جهانی از منظر اجتماعی معرفی کرده است^۱، بر طبق پیش‌بینی موسسه جهانی منابع نیز ایران در رتبه سیزدهم کشورهای مواجه با تنش آبی شدید در سال ۲۰۴۰ معرفی گردیده است^۲.

بر طبق آخرین برآوردهای صورت گرفته در حال حاضر درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر کشور به بیش از ۸۵ درصد رسیده و این میزان برداشت، ایران را به همراه کلیه کشورهای واقع در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا در زمره کشورهای بسیار پرخطر از لحاظ مدیریت منابع آبی قرار داده است. به عبارت دیگر، این میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر کشور به‌ویژه در دهه‌های اخیر، فاجعه‌ای را برای بسیاری از مناطق کشور رقم زده است که خشکی دریاچه ارومیه و افت بسیاری از دشت‌های کشور، نمود بارز آن می‌باشد. متأسفانه برآوردها نشان‌دهنده این است که در صورت تداوم روند موجود نه تنها منابع آبی برای مصارف آیندگان باقی نخواهد ماند، بلکه بسیاری از بخش‌های این سرزمین به مناطق بیابانی و کویری تبدیل خواهد گردید.



Percentage of renewable freshwater withdrawn, Aquastat - MDG Water Indicator (۲۰۰۶),

<http://chartsbin.com/view/16899>

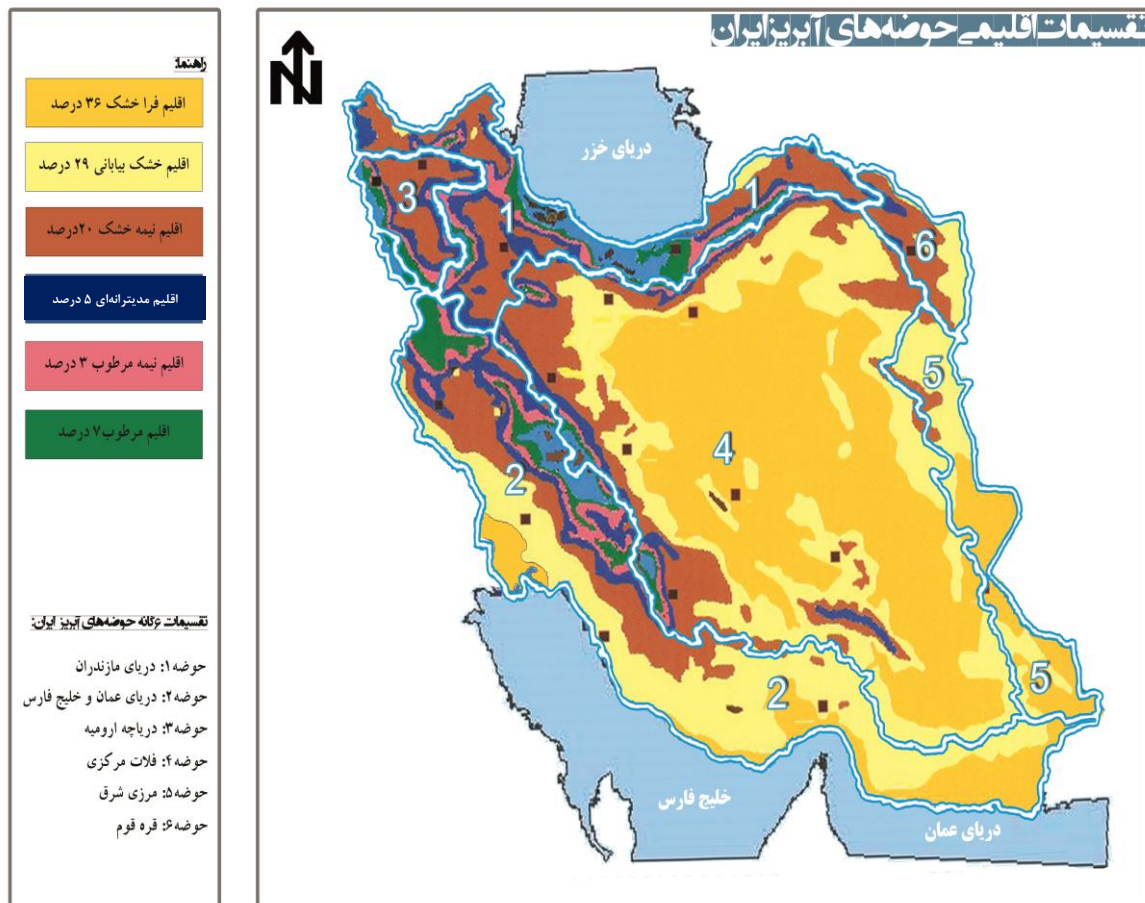
شکل ۳- درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر توسط کشورهای مختلف

۱ . Global Risks reports ۲۰۰۷-۲۰۱۰, World Economic Forum.

۲ . www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings

۲- وضعیت منابع آب در ایران

تقسیم‌بندی اقلیمی کشور نشان‌دهنده این است که حدود ۸۵ درصد از مساحت کشور در طبقه‌بندی مناطق نیمه‌خشک تا فراخشک قرار دارد. حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز بر خلاف تصور عمومی از یک اقلیم نیمه خشک برخوردار می‌باشد (شکل ۴). از نظر بارندگی، ایران در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌آید. میانگین بارندگی سالانه بخش وسیعی از کشور کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و متوسط آن برای سراسر کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر برآورد شده است. بارندگی از ۲۰۰۰ میلی‌متر در حاشیه غربی دریای خزر تا کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در نواحی خشک مرکزی و جنوبی و ۲۵ میلی‌متر در کویر لوت متغیر است. این ارقام به خوبی نشانگر وضعیت سرزمین ایران از لحاظ منابع آبی می‌باشد. نکته مهم دیگر این است که گرچه میزان بارش متوسط کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد، اما این بارش نیز در سطح کشور از توزیع یکسانی برخوردار نمی‌باشد و بیش از ۷۰ درصد مناطق کشور بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر دارند.



شکل ۴- تقسیمات اقلیمی حوضه‌های آبریز ایران

بر اساس آخرین برآوردهای اعلام شده توسط معاونت آب و آبفای وزارت نیرو، حجم منابع آب تجدیدپذیر کشور بیش از ۲۶ میلیارد مترمکعب کاهش پیدا کرده است^۳ (خبرگزاری مهر، ۳۱ خرداد ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن میزان بارش و رواناب در سال‌های اخیر، برآوردها نشان می‌دهد که حجم منابع آب تجدیدپذیر کشور به حدود ۱۰۰ میلیارد مترمکعب رسیده است و این امر نشان‌دهنده کاهش قابل ملاحظه منابع آب در دسترس در مناطق مختلف کشور می‌باشد. متأسفانه اکثریت حوضه‌های آبریز کشور از لحاظ شاخص پایداری منابع آب تجدیدپذیر در شرایط ناپایدار و پرخطری قرار گرفته‌اند. این چالش اساسی در اثر برداشت بی‌رویه از منابع آب تجدیدپذیر کشور در حوضه‌های مختلف رخ نموده است.

همچنین بر طبق آمار اعلام شده توسط وزارت نیرو، در مجموع ۵۰۰ میلیارد مترمکعب ذخایر راهبردی زیرزمینی در سطح کشور شناسایی شده است. از این میزان، ۲۰۰ میلیارد مترمکعب آب‌های شور و لب‌شور بوده و تنها ۳۰۰ میلیارد مترمکعب از لحاظ کیفیت قابل استفاده توسط بخش‌های مختلف مصرف‌کننده بوده است^۴ (خبرگزاری مهر، ۲۰ مرداد ۱۳۹۳). اما با کمال تأسف، طبق اعلام وزیر نیرو در اجلاس شورای هماهنگی امور حقوقی دستگاه‌های اجرایی در ۱۰ خردادماه ۱۳۹۴، تاکنون به دلایل مختلف مقادیر قابل ملاحظه‌ای به‌میزان بیش از ۱۱۰ میلیارد مترمکعب (بیش از ۳۶ درصد) از منابع استاتیک و ذخایر راهبردی کشور برداشت شده است^۵ (پایگاه اطلاع‌رسانی دولت). نکته قابل توجه این است که تنها در ۱۵ سال گذشته حدود ۸۰ میلیارد مترمکعب و فقط در ۷ سال گذشته بیش از ۳۸ میلیارد مترمکعب از ذخایر آب زیرزمینی کشور از بین رفته است. در واقع آنچه که میراث آیندگان این کشور بوده است، توسط نسل کنونی به تاراج رفته است. در شرایط کنونی از ۶۰۹ دشت و محدوده مطالعاتی کشور تا پایان اسفندماه ۱۳۹۳، تعداد ۳۱۷ دشت جزء مناطق ممنوعه و بحرانی اعلام شده است. تعداد این دشت‌ها در سال ۹۲، ۲۹۷ دشت بوده است^۶ (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو).

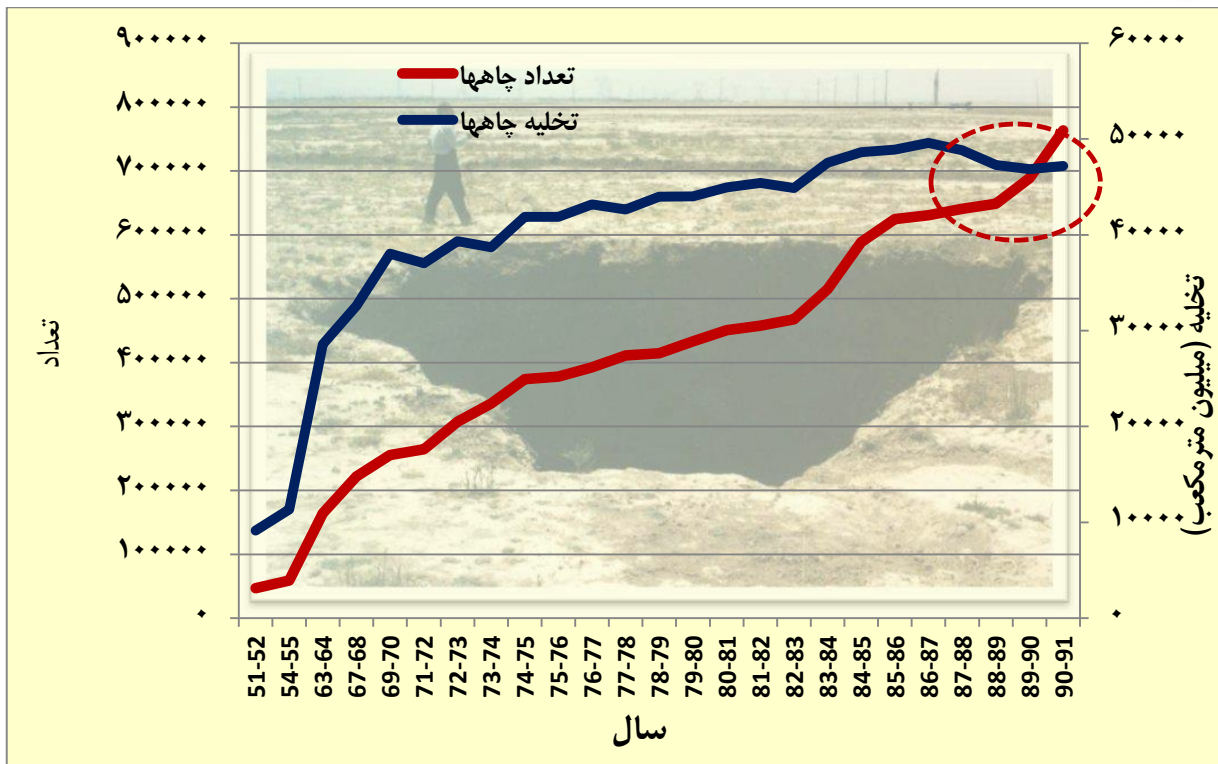
در نمودار ارائه شده در شکل (۵)، روند افزایشی چاه‌های حفر شده در سطح کشور در طی ۴ دهه اخیر نشان داده شده است. ارقام ارائه شده در این نمودار نشان‌دهنده افزایش قابل توجه تعداد چاه‌ها به رقم بالای ۷۶۰ هزار حلقه در سطح کشور می‌باشد. از این تعداد چاه بیش از ۴۶ میلیارد مترمکعب آب برداشت می‌شود. اما نکته قابل ملاحظه این است که علیرغم افزایش تعداد چاه‌ها در سال‌های اخیر، توان آبدهی آن‌ها با روند نزولی همراه بوده است. لازم به ذکر است که در حال حاضر سالانه به‌طور متوسط در حدود ۵ میلیارد مترمکعب مازاد بر توان آبخوان‌ها از ذخایر ثابت و غیرقابل تجدید برداشت می‌شود. همچنین کیفیت منابع آبی کشور در برخی از دشت‌ها به میزان قابل ملاحظه‌ای دچار تخریب شده و شوری آن‌ها افزایش یافته است. در شکل (۶)، گستره چاه‌های حفر شده در سراسر این سرزمین نشان‌دهنده عمق فاجعه می‌باشند.

^۳ .<http://www.mehrnews.com/news/۲۷۷۸۶۸۲>

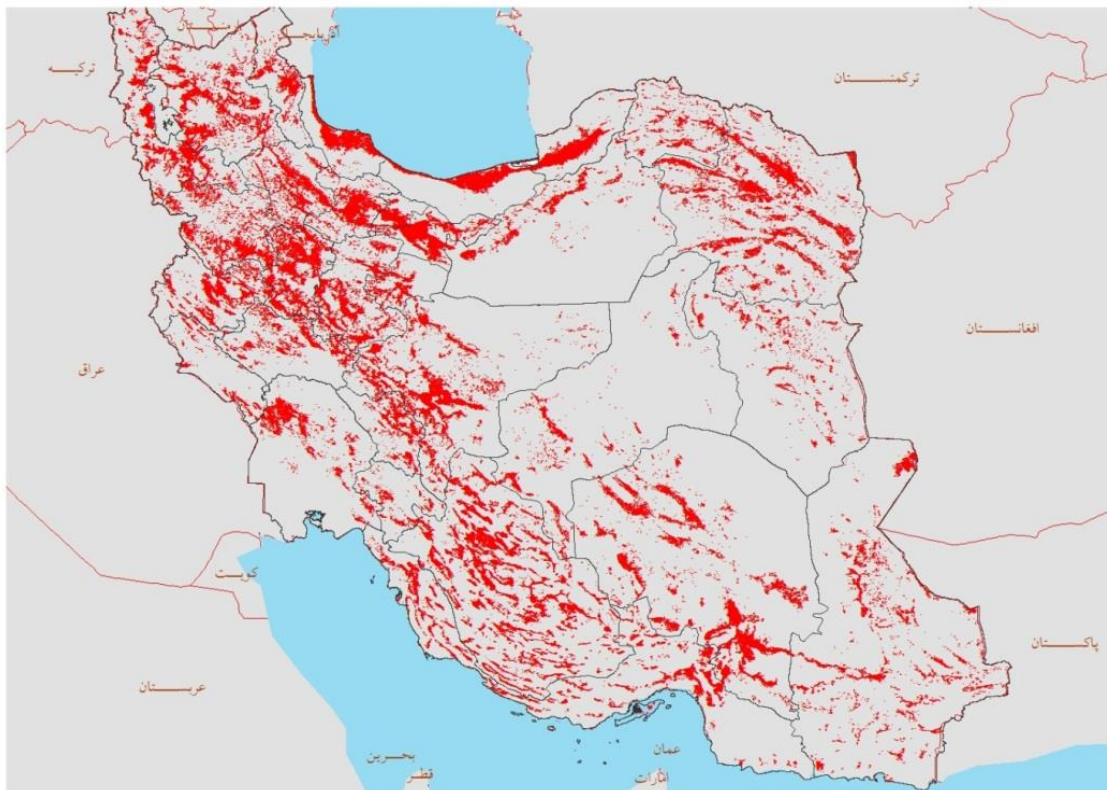
^۴ .<http://www.mehrnews.com/news/۲۳۴۷۰۷۴>

^۵ .<http://www.dolat.ir/NSite/FullStory/News/?Serv=۸&Id=۲۶۴۱۳۸>

^۶ .<http://news.moe.gov.ir/News/Details.aspx?ANWID=۱۵۳۶۴>

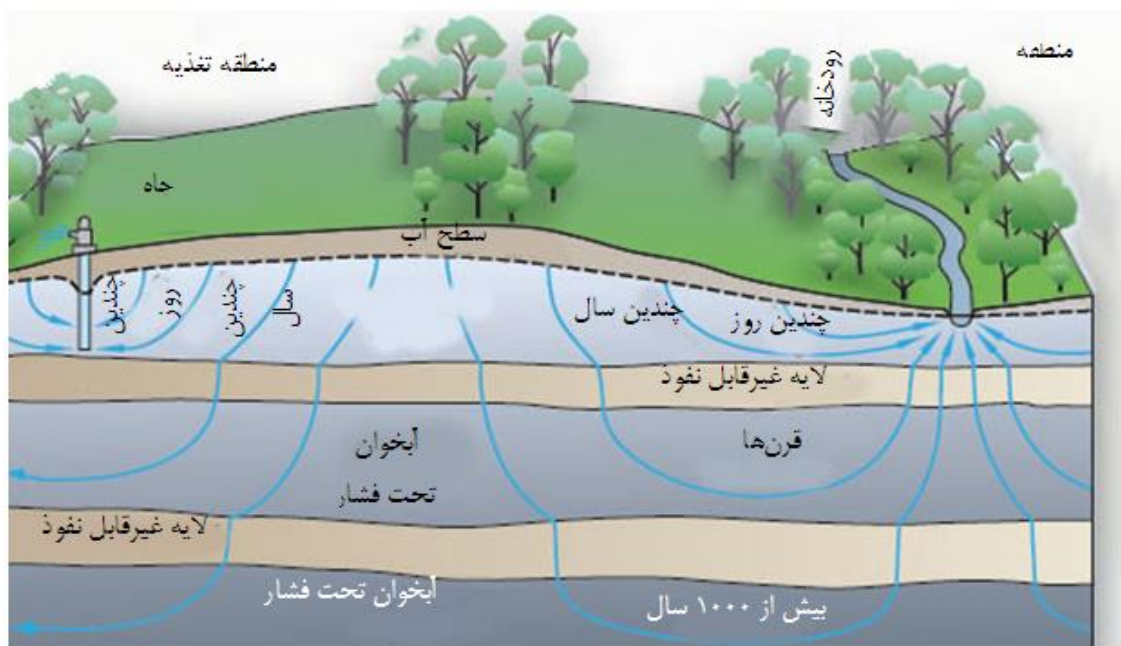


شکل ۵- روند افزایش حفر چاه (عمیق و نیمه عمیق) و تخلیه از آن‌ها در طی ۴ دهه اخیر (وزارت نیرو)



شکل ۶- پراکنش چاه‌های حفر شده در سراسر سرزمین ایران (وزارت نیرو)

همانگونه که اشاره گردید، گرچه منابع آب زیرزمینی درصد قابل ملاحظه‌ای از منابع آب شیرین دنیا را به خود اختصاص داده‌اند، اما این منابع در مقابل برداشت‌های بی‌رویه و ناپایدار بسیار حساس و آسیب‌پذیر بوده و قدرت تجدیدپذیری خود را به سرعت از دست می‌دهند. برخی از لایه‌های آب‌های زیرزمینی به‌خصوص لایه‌هایی که با حفر چاه‌های عمیق از آن‌ها برداشت می‌شود، قرن‌ها و حتی هزاران سال طول می‌کشد که تجدید شوند و تنها لایه‌های سطحی منابع آب زیرزمینی از قابلیت تجدید سالانه برخوردار می‌باشند (شکل ۷). به زبان ساده، همه آبخوان‌ها دارای حجم معین ذخیره دینامیک (پویا و قابل تجدید) و همچنین حجم معینی ذخیره استاتیک (غیرقابل تجدید) هستند که عمدتاً ذخایر استاتیک آن‌ها در لایه‌های با عمق بالا قرار دارد. بر اساس اصول اولیه مدیریت پایدار منابع آب، برداشت از منابع و ذخایر دینامیک مجاز بوده و منابع استاتیک به عنوان ذخایر راهبردی تلقی گردیده و تنها در شرایط بسیار حاد و به میزان محدود باید از آن‌ها برداشت صورت گیرد. همانگونه که اشاره گردید، متأسفانه سالانه به‌طور متوسط حدود ۵ میلیارد مترمکعب برداشت مازاد از منابع آب زیرزمینی کشور صورت می‌گیرد که تداوم این امر به‌ویژه در سالیان اخیر منجر به این امر گردیده است که بیش از ۱۱۰ میلیارد مترمکعب (بیش از یک‌سوم ذخایر استاتیک آب زیرزمینی شیرین کشور) از کل منابع راهبردی آب زیرزمینی کشور برداشت و مورد مصرف قرار گرفته است. بدون تردید تداوم این وضعیت منجر به این امر خواهد گردید که برای نسل آتی منبع آبی باقی نماند.



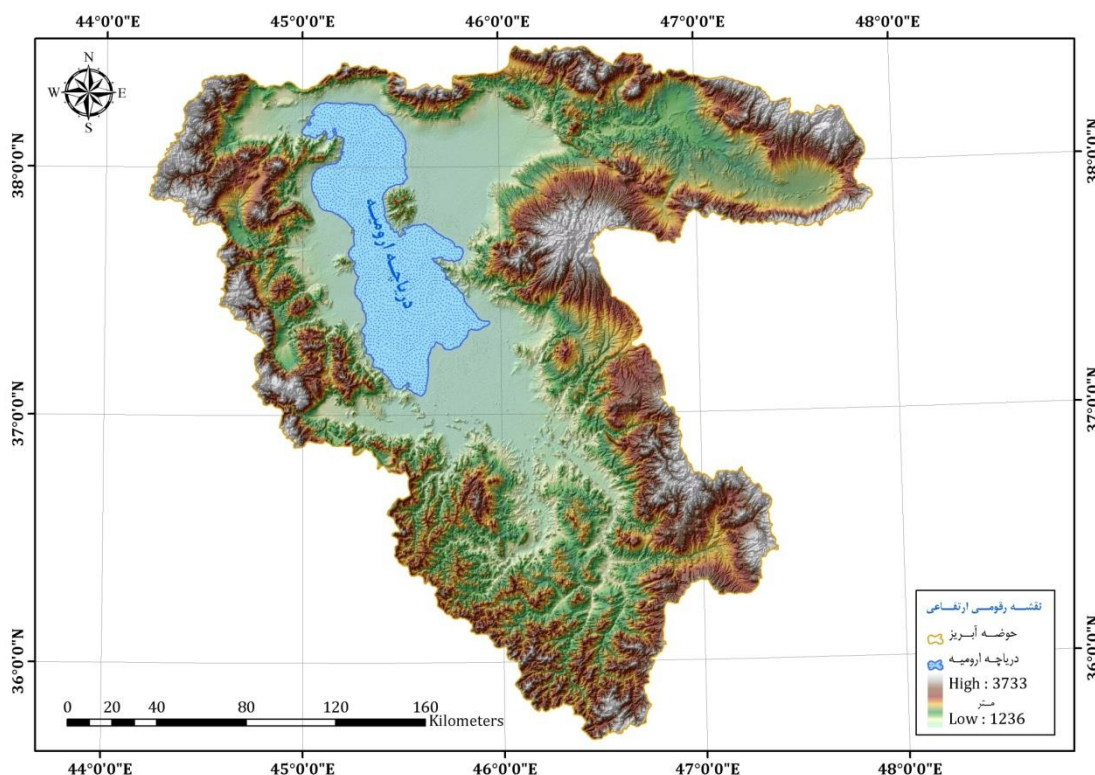
<http://water.usgs.gov/edu/graphics/wcgwdischarge.jpg>

شکل ۷- مدت زمان مورد نیاز جهت تغذیه و تشکیل لایه‌های مختلف آب زیرزمینی

۳- مشخصات عمومی دریاچه ارومیه و حوضه آبریز آن

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با مساحت ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه بین استان‌های آذربایجان غربی (۴۶٪)، آذربایجان شرقی (۴۳٪) و کردستان (۱۱٪) قرار دارد. دریاچه ارومیه به‌عنوان بزرگترین دریاچه داخلی ایران و از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران و جهان به‌شمار می‌آید. اکوسیستم این دریاچه نمونه‌ای شاخص از یک حوضه آبریز بسته است که کلیه رواناب‌های جاری در رودخانه‌های حوضه به آن تخلیه می‌گردد. همچنین اکوسیستم فعال آن شامل دریاچه و حوضه آبریز آن است. در نتیجه مرز حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مرز دقیقی را برای مدیریت عوامل مؤثر بر دریاچه و زیستگاه‌های مهم در حوضه به‌وجود آورده است.

حوضه آبریز دریاچه ارومیه به وسیله بخش شمالی کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوبی کوه سبلان و نیز دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سه‌سهند احاطه شده است. حدود ۳۳۴۶۹ کیلومتر مربع از سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه را مناطق کوهستانی (۶۵٪)، ۱۲۵۶۴ کیلومتر مربع آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها (۲۴٪) و ۵۳۲۰ کیلومتر مربع آن را نیز دریاچه ارومیه (۱۰٪) در بر گرفته است. وضعیت توپوگرافی این حوضه آبریز و موقعیت قرارگیری دریاچه ارومیه نسبت به حوضه آن در شکل (۸) نشان داده شده است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه شامل سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان می‌باشد که، آذربایجان غربی با درصد مساحت نزدیک ۴۸ درصد بیشترین سطح از این حوضه را به خود اختصاص داده است.



شکل ۸- وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه به دلیل برخورداری از ویژگی‌های طبیعی و اکولوژیکی منحصر به فرد، از سال ۱۳۴۶ به عنوان پارک ملی و به همراه جزایر کبودان و قیون داغی جزو مناطق حفاظت شده اعلام شده است. همچنین این دریاچه در سال ۱۳۵۴ به عنوان سایت رامسر (تالاب بین‌المللی) تعیین و در سال ۱۳۵۶ جزو مناطق حفاظت شده زیست کره به وسیله سازمان یونسکو^۷ اعلام شد. در تراز اکولوژیک (۱/۱۲۷۴ متر)، مساحت دریاچه برابر ۴۳۴۸ کیلومتر مربع و حجم آب آن ۱۴۵۷۶ میلیون مترمکعب (در حدود ۱۴,۵ میلیارد مترمکعب) می‌باشد. همچنین طول و عرض بیشینه این دریاچه به ترتیب برابر ۱۳۰ و ۴۰ کیلومتر می‌باشد. پیش از افت قابل توجه سطح آب این دریاچه در سال‌های اخیر، متوسط کل املاح محلول (TDS) آن برابر ۲۰۵ گرم بر لیتر بوده، که در حال حاضر به رقمی نزدیک ۵۰۰ گرم در لیتر رسیده است. مهم‌ترین منابع تامین آب دریاچه، بارش مستقیم بر روی دریاچه و همچنین منابع آب ورودی به آن از طریق رودخانه‌های حوضه آبریز می‌باشد. در شکل (۹)، موقعیت رودخانه‌ها در سطح حوضه نسبت به دریاچه ارومیه نشان داده شده است.

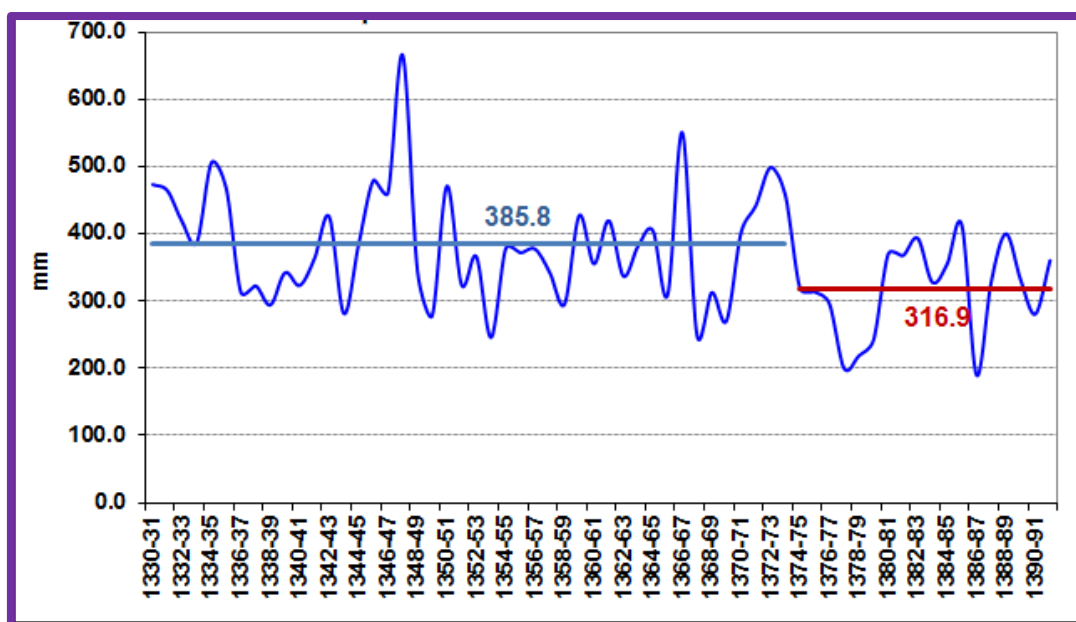


شکل ۹- موقعیت رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

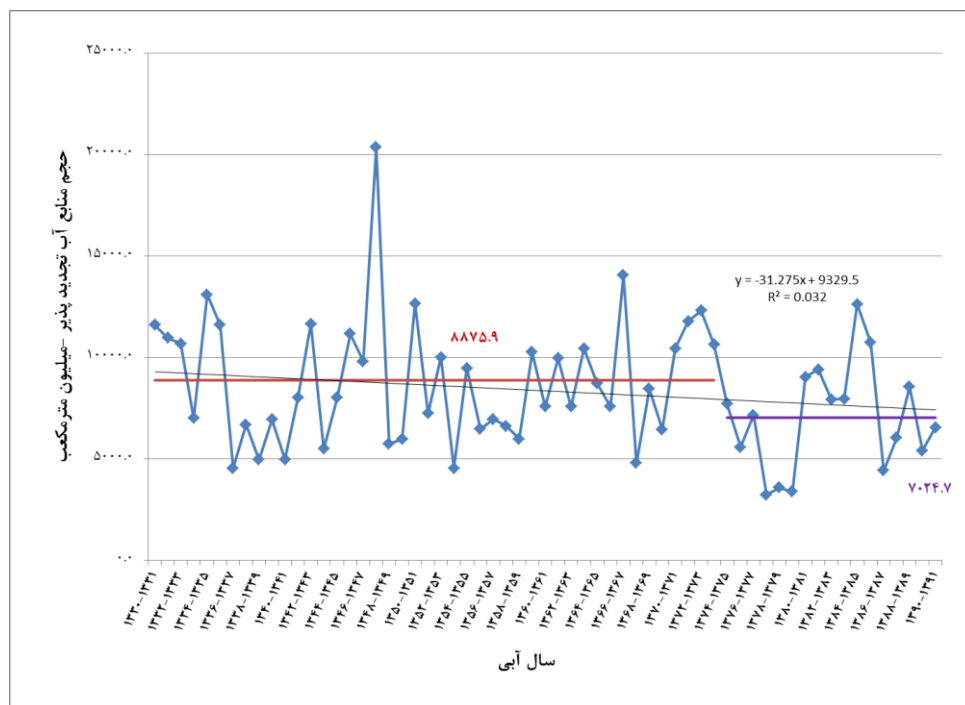
^۷ Unesco Biosphere Reserves

۴- وضعیت منابع و مصارف آب در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه

بر اساس آخرین آمار ایستگاه‌های بارش حوضه آبریز دریاچه ارومیه، میانگین بارش حوضه در دوره آماری ۱۳۷۴-۷۵ تا ۱۳۹۱-۹۲، برابر با ۳۱۷ میلی‌متر بوده است. این میزان نسبت به دوره آماری ۳۱-۱۳۳۰ تا ۱۳۳۱-۷۴، ۶۸ میلی‌متر کاهش داشته است. به عبارت بهتر میزان بارش حوضه با کاهش ۱۸ درصدی در دوره اخیر نسبت به دوره قبل همراه بوده است (شکل ۱۰). پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر شامل مجموع منابع آب سطحی و زیرزمینی قابل تجدید به عنوان مهم‌ترین پارامتر و شاخص تصمیم‌گیری در مدیریت منابع آب هر حوضه تلقی می‌گردد. با توجه به روند کاهش ۱۸ درصدی بارش، پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه در همان دو دوره از ۸۸۷۵ میلیون مترمکعب به ۷۰۲۴ میلیون مترمکعب رسیده است. لذا حجم منابع آب تجدیدپذیر حوضه در حدود ۱۸۵۰ میلیون مترمکعب معادل ۲۱ درصد کاهش یافته است (شکل ۱۱). این میزان کاهش در منابع آب تجدیدپذیر حوضه به خوبی مؤید این مطلب است که مدیریت منابع آب حوضه آبریز دریاچه دچار چالش بسیار جدی بوده و نیاز است که اقدامات و تمهیدات لازم جهت افزایش بهره‌وری در مصرف منابع محدود آب اتخاذ گردیده و عملیاتی شود.



شکل ۱۰- روند تغییرات بارش در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه



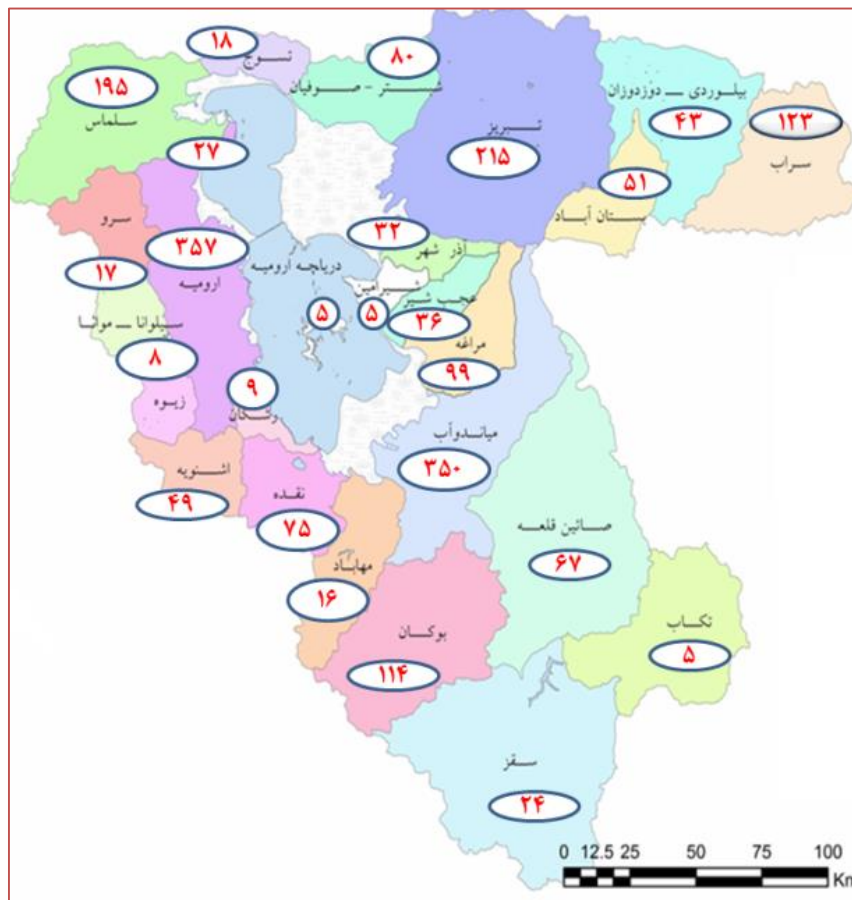
شکل ۱۱- روند تغییرات بلندمدت منابع آب تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه

بر اساس نتایج حاصل از آخرین تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته مبتنی بر نتایج آماربرداری وزارت نیرو، در خصوص میزان مصارف آب در بخش‌های مختلف حوضه، حجم کل برداشت آب توسط بخش‌های مختلف در سطح حوضه ۴۸۲۵ میلیون مترمکعب معادل ۷۰ درصد منابع آب تجدیدپذیر حوضه می‌باشد. بخش کشاورزی با مصرف ۸۹ درصد از منابع آبی حوضه همانند سایر حوضه‌های آبریز کشور، بزرگترین مصرف‌کننده آب در سطح حوضه می‌باشد. در جدول (۱)، آخرین وضعیت برداشت از منابع آب حوضه ارائه شده است. همان‌طور که ارقام ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد، حدود ۵۷ درصد از مصارف حوضه از منابع آب سطحی و مابقی از منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد.

جدول ۱- حجم برداشت از منابع آب در بخش‌های مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه (بر حسب میلیون مترمکعب)

منابع و حجم مصارف آب	کشاورزی	شرب	صنعت	مجموع
آب‌های سطحی (سدها+انهار+موتور پمپ ثابت+موتور پمپ متحرک+آب‌بندان+چشمه)	۲۴۲۴	۲۷۶	۳۳	۲۷۳۳
آب‌های زیرزمینی (چاه+قنات)	۱۸۶۷	۱۹۰	۳۵	۲۰۹۲
مجموع (م.م.م)	۴۲۹۱	۴۶۶	۶۸	۴۸۲۵

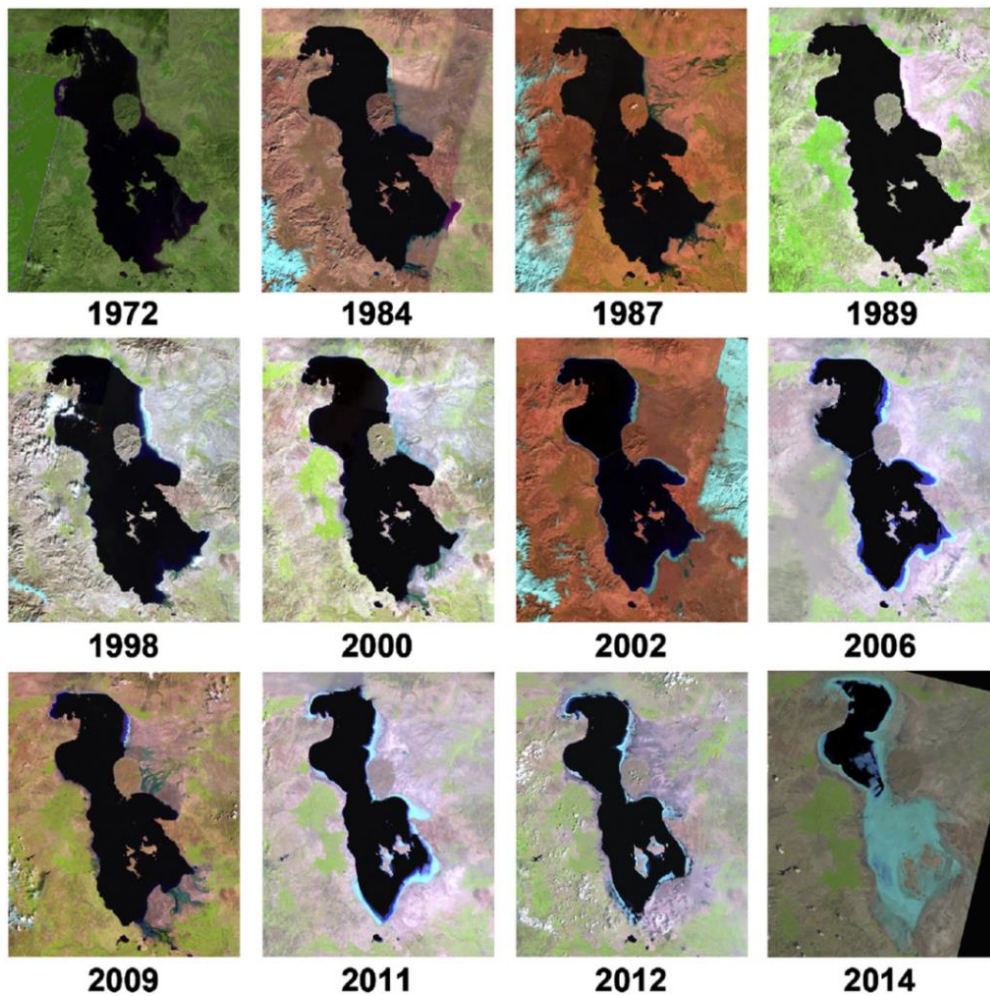
در شکل (۱۲) نیز، میزان تخلیه از منابع آب زیرزمینی محدوده‌های مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل به خوبی مشخص است، محدوده‌های ارومیه، میان‌دوآب و تبریز بیشترین حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی حوضه را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۱۲- حجم تخلیه از منابع آب زیرزمینی در محدوده‌های ۲۵ گانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه

۵- روند تغییرات دریاچه ارومیه

روند نزولی افت سطح آب دریاچه ارومیه پس از دوران پرآبی آن در سال ۱۳۷۴، شروع گردیده و در طی بیست سال، تراز دریاچه بیش از ۸ متر افت کرده است. در واقع با توجه به ارقام ثبت شده، به‌طور متوسط دریاچه در این بیست سال اخیر سالیانه با افت ۴۰ سانتی‌متری مواجه بوده است. با توجه به عمق کم این دریاچه، این میزان افت تراز منجر به خشکی درصد قابل ملاحظه‌ای از سطح دریاچه گردیده و بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب از حجم آب آن در اثر تبخیر و عدم ورود منابع آب کافی به آن از بین رفته است. همزمان با شروع افت تراز دریاچه، سطح دریاچه نیز پسروی قابل ملاحظه‌ای داشته و میزان خشکی دریاچه در شهریورماه سال ۱۳۹۳ به حدی رسید که قسمت جنوبی دریاچه با خشکی کامل مواجه گردید. لازم به ذکر است که این وضعیت (خشکی کامل جنوب دریاچه ارومیه) در شهریورماه ۱۳۹۴ نیز تکرار گردیده است. (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- روند خشکی دریاچه ارومیه در طی ۴ دهه اخیر (AghaKouchak, et al, ۲۰۱۵)

۶- عوامل موثر بر بروز بحران دریاچه ارومیه

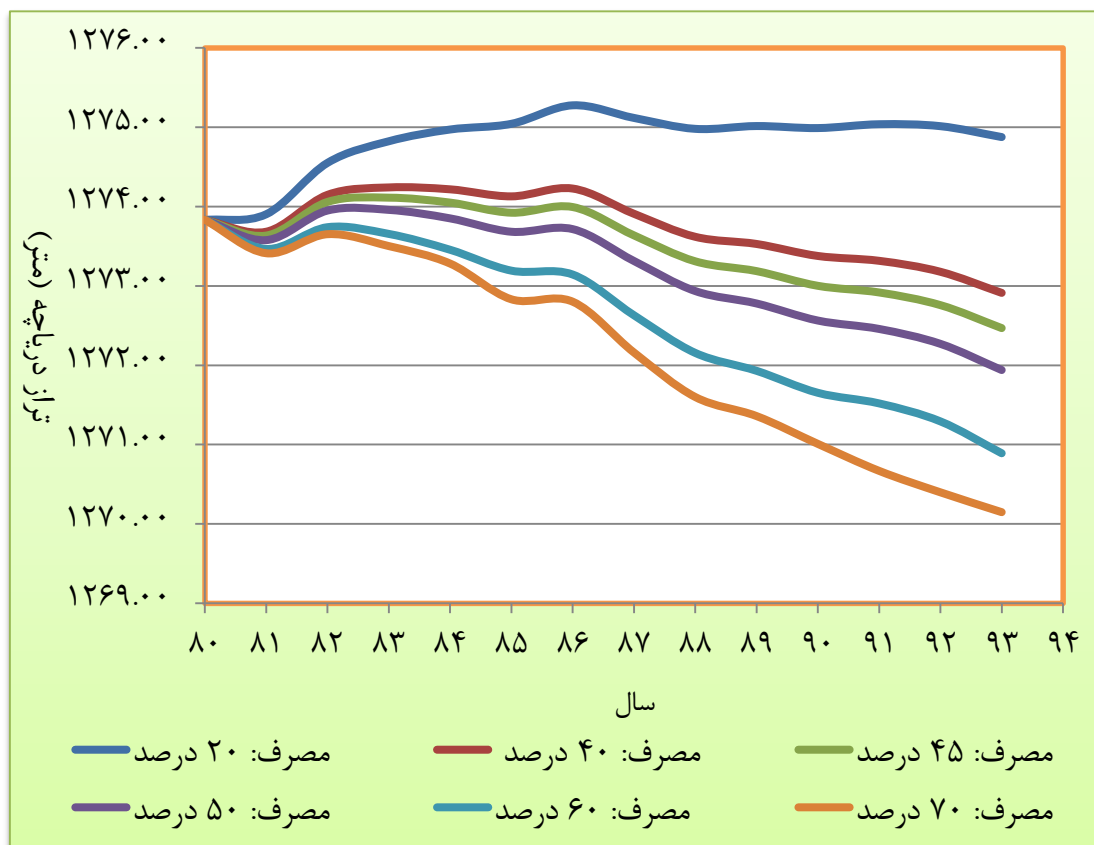
همانطور که اشاره گردید، با توجه به قرارگیری دریاچه ارومیه در یک حوضه آبریز بسته، تنها عوامل بارش مستقیم و رواناب ورودی از آبراهه‌ها و رودخانه‌ها به عنوان منابع آب ورودی به دریاچه و تبخیر به عنوان خروجی از دریاچه به حساب می‌آید. لذا کاهش مستمر حجم آب دریاچه در اثر تبخیر و عدم ورود منابع آب کافی به دریاچه به منظور جبران و حفظ تعادل آبی آن به عنوان عامل اصلی خشکی دریاچه تلقی می‌گردد. اما مسئله اصلی این است که چه علل و عواملی منجر به عدم جریان آب کافی به دریاچه و همچنین افزایش میزان تبخیر از سطح آن گردیده و شرایط کنونی را برای دریاچه رقم زده است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، سه عامل اصلی موثر در خشکی دریاچه ارومیه عبارتند از:

- برداشت بیش از حد مجاز از منابع تجدیدپذیر حوضه
- توسعه نامتوازن بخش کشاورزی در حوضه
- تغییرات اقلیمی و استمرار خشکسالی‌ها

در واقع این مجموعه عوامل با اثرات تشدیدکنندگی بر روی یکدیگر، منجر به خشکی دریاچه ارومیه گردیده‌اند. البته عواملی مانند احداث میان‌گذر نیز می‌تواند در تشدید شرایط کنونی دریاچه نقش داشته باشد، که در این نوشتار به این موضوع پرداخته نشده و این مسئله طی مطالعه‌ای توسط دانشگاه تبریز و سازمان حفاظت محیط‌زیست در حال بررسی می‌باشد. در حال حاضر در حدود ۷۰ درصد از منابع آب تجدیدپذیر حوضه توسط بخش‌های مختلف به مصرف می‌رسد که بخش کشاورزی بیش از ۶۰ درصد از کل منابع آب تجدیدپذیر حوضه و حدود ۹۰ درصد از مصارف آب در حوضه را به خود تخصیص داده است. این میزان برداشت بیش از حد مجاز از منابع آبی حوضه و از طرف دیگر کاهش بارش‌ها در سطح حوضه، سالانه به‌طور میانگین کاهش ۵۰ درصدی حجم آب عبوری از آخرین ایستگاه‌های منتهی به دریاچه ارومیه را در پی داشته است؛ به طوری که میانگین دوره آماری ۱۸ ساله منتهی به سال آبی ۹۱-۹۰، رقم ۲۵۰۰ میلیون مترمکعب را برای مجموع رواناب‌های عبوری از آخرین ایستگاه‌های منتهی به دریاچه ارومیه نشان می‌دهد. البته لازم به ذکر است که این عدد در سال‌های مختلف نوسانات زیادی داشته و حتی به حدود ۵۰۰ میلیون مترمکعب تا یک میلیارد مترمکعب نیز رسیده است. نکته مهم دیگر تلفات قابل ملاحظه آب در حد فاصل بین آخرین ایستگاه‌ها تا پیکره آبی دریاچه به علت برداشت توسط کشاورزان و پخش شدن آب می‌باشد که این موضوع نیز در کاهش ورودی حجم آب به پیکره اصلی دریاچه تاثیرگذار بوده است.

به‌منظور ارزیابی میزان اثرات ناشی از برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب تجدیدپذیر حوضه بر روند افت تراز دریاچه ارومیه، در شکل (۱۴)، نمودار روند تغییرات سطح تراز دریاچه در یک دهه اخیر (از سال ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۳) در سناریوهای مختلف برداشت از منابع آب حوضه ترسیم گردیده است. شرایط کنونی دریاچه ارومیه در واقع حاصل اجرای سناریوی برداشت ۷۰ درصدی از منابع آب تجدیدپذیر حوضه و عدم تخصیص و تامین حقابه زیست‌محیطی دریاچه ارومیه می‌باشد. این سناریو منجر به این شده است که تراز کنونی دریاچه تا نزدیک ۱۲۷۰ متر بالاتر از سطح دریا کاهش پیدا نماید. در صورت رعایت سناریوی برداشت ۲۰ درصدی از منابع آب تجدیدپذیر حوضه، الان نه تنها شاهد تثبیت شرایط دریاچه حتی در دوره‌های خشکسالی می‌بودیم، بلکه نسبت به تراز اکولوژیک نیز تراز دریاچه یک متر بالا بوده است. البته لازم به ذکر است که اجرایی نمودن این سناریو، امری بسیار دشوار بوده و با توجه به اولویت تامین آب شرب و صنعت تنها در حدود یک میلیارد مترمکعب آب در اختیار بخش کشاورزی می‌بایست قرار می‌گرفت.

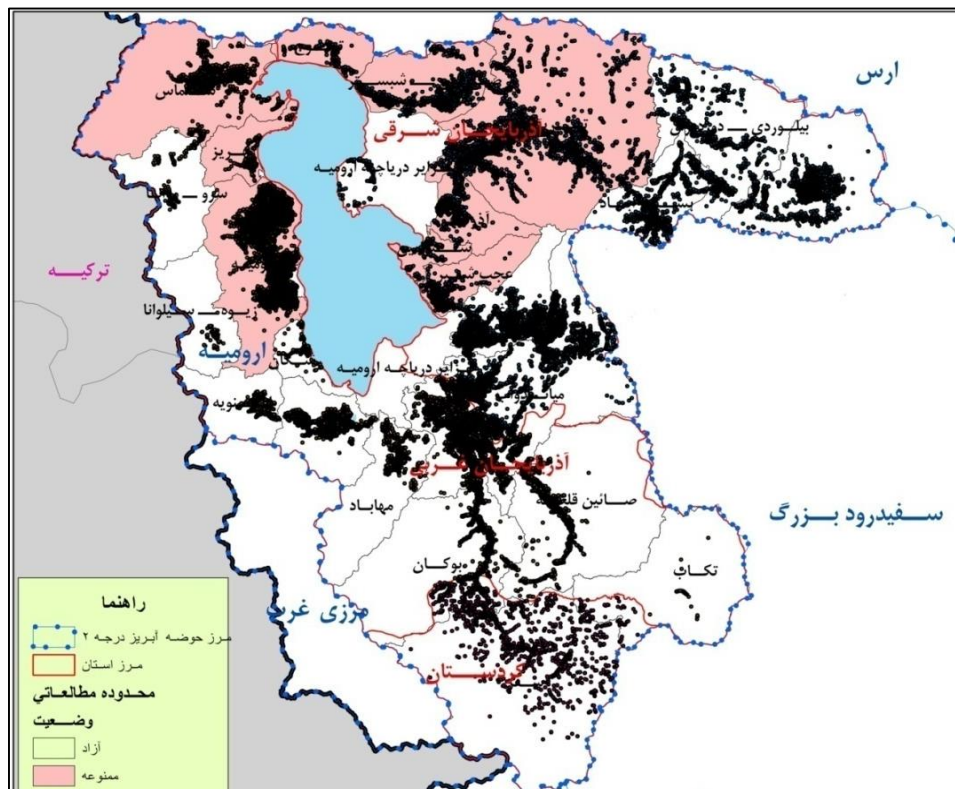
نسبت به سناریو برداشت ۲۰ درصدی، سناریوهای ۴۰ درصد یا ۴۵ درصد مصرف منابع آب تجدیدپذیر سناریو قابل قبول‌تر و اجرایی‌تری بوده و می‌توانست مبنای مدیریت منابع آب حوضه قرار گیرد. در صورت اجرایی نمودن این دو سناریو، تراز دریاچه در شرایط کنونی به حدود ۱۲۷۳ متر می‌رسید که به مراتب از تراز ۱۲۷۰ قابل قبول‌تر و مناسب‌تر می‌باشد.



شکل ۱۴- روند تغییرات تراز دریاچه ارومیه در شرایط مختلف برداشت از منابع آب تجدیدپذیر حوضه

در مجموع این نمودار به خوبی نشان گر دقت و اثربخشی شاخص کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل در حوزه مدیریت بخش آب در این حوضه آبریز می باشد. موضوعی که نه تنها در اکثریت قریب به اتفاق مناطق کشور رعایت نشده است، بلکه شاهد برداشت بیش از ۱۰۰ درصدی از منابع آب تجدیدپذیر زیرزمینی کشور در بسیاری از دشتها می باشیم. بدون شک تداوم این وضعیت، فاجعه بسیار زیان بار و غیرقابل جبرانی را برای کشور رقم خواهد زد.

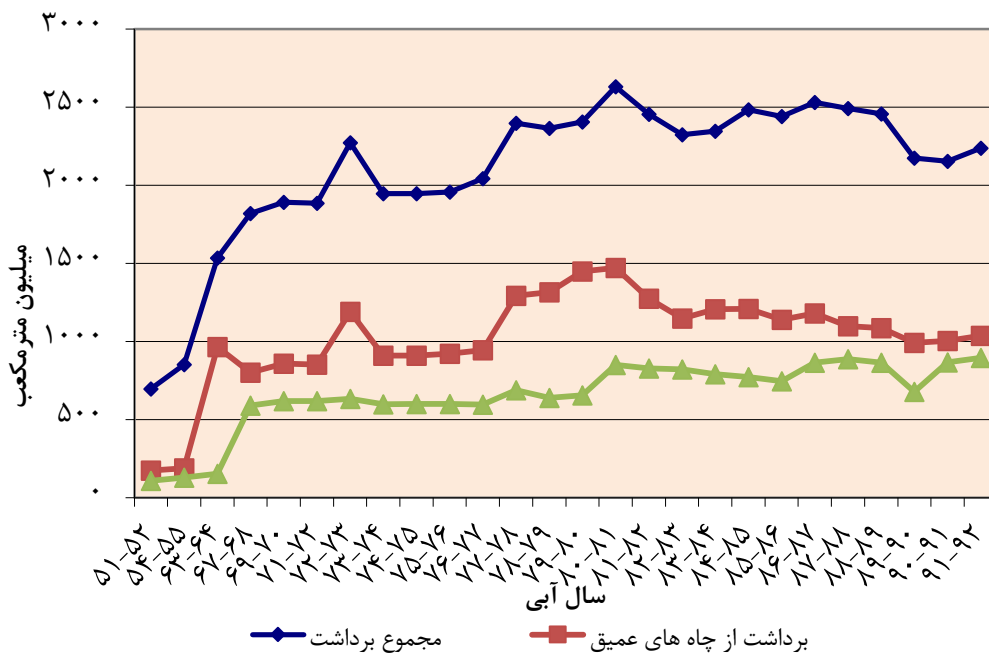
افزایش قابل ملاحظه میزان چاههای حفر شده در سطح حوضه نیز از جمله عوامل موثر بر افت قابل ملاحظه تراز دریاچه ارومیه بوده است. گرچه بررسی های صورت گرفته توسط دفتر برنامه ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه نشان دهنده عدم ارتباط فعال بین دریاچه ارومیه و آبخوان های ساحلی آن می باشد، اما حفر حدود ۸۸۰۰۰ حلقه چاه در سطح حوضه تاثیر قابل ملاحظه ای بر آبدهی رودخانه های حوضه داشته و این امر منجر به کاهش قابل ملاحظه رواناب ورودی به دریاچه گردیده است. با فرض مساحت ۱۲۵۰۰ کیلومتر مربعی برای دشتها و کوهپایه های حوضه، یک حساب ساده نشان می دهد که متاسفانه به طور متوسط در هر کیلومتر مربع از سطح دشت های حوضه تعداد ۷ حلقه چاه حفر گردیده است. البته با توجه عدم توزیع یکنواخت چاهها در سطح حوضه، تراکم چاهها در برخی از دشتها به مانند ارومیه، میاندواب و تبریز بیش از این تعداد می باشد. در شکل (۱۵)، پراکنش چاههای حفر شده در سطح حوضه به خوبی موبد مطلب فوق می باشد.



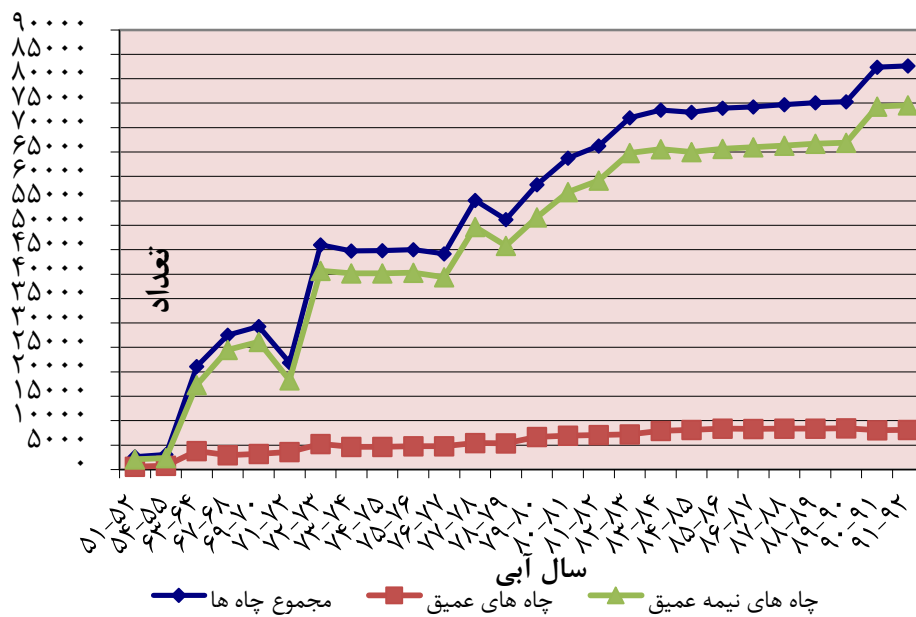
شکل ۱۵- پراکندگی چاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نکته تاسف‌انگیز در خصوص چاه‌های حفر شده در سطح حوضه این است که بسیاری از آن‌ها غیرمجاز می‌باشد. بر طبق آمار موجود تعداد چاه‌های غیرمجاز حوضه بیش از ۴۰۰۰۰ حلقه می‌باشد. بر اساس آمار دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران، در نمودار ارائه شده در شکل (۱۶) روند تغییرات میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی حوضه و در شکل (۱۷) روند افزایشی میزان حفر چاه‌ها در سطح حوضه به تفکیک عمیق و نیمه عمیق در چهار دهه اخیر نشان داده شده است. با توجه به ارقام ارائه شده در نمودارها ذکر چند نکته زیر، نشان‌دهنده وضعیت منابع آب زیرزمینی در سطح حوضه می‌تواند باشد:

۱. تعداد کل چاه‌های عمیق و نیمه عمیق حفاری شده در سطح حوضه در طی چهار دهه منتهی به سال آبی ۹۱-۹۲، ۳۱ برابر و نسبت به سال آبی ۶۳-۶۴، ۴ برابر شده است.
۲. تعداد قابل ملاحظه‌ای از چاه‌های حفر شده در سطح حوضه به صورت چاه‌های نیمه عمیق می‌باشد که اکثراً در حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوضه واقع شده‌اند. بر طبق آمار اعلام شده تعداد چاه‌های نیمه عمیق در سطح حوضه در سال آبی ۹۱-۹۲ نسبت به سال آبی ۶۳-۶۴، بیش از ۴ برابر و میزان تخلیه از آنها در حدود ۶ برابر افزایش داشته است. لازم به ذکر است که بخش عمده‌ای از این چاه‌ها به صورت غیرمجاز و توسط صاحبان باغات، مزارع و ویلاها حفر و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.



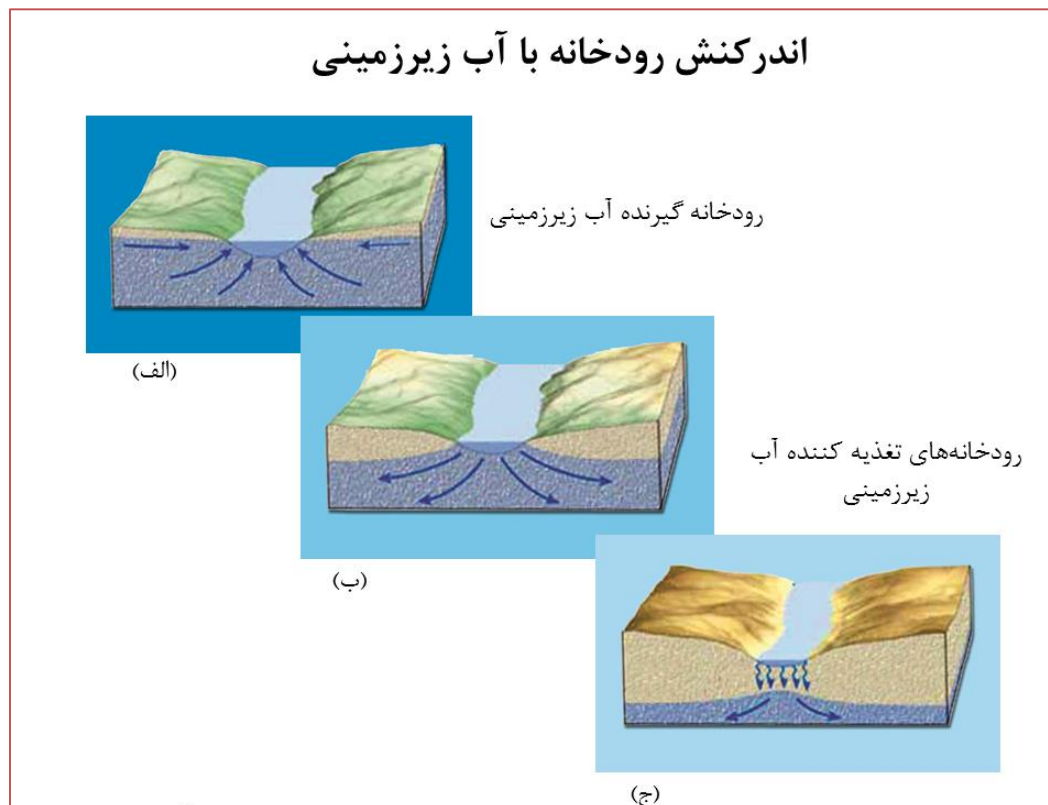
شکل ۱۶- روند تغییرات مقدار برداشت از منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در چهار دهه اخیر



شکل ۱۷- روند تغییرات چاه های عمیق و نیمه عمیق حفر شده در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه

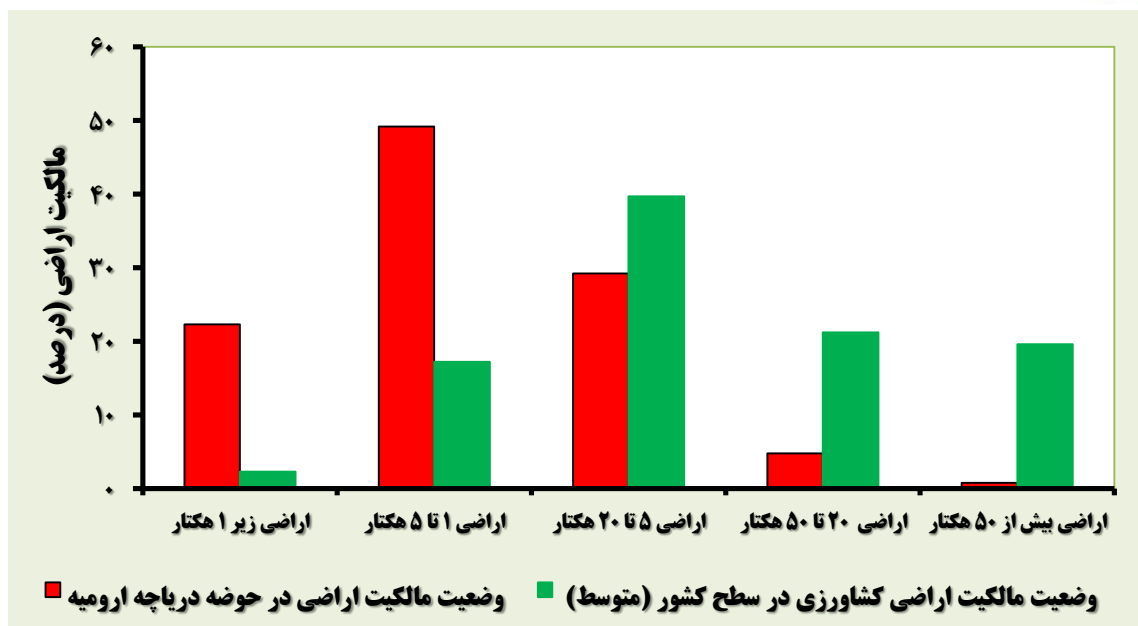
۳. علیرغم افزایش تعداد چاه های حفر شده در سطح حوضه، میزان تخلیه و برداشت از آن ها در سالیان اخیر با روند نزولی همراه بوده است. این امر به خوبی نشان دهنده کاهش توان آبدهی آبخوان های حوضه می باشد. لازم به ذکر است که کیفیت بسیاری از آبخوان ها نیز با روند نزولی همراه بوده است و این مسئله ناشی از برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی حوضه می باشد.

۴. نحوه تاثیرگذاری برداشت بی‌رویه از چاه‌ها بر رواناب رودخانه در شکل (۱۸) نشان داده شده است. در واقع این شکل به خوبی نشان‌دهنده تغییرات نحوه اندرکنش آب زیرزمینی با آبراهه‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد. به بیان بهتر، به دلیل افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی یک رودخانه تغذیه‌شونده از منابع آب زیرزمینی تبدیل به رودخانه تغذیه‌کننده گردیده و حتی دبی پایه خود را نیز ممکن است از دست دهد.



شکل ۱۸- اثرات برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بر آبدهی رودخانه‌ها

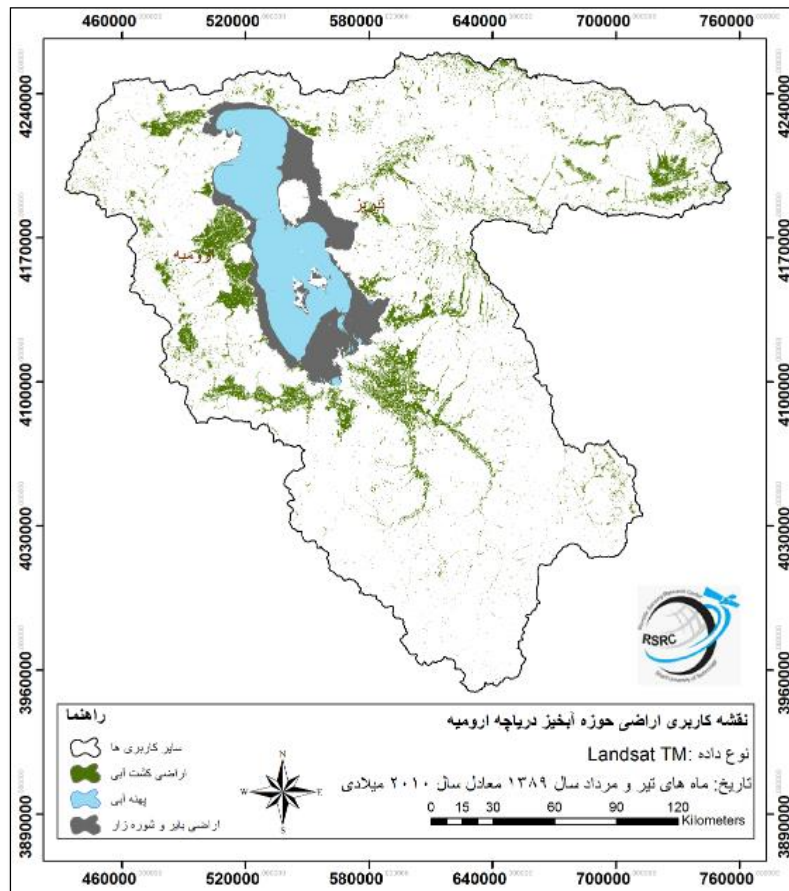
خرده مالکی شدید در سطح حوضه نیز یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر تعدد چاه‌های حفر شده در سطح حوضه می‌باشد، چرا که فرهنگ حاکم بر کشاورزی سنتی در ایران و حوضه آبریز دریاچه ارومیه این الزام را به همراه داشته است که زارع یا باغدار باید چاه منحصر به خود را داشته باشد. لازم به ذکر است که بر اساس آماربرداری کشاورزی سال ۱۳۸۲، میانگین مالکیت اراضی کشاورزی در کشور ۲/۴ هکتار است که این مقدار در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برابر ۱/۷ هکتار می‌باشد. مقایسه وضعیت مالکیت اراضی بهره‌برداران زمینهای کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه و متوسط کل کشور در شکل (۱۹) نشان داده شده است. سطح اراضی بیش از ۷۰ درصد بهره‌برداران بخش کشاورزی حوضه، زیر ۵ هکتار می‌باشد.



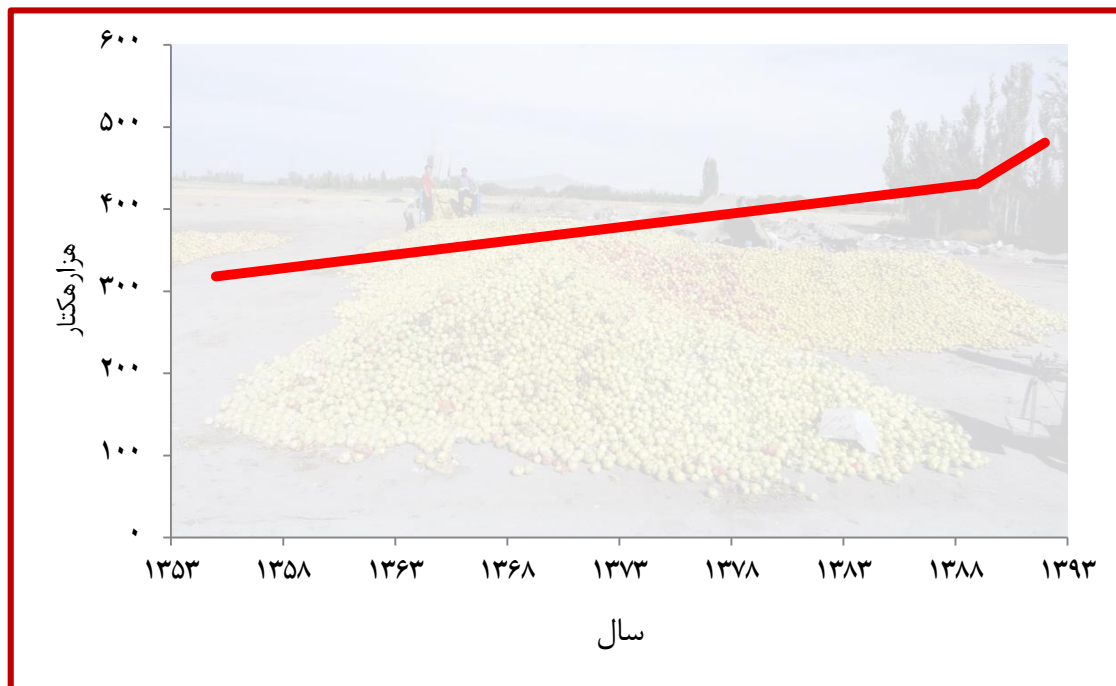
شکل ۱۹- وضعیت مالکیت اراضی در حوضه دریاچه ارومیه (سال ۱۳۸۲)

عامل اصلی افزایش میزان برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی حوضه، در واقع توسعه بخش کشاورزی در سطح حوضه بوده است. از جمله مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی توسعه مصرف آب در بخش کشاورزی، میزان افزایش اراضی فاریاب در سطح حوضه می‌باشد. بررسی‌های صورت گرفته به ویژه با استفاده از پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده افزایش قابل ملاحظه سطح زیرکشت اراضی آبی در سطح حوضه می‌باشد. در شکل (۲۰)، محدوده‌های زیرکشت آبی در سطح حوضه در سال ۱۳۸۹، نشان داده شده است. همانطور که در این تصویر نیز به خوبی مشخص است، عمده اراضی زیرکشت آبی حوضه در منطقه جنوبی دریاچه و همچنین منطقه غربی آن متمرکز شده است.

بر طبق مطالعات و آمار منتشره مختلف، سطح زیرکشت آبی کنونی در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه نزدیک ۵۰۰ هزار هکتار برآورد گردیده است. این رقم، نشان‌گر افزایش حدود ۲۰۰ هزار هکتای اراضی آبی حوضه نسبت به اوایل دهه ۱۳۵۰ شمسی می‌باشد (شکل ۲۱). افزایش قابل ملاحظه سطح زیرکشت آبی از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ (دوره خشکسالی اخیر) نیز نکته‌ای است که به خوبی در نمودار ارائه شده در شکل (۲۱) نشان داده شده است. این امر ناشی از سیاست‌های توسعه‌ای دولت در بخش کشاورزی در این دوره زمانی بوده است.

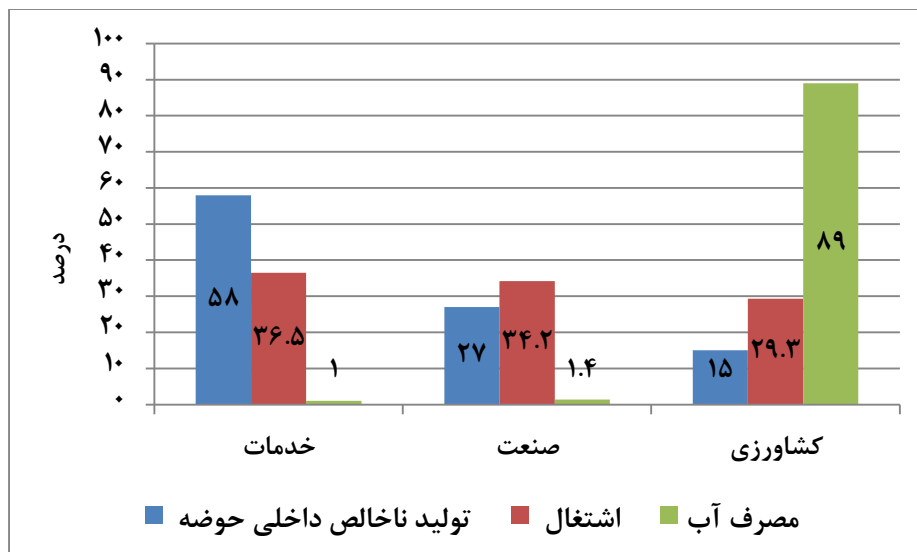


شکل ۲۰- گستره اراضی فاریاب حوزه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۹



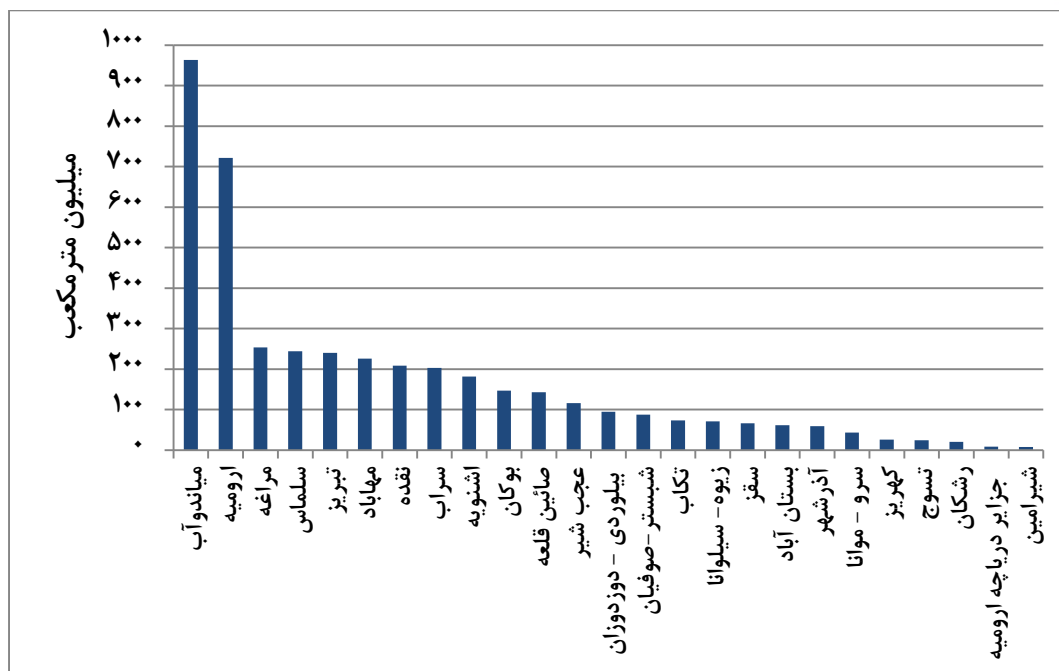
شکل ۲۱- روند افزایش سطح زیرکشت اراضی آبی در سطح حوزه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای (مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۳)

نقش کشاورزی در اقتصاد حوضه آبریز دریاچه ارومیه در نمودار ارائه شده در شکل (۲۲)، به خوبی نشان داده شده است. بخش کشاورزی با اختصاص حدود ۹۰ درصد از مصارف آبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، سالانه بیش از ۶۰ درصد منابع آب تجدیدپذیر این حوضه را مصرف می‌نماید (بر اساس نتایج آخرین آماربرداری وزارت نیرو در سال ۱۳۹۰، حجم برداشت سالانه آب توسط بخش کشاورزی در این حوضه در حدود ۴/۳ میلیارد مترمکعب می‌باشد). این میزان برداشت آب در حالی صورت می‌گیرد که، بخش کشاورزی تنها ۳۰ درصد از اشتغال حوضه و ۱۵ درصد از تولید ناخالص داخلی حوضه را به خود اختصاص داده است.



شکل ۲۲- جایگاه بخش کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه

در شکل (۲۳) نیز، حجم آب برداشتی بخش کشاورزی در محدوده‌های مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد مقایسه قرار گرفته است. داده‌های ارائه شده در این دو شکل به خوبی نشان‌دهنده تمرکز بیشترین مصارف آبی در دو محدوده جنوب (میاندوآب) و غرب (ارومیه) دریاچه ارومیه می‌باشد. بر مبنای داده‌های حاصل از آماربرداری وزارت نیرو، این دو محدوده حدود ۴۰ درصد از مصارف آبی بخش کشاورزی حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به نقش بیش از ۵۰ درصدی رودخانه‌های زربنه‌رود و سیمینه‌رود در تامین آب دریاچه و همچنین برداشت قابل ملاحظه از منابع آب توسط بخش کشاورزی در این محدوده، مطالعه، اجرا، پایش و نظارت بر راهکارهای کاهش مصرف ۴۰ درصدی آب به عنوان اولویت اول در دستور کار ستاد احیای دریاچه ارومیه قرار گرفته است.

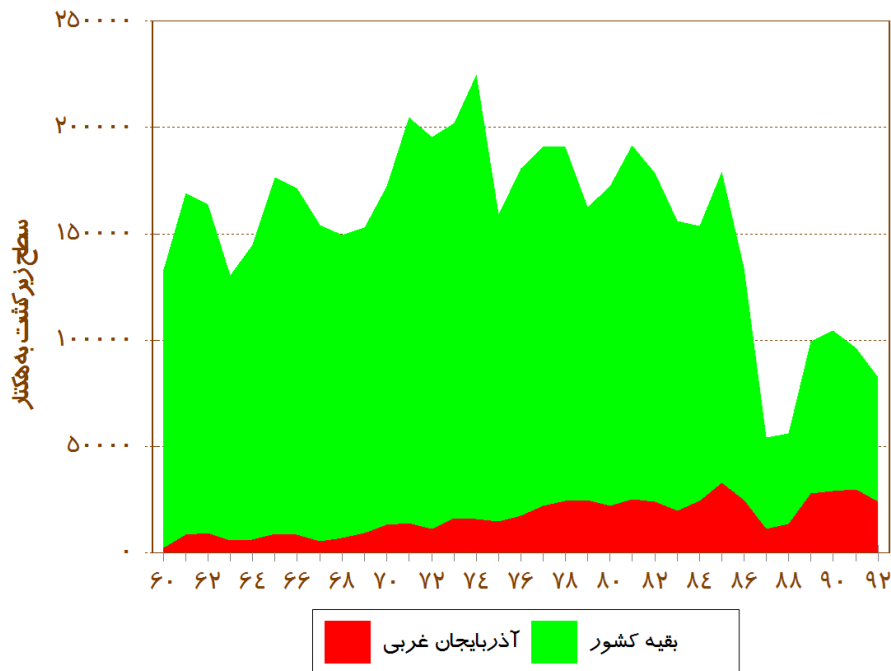


شکل ۲۳- حجم برداشت آب توسط بخش کشاورزی در محدوده‌های مختلف حوضه دریاچه ارومیه (۱۳۹۰)

علاوه بر افزایش سطح زیر کشت در بخش کشاورزی حوضه، سایر عوامل موثر در توسعه نامتوازن این بخش در سطح حوضه را می‌توان در قالب موارد زیر برشمرد؛

- تغییر الگوی کشت کم‌مصرف آبی به الگوی کشت پرمصرف (مثل افزایش سطح زیر کشت چغندر و سیب در سطح حوضه)
- افزایش سطح زیرکشت باغی در سطح حوضه (در حال حاضر حدود ۳۰ درصد از اراضی آبی حوضه زیرکشت باغات می‌باشد)
- تولید بیش از نیاز برخی از محصولات در سطح حوضه و صادرات آن به خارج از حوضه
- آبیاری بیش از نیاز آبی گیاه در بخشی از مناطق حوضه و زهدارشدن اراضی

مصادق بارز موضوع عدم رعایت شرایط جدید اقلیمی و کمبود منابع آب در مدیریت بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی، تولید مازاد ریشه چغندر قند و خروج آن از سطح حوضه آن می‌باشد. بر اساس بررسی‌های کارشناسی و فنی به عمل آمده توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، بخش قابل توجهی از محصول چغندر قند تولید شده در استان آذربایجان غربی توسط آزادکارها (افراد فاقد قرارداد با کارخانه‌های قند استان) تولید و جهت تامین نیاز کارخانه‌های واقع در خارج از استان صادر می‌گردد. مقدار تناژ صادراتی چغندر قند از استان در طی چهار سال منتهی به سال ۱۳۹۳، به ترتیب معادل ۳۰۰، ۴۴۰، ۳۱۴ و ۴۱۲ هزار تن برآورد گردیده است. به عبارت دیگر در طی این چهار سال در حدود یک و نیم میلیون تن چغندر قند تولیدی از استان مذکور خارج گردیده است. میزان سطح زیرکشت چغندر قند در سطح استان آذربایجان غربی در سالیان اخیر به حدود ۳۰ درصد تولید کشوری رسیده است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- روند تغییرات سطح زیر کشت چغندر در سطح استان آذربایجان غربی و سایر استان‌ها (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، ۱۳۹۳)

نکته قابل توجه این است که عمده محصول چغندر قند صادراتی از سطح استان به شهرستان‌های میاندوآب و بوکان به جنوب استان تعلق دارد. بر اساس برآوردهای صورت گرفته در صورت جلوگیری از تولید مازاد چغندر قند تا حدود ۱۰۰ میلیون مترمکعب در مصرف آب زراعی مناطق جنوبی استان آذربایجان غربی صرفه‌جویی خواهد گردید. حتی در صورت جایگزینی کشت چغندر با محصولات کم مصرف، میزان قابل توجهی (در حدود ۶۰ میلیون مترمکعب) از مصرف آب در بخش کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه کاهش پیدا می‌نماید. علاوه بر خروج حجم آب قابل ملاحظه از منابع آبی حوضه در اثر خروج این محصول از سطح حوضه، از جمله سایر تبعات ناشی از این مسئله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هزینه‌های قابل ملاحظه حمل و نقل (مصرف سوخت، استهلاک جاده و ماشین‌الات)
- هزینه فرصت کشت سایر محصولات استراتژیک کم مصرف مانند گندم
- احتمال انتقال آلودگی‌ها در اثر حمل و نقل ریشه چغندر به سایر مناطق کشور

در انتها، نکته بسیار کلیدی مهم دیگری که می‌بایست به آن اشاره گردد، مسئله آبیاری بیش از نیاز آبی گیاهان در برخی از مناطق حوضه به‌ویژه در محدوده جنوبی حوضه می‌باشد. این مسئله علاوه بر هدررفت قابل ملاحظه منابع آب، زه‌دار شدن برخی از مناطق حوضه مانند میاندوآب را نیز در پی داشته است. در شکل ۲۵ تصاویری از وضعیت آبیاری اراضی محدوده میاندوآب در سال ۱۳۹۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج مطالعه صورت گرفته توسط مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف بر مبنای تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، در مناطق مختلف حوضه با در نظر گرفتن شرایط کنونی و بدون اعمال هیچ‌گونه تغییری

در الگوی کشت و همچنین درآمد و معیشت کشاورزان حوضه و با تامین کل نیاز آبی خالص گیاه، امکان کاهش ۲۰ الی ۳۹ درصدی مصرف آب وجود دارد. لذا می‌توان با به‌کارگیری راهکارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای مناسب و بدون اعمال فشار به بهره‌برداران بخش کشاورزی به میزان قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب بخش کشاورزی حوضه صرفه‌جویی نمود.



شکل ۲۵- وضعیت آبیاری اراضی و باغات محدوده میاندوآب (۱۳۹۴)

۷- اهم تهدیدات و خطرات ناشی از خشکی دریاچه ارومیه

بر اساس شواهد میدانی موجود و همچنین تجارب حاصل از خشکی دریاچه‌های مشابه در سطح دنیا مانند دریاچه آرال در آسیای مرکزی، اهم تهدیدات و خطرات ناشی از تداوم خشکی دریاچه ارومیه را می‌توان در قالب موارد زیر بیان نمود:

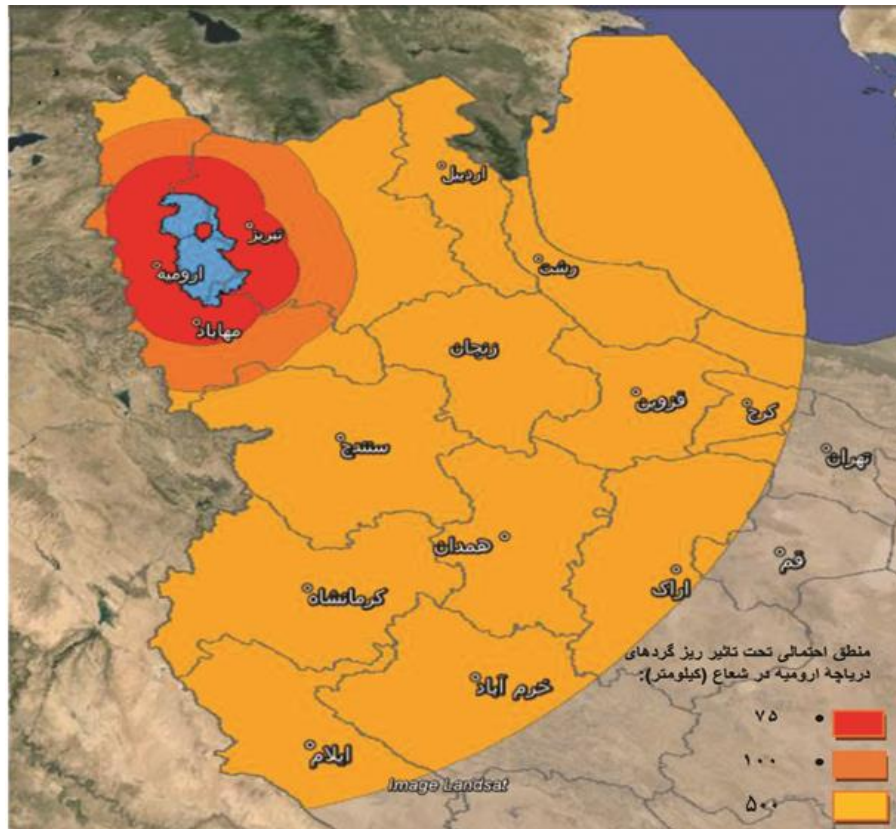
- احتمال بروز طوفان‌های گرد و غبار نمکی در منطقه
- بیابان‌زایی و افزایش گستره مناطق بیابانی در منطقه و از بین رفتن عرصه‌های طبیعی
- احتمال گسترش بیماری‌های سخت و صعب‌العلاج در منطقه اعم از بیماری‌های قلبی-عروقی، چشمی، ریوی، خونی و...

- از بین رفتن اراضی و باغات کشاورزی به‌ویژه در مناطق مجاور دریاچه ارومیه و افزایش بیماری‌های دامی

- ایجاد تغییر در شرایط اقلیمی منطقه

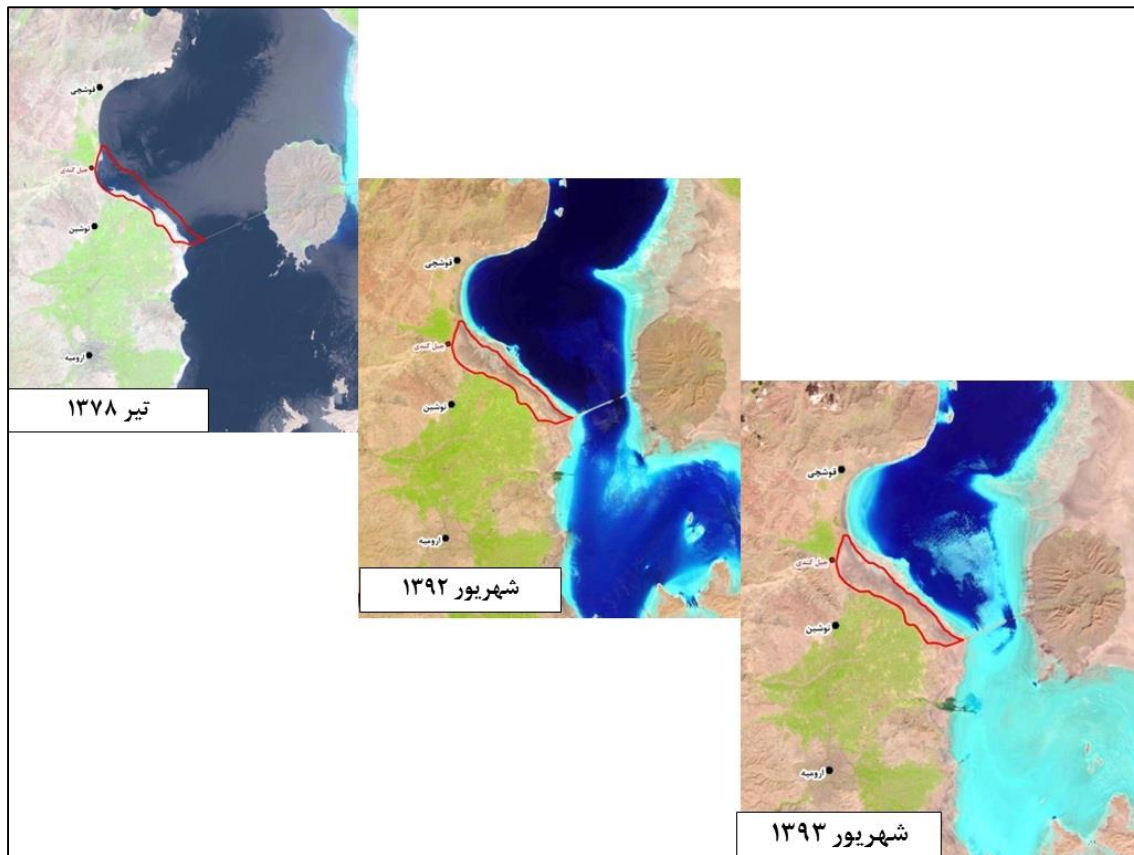
بدون شک یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های موجود ناشی از پسروی و خشکی بخش ملاحظه‌ای از دریاچه ارومیه، تبدیل شدن آن به یکی از کانون‌های فعال ایجاد گرد و غبار نمکی در منطقه و تبعات غیرقابل جبران ناشی از این موضوع در آینده نه‌چندان دور می‌باشد. در شکل (۲۶)، مناطقی از کشور که در شعاع ۷۵ کیلومتری، ۱۰۰ کیلومتری و ۵۰۰ کیلومتری از دریاچه ارومیه قرار دارند، نشان داده شده است. متأسفانه در صورت تبدیل شدن این دریاچه به یکی از کانون‌های فعال تولید گرد و غبار جمعیت قابل ملاحظه‌ای در معرض تهدید گرد و غبار ناشی از خشکی دریاچه ارومیه قرار می‌گیرند.

همچنین یکی از مهم‌ترین خطرات جدی ناشی از پسروی سطح قابل ملاحظه‌ای از دریاچه ارومیه، بیابان‌زایی می‌باشد. در واقع تجربه تلخ دریاچه آرال موید این مطلب می‌باشد که تبدیل دریاچه ارومیه به کویر ارومیه، چندان مسئله دور از ذهنی نمی‌تواند باشد. متأسفانه شواهد و بررسی‌های میدانی صورت گرفته نشان‌دهنده ایجاد تپه‌های ماسه‌ای و پهنه‌های شن و ماسه روان در مناطق مختلف دریاچه ارومیه و مناطق مجاور آن می‌باشد. حتی برخی از مناطق داخل محدوده دریاچه به‌گونه‌ای جلوه می‌نمایند که اگر بیننده شناختی نسبت به موقعیت مکانی تصاویر نداشته باشد، آن منطقه را با مناطق کویری ایران اشتباه می‌گیرد.



شکل ۲۶- مناطق واقع در شعاع حرکتی مختلف طوفان‌های گرد و غبار احتمالی دریاچه ارومیه

به‌عنوان نمونه، در شکل (۲۷) روند بیابان‌زایی در محدوده غربی دریاچه (منطقه جبل‌کندی) به‌خوبی نشان داده شده است. تپه‌های ماسه‌ای و روان ایجاد شده در این منطقه در شکل (۲۸) نشان داده شده است.

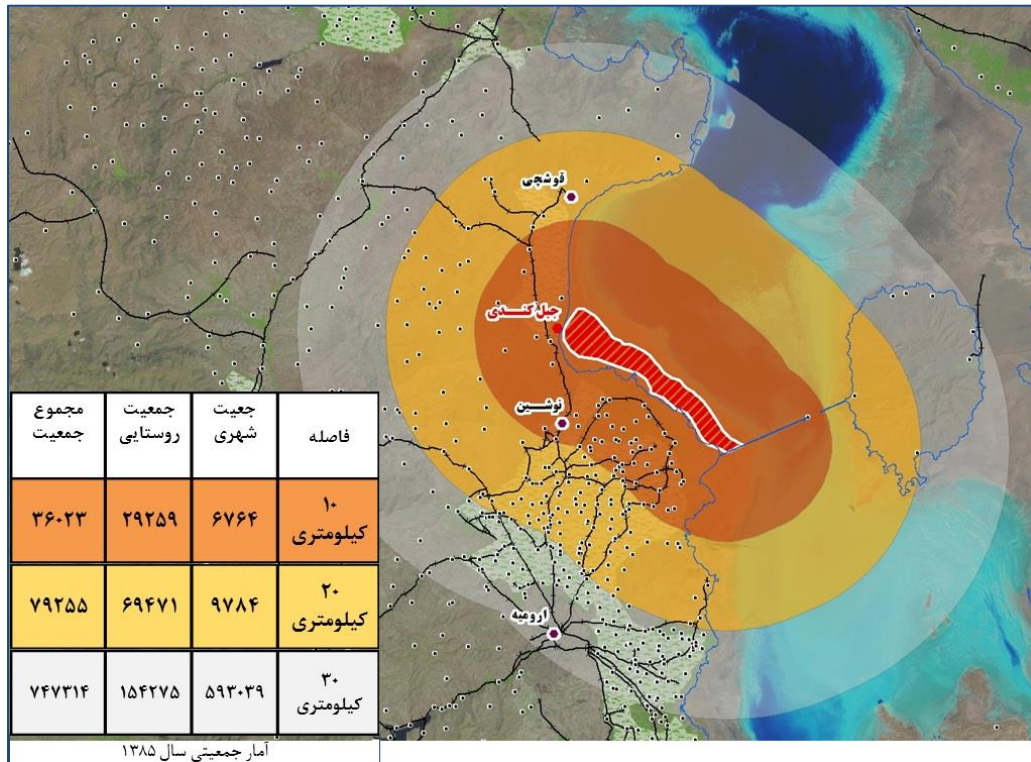


شکل ۲۷- روند بیابان‌زایی در منطقه غربی دریاچه (جبل‌کندی) ارومیه

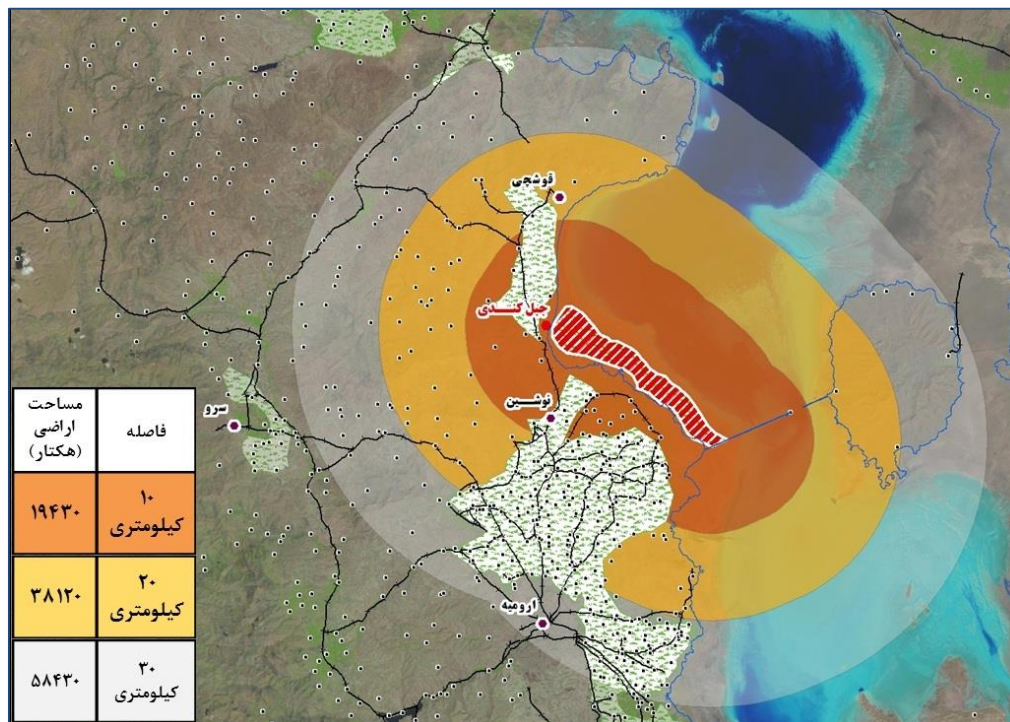


شکل ۲۸- تپه‌های ماسه‌ای منطقه جبل‌کندی ارومیه (دی‌ماه ۱۳۹۲)

به منظور درک میزان جدی بودن خطر بیابان‌زایی در منطقه غربی دریاچه، در شکل‌های ۲۹ و ۳۰، مراکز جمعیتی و صنعتی مجاور دریاچه در فواصل مختلف از منطقه جبل‌کندی و همچنین مزارع و باغات در معرض خطر نشان داده شده است.



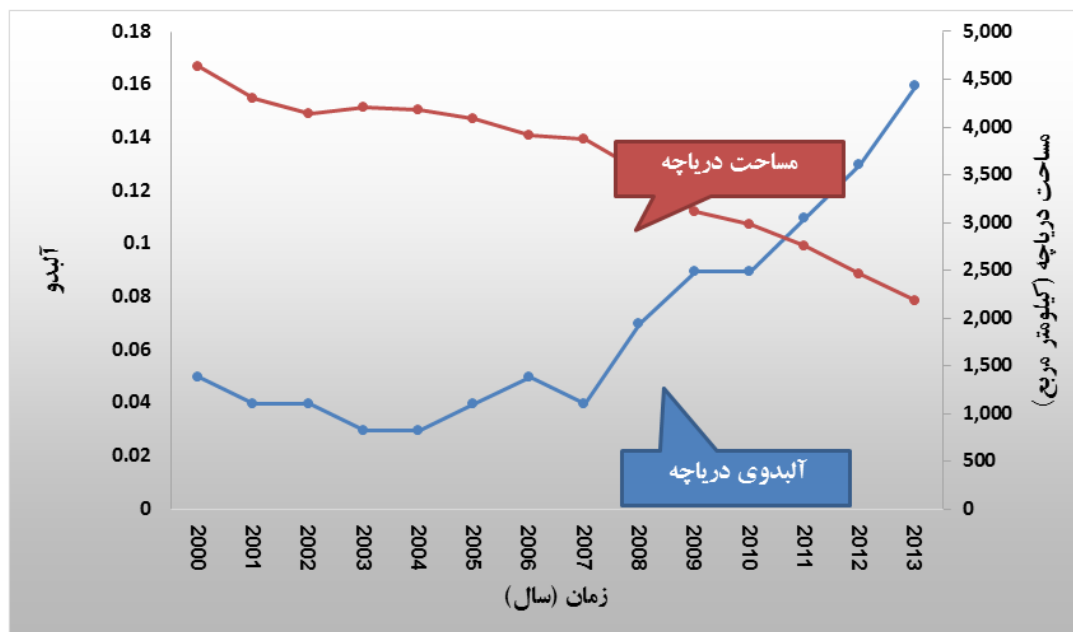
شکل ۲۹- مراکز جمعیتی و صنعتی در معرض خطر بیابان‌زایی حاشیه غربی دریاچه ارومیه



شکل ۳۰- گستره اراضی زراعی و باغی در معرض خطر بیابان‌زایی حاشیه غربی دریاچه ارومیه

لازم به ذکر است که این خطر تنها محدود به منطقه غربی دریاچه ارومیه نبوده و بسیاری از مناطق مجاور آن به مانند شبستر، عجب شیر، سلماس، میاندوآب و سایر مناطق را نیز به صورت جدی تهدید می نماید. همچنین طبق مطالعات صورت گرفته توسط مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف، از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳، سطح آبدوی (بازتابش تشعشعات خورشیدی) از سطح دریاچه ارومیه تا ۴ برابر و در مناطق مجاور آن تا ۲/۵ برابر افزایش یافته است. در واقع همزمان با کاهش سطح دریاچه میزان آبدوی آن در طی این سالها افزایش قابل ملاحظه ای داشته است (شکل ۳۱).

روند تغییرات سطح دریاچه و افزایش آبدوی



شکل ۳۱- روند تغییرات آبدوی ناشی از دریاچه ارومیه در اثر کاهش سطح آن (مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۳)

از پیامدهای افزایش آبدوی سطح، افزایش شدت تشعشعات فرابنفش خواهد بود. بیماری های حاصل از قرارگیری مکرر در معرض اشعه فرابنفش را به صورت زیر عنوان نموده اند:

۱. آسیب های اشعه ماورای بنفش

- ✓ سرطان
- ✓ آسیب های چشمی
- ✓ تخریب سیاهی چشم
- ✓ آب مروارید
- ✓ سوختگی یا برف کوری
- ✓ گل مژه

۲. آسیب‌های پوستی

با توجه به آنچه نمود پیدا کرده و آنچه در مطالعات به اثبات رسیده است و همچنین با تطبیق مطالعات جهانی دریاچه‌های خشک شده می‌توان پیش‌بینی نمود وضعیت سلامت و بهداشت جوامع محلی تا چند سال آینده با افت کیفی بالایی همراه بوده و شیوع بیماری‌های مزمن و حاد گوارشی، تنفسی، سرطانی، خونی، انواع عوارض جنینی، عقب‌افتادگی‌ها و ... دور از انتظار نمی‌باشد. لذا اهمیت پیشگیری از حادثه شدن وضعیت دریاچه و در نتیجه پیشگیری از حادثه شدن وضعیت شیوع بیماری‌ها در جوامع محلی به ویژه در روستاهای حاشیه دریاچه بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

همچنین اثرات ادامه روند خشکی دریاچه بر کشاورزی منطقه نیز به صورت زیر قابل پیش‌بینی می‌باشد:

- شور شدن خاک کشاورزی و کاهش حاصلخیزی خاک ناشی از پراکنش نمک در سطح اراضی
- ورود ترکیبات سمی به زنجیره غذایی و تهدید سلامت ساکنین منطقه
- خشکی درختان مثمر در اثر پراکنش نمک در سطوح آن‌ها
- کاهش توان تولید مراتع در اثر پراکنش نمک بروی آن‌ها
- کاهش توان تولید بخش دامداری و دامپروری منطقه

۸- جمع‌بندی

بحران دریاچه ارومیه تنها یکی از بارزترین مصادیق شدت بحران‌های زیست‌محیطی و آبی کشور می‌باشد. بحرانی که در صورت تداوم و ادامه روند موجود نه تنها تخریب گسترده بسیار وسیعی از سرزمین ایران و جمعیت قابل ملاحظه ۵ میلیون نفری ساکن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را تهدید می‌کند، می‌تواند در یک سطح بالاتر اقتصاد و امنیت ملی و کل سرزمین ایران را تحت تاثیر قرار دهد.

واقعیت این است گرچه تغییر در شرایط اقلیمی تاثیر غیرقابل انکاری بر خشکی شدید دریاچه ارومیه داشته است، اما شرایط کنونی دریاچه ارومیه پیامد توسعه نامتوازن و ناپایدار در حوضه آبریز آن و برداشت بی‌رویه از منابع آب تجدیدپذیر حوضه به‌ویژه در دو دهه اخیر می‌باشد. به عبارت بهتر عدم رعایت اصول سازگاری با اقلیم و به‌ویژه شرایط اقلیمی جدید در دو دهه گذشته، چنین شرایطی را برای دریاچه رقم زده است. مجموعه عوامل انسانی و طبیعی مختلف به‌مانند اجرای طرح‌های متعدد توسعه منابع آب، توسعه روزافزون بخش کشاورزی، تغییر الگوی کشت و تولید محصولات پرآب‌بر در سطح حوضه، بهره‌وری پایین مصرف آب و عدم حفاظت موثر از منابع زیست‌محیطی و اکولوژیکی حوضه و از طرف دیگر نوسانات اقلیمی و کاهش میزان بارش‌ها و رواناب‌ها در سطح حوضه این چنین شرایطی را برای پهناورترین دریاچه داخلی ایران به همراه داشته است. به عبارت بهتر عدم جریان آب کافی به دریاچه در سالیان اخیر منجر به تشدید روند کاهش تراز دریاچه و کاهش سطح و حجم آن گردیده است.

بر اساس شواهد موجود و همچنین تجارب حاصل از دریاچه‌های با وضعیت مشابه ارومیه در سطح جهان، بدون شک تداوم روند خشکی دریاچه ارومیه خسارات و آسیب‌های بسیاری را بر سلامت و بهداشت ساکنین

حوضه و معیشت آن‌ها، تخریب اکوسیستم و بخش کشاورزی حوضه (تخریب اراضی و باغات) را به همراه خواهد داشت. چالش‌ها و مسائل اجتماعی به‌مانند افزایش مهاجرت و حاشیه‌نشینی در شهرهای بزرگ نیز از جمله آثار محتمل تداوم وضعیت کنونی دریاچه ارومیه می‌باشد. ایجاد و تشدید ریزگردها به‌ویژه ریزگردهای نمکی از جمله تبعات مستقیم خشکی دریاچه ارومیه بوده که به شدت سلامت ساکنین مجاور دریاچه و حتی استان‌های همجوار آن‌ها را تهدید می‌نماید. بر اساس تجارب موجود در سایر دریاچه‌های مشابه، برخی از بیماری‌های محتمل ناشی از ریزگردهای دریاچه شامل عفونت‌های حاد دستگاه تنفسی، آسم، سرطان‌های ریه و مجاری تنفسی، افزایش فشار خون، حملات قلبی و افزایش سقط جنین می‌باشد.

گرچه نجات این سرمایه زیست‌محیطی ملی کشور در شرایط کنونی با دشواری‌های بسیاری مواجه است و امری بسیار سخت و پیچیده جلوه می‌کند، اما امید است با اهتمام جدی همه ذینفعان به‌ویژه مسئولین امر و جوامع محلی این امر امکان‌پذیر گردد. چه بسا که هر گونه کوتاهی بیش از این منجر به فاجعه زیست‌محیطی و اجتماعی گردد که دهه‌ها امکان جبران آن وجود نداشته باشد.

گزارش حاضر در راستای تبیین ابعاد مختلف بحران آب در ایران با محوریت دریاچه ارومیه تدوین گردیده است. در گزارش جداگانه‌ای سعی گردیده است اهم اقدامات و مصوبات توسط کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه و اقدامات دبیرخانه آن (ستاد احیای دریاچه ارومیه) و پیشرفت در روند اجرای پروژه‌های مرتبط ارائه گردد.

با امید احیای دریاچه ارومیه

ستاد احیای دریاچه ارومیه

شهریورماه ۱۳۹۴.

۹- مراجع

۱. دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه. ۱۳۹۳. گزارش کمیته منابع و مصارف.
۲. دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه. ۱۳۹۳. گزارش کارگروه تخصصی مدیریت آب کشاورزی.
۳. دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه. ۱۳۹۳. گزارش کارگروه تخصصی اثرات بهداشتی ناشی از خشک‌شدن دریاچه ارومیه.
۴. دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه. ۱۳۹۳. گزارش کارگروه تخصصی بررسی راهکارهای کنترل و تثبیت کانون‌های ایجاد طوفان نمک در دریاچه ارومیه.
۵. دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه. ۱۳۹۳. گزارشات مطالعات تطبیقی دریاچه‌های مشابه دریاچه ارومیه.
۶. دفتر مدیریت به‌هم پیوسته حوضه آبریز دریاچه ارومیه (وزارت نیرو). ۱۳۹۲. وضعیت و چالش‌های آب زیرزمینی حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ارائه راهکارها. ارائه شده در کارگروه تخصصی مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی دریاچه ارومیه.
۷. دفتر مدیریت به‌هم پیوسته حوضه آبریز دریاچه ارومیه (وزارت نیرو). ۱۳۹۳. وضعیت مصارف در حوضه آبریز دریاچه ارومیه.
۸. دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران، گروه مطالعات آب‌های زیرزمینی. ۱۳۹۳. بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی کشور تا پایان سال آبی ۹۲-۹۱.
۹. طرح حفاظت تالاب‌های ایران، ۱۳۸۷، برنامه مدیریت اکوسیستم دریاچه ارومیه.
۱۰. مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف. ۱۳۹۳. بررسی تحلیلی کاربری اراضی (کشاورزی آبی) در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست (سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ میلادی).
۱۱. مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات آلودگی موج کوتاه و فرابنفش دریاچه ارومیه و محدوده خشک شده به جای مانده از آن.
۱۲. مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف. ۱۳۹۴. برآورد تبخیر و تعرق، مصارف و میزان آب قابل صرفه‌جویی محدوده‌های کشاورزی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۰ میلادی.
۱۳. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد. ۱۳۹۳. راهکارهای اجرایی و فنی کاهش مصرف آب در زراعت چغندرقد در حوضه آبریز دریاچه ارومیه.
۱۴. وزارت نیرو. ۱۳۹۳. بحران آب و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات آن.
۱۵. <http://www.mehrnews.com/news/۲۷۷۸۶۸۲>
۱۶. <http://www.mehrnews.com/news/۲۳۴۷۰۷۴>
۱۷. <http://www.dolat.ir/NSite/FullStory/News/?Serv=۸&Id=۲۶۴۱۳۸>
۱۸. <http://news.moe.gov.ir/News/Details.aspx?ANWID=۱۵۳۶۴>
۱۹. <http://chartsbin.com>
۲۰. <http://www.un.org/esa/documents/ecosoc/cn۱۷/۱۹۹۷/ecn۱۷۱۹۹۷-۹.htm>
۲۱. Luo, T., R. Young, P. Reig. ۲۰۱۵. "Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings." Technical Note. Washington, D.C.: World Resources Institute. Available online at: www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stresscountry-rankings
۲۲. United Nations Economic and Social Council. ۱۹۹۷. Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, Report of the Secretary-General, Commission on Sustainable Development, Fifth Session, April ۱۹۹۷