

Environmental Consequences of the Water Crisis in Iran

ABSTRACT

ARTICLE INFO

Article Type

Research Article

Authors

1. Hossein Mokhtari Hashi Ph.D*
2. Amin Moradi

1. Assistant Professor of Political Geography, University of Isfahan, Isfahan.

2. PhD Student of Political Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.

*Correspondence

Address: University of Isfahan, Isfahan.

Email: h.mokhtari@geo.ui.ac.ir

Article History

Received: 20 April 2021

Accepted: 31 May 2021

Iran is geographically located in the arid climate zone of the earth, which has caused a natural shortage of water in the country. From the past, Iranians have taken some measures such as constructing qanat, dams and reservoirs in most parts of the country to cope with water shortages. Over time, population growth and the expansion of agricultural, industrial and service activities have increased the need for water use. In addition to these issues, the unbalanced distribution of activities and population in the country has often turned the natural phenomenon of water scarcity into a human and managerial phenomenon of water crisis, as a result of which double pressure is placed on water resources. In this situation, it can be imagined that the environment and natural ecosystems are the first victims of human interventions that have led to water cuts or severe reductions in their right to water and the water crisis brings all kinds of environmental crises. The present study using a descriptive- analytic method investigates the effects and consequences of the water crisis on the country's environment. The research shows examples of this situation in different parts of the country. In a way that the water crisis in various dimensions has destroyed the environment and natural ecosystems in the country and has left irreparable consequences.

Keywords: Water Crisis, Environmental Crisis, Natural Ecosystems, Water Resources, Aquifers.

تبعات زیست محیطی بحران آب در ایران

حسین مختاری هشی * Ph.D.

استادیار جغرافیای سیاسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

امین مرادی

دانشجوی دکتری، جغرافیای سیاسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در کمربند خشک کره زمین قرار گرفته است که این امر موجب کمبود طبیعی آب در کشور شده است. ایرانیان از دیرباز برای کنار آمدن با این امر، دست به اقداماتی نظیر احداث قنات، آب بند و آب انبار و... در بیشتر مناطق کشور زده‌اند. با مرور زمان، افزایش جمعیت و گسترش فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و خدماتی نیاز به استفاده از آب را افزایش داده است و در کنار این امر، توزیع نامتعادل فعالیت‌ها و جمعیت در پهنه کشور در اغلب موارد پدیده طبیعی کمبود آب را تبدیل به پدیده انسانی و مدیریتی بحران آب کرده است که در نتیجه آن فشار مضاعفی به منابع آب وارد می‌شود و در این بین شاید بتوان محیط زیست و اکوسیستم‌های طبیعی را اولین قربانیان خاموش این وضعیت محسوب کرد که مداخلات انسانی باعث قطع یا کاهش شدید حقایق آن‌ها می‌شود و متعاقب بحران آب، انواع و اقسام بحران‌های زیست محیطی اتفاق می‌افتد. پژوهش حاضر با روش توصیفی-تحلیلی به بررسی آثار و تبعاتی که بحران آب بر محیط زیست کشور بر جای می‌گذارد، می‌پردازد. یافته‌های تحقیق مصادیقی از این وضعیت در گوشه و کنار کشور را به نمایش می‌گذارد. به‌طوری که بحران آب در ابعاد گوناگونی محیط زیست و اکوسیستم‌های طبیعی را در کشور تخریب کرده و تبعات جبران ناپذیری بر جای گذاشته است.

کلیدواژه‌ها: بحران آب، بحران زیست محیطی، اکوسیستم‌های طبیعی، منابع آب، سفره‌های آب زیرزمینی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰

نویسنده مسئول: h.mokhtari@geo.ui.ac.ir

مقدمه

آب یکی از عوامل مهم شکل‌گیری و بقای جوامع بشری در طول تاریخ بوده است. اهمیت این ماده حیاتی در همه مناطق یکسان نیست و در مناطق دارای کمبود آب آن را به یک موضوع و منبع تنش تبدیل می‌کند که حتی منجر به درگیری‌هایی در مقیاس‌های مختلف می‌شود. به دنبال انقلاب صنعتی و افزایش قدرت سلطه انسان بر طبیعت، آب نیز به دلیل افزایش نیاز انسان‌ها که ناشی از افزایش جمعیت و گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بود، مورد مداخلات وسیع انسانی قرار گرفت و از نظر کمی و کیفی دچار تنزل جدی شد که این امر محیط زیست را نیز هم از جهت کاهش حقایق و هم کاهش کیفیت آب

دچار چالش اساسی نمود. اگرچه در اثر افزایش آگاهی‌های بشری این بی‌توجهی به تخریب محیط زیست در اثر کاهش کیفیت و کمیت آب در برخی نقاط جهان تا حد قابل توجهی مهار شده است ولی هنوز در بخش‌های مهمی از جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه یک مسئله مهم تلقی می‌شود. عدم مقابله با این شرایط در میان مدت و درازمدت چالش‌های این‌گونه کشورها را بیشتر کرده و آن‌ها وارد چرخه فقر و توسعه نیافتگی می‌کند. از آنجایی که تخریب محیط زیست، زیست انسان، موجودات و نباتات دیگر و به عبارتی حیات را به مخاطره می‌اندازد و همچنین ارتباط بسیار زیاد تخریب محیط زیست با مسئله آب نیازمند پژوهش و سپس اقدامات لازم است. در حقیقت فضای جغرافیایی که انسان در آن ساکن است دارای سه عامل مهم و حیات بخش است که عبارتند از: آب، هوا و خاک. اگر هر یک از این عوامل سه‌گانه تحت تاثیر فعالیت‌های مخرب انسان قرار گیرند فضای زیستی انسان که همان اکوسیستم است تحت تاثیر قرار می‌گیرد. آب که یکی از مهم‌ترین عوامل سه‌گانه است و امکان محدودیت در آن به دلیل فعالیت‌های انسان وجود دارد، حیات را در یک چرخه زیستی تحت الشعاع خود قرار می‌دهد و یک اکوسیستم را از حالت تعادل خارج می‌کند. این عدم تعادل را به وضوح می‌توان در نابودی و مهاجرت گونه‌های انسانی و جانوری مشاهده کرد. فضای جغرافیایی ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک زمین به شدت وابسته به آب بوده و همواره تنش‌های آبی در آن وجود دارد و پیامد تلاش برای دستیابی به آب به‌وجود آمدن اثرات تخریبی غیر قابل جبرانی بر فضای جغرافیایی شده است. اغلب پژوهش‌ها تخریب محیط زیست را به‌صورت فی‌نفسه مطالعه کردند که بیشتر به صورت هشدار در ارتباط با از بین رفتن منابع آبی کشور و کاهش آن‌ها از بُعد کمی و کیفی بوده است. در حالی که لازم است به نقش شیوه تولید اجتماعات و مسائلی که با مصرف زیاد آب و در نتیجه محروم شدن محیط زیست از آب منجر می‌شوند، به‌ویژه در مناطق کم‌آب جهان توجه ویژه نمود. چرا که با کمبود آب‌های سطحی، بهره‌برداران مختلف به سراغ آب‌های زیرزمینی می‌روند و این منابع آب ارزشمند آن را که گاهی تجدید آن‌ها بسیار زمان‌بر و حتی غیر ممکن است را صرف می‌نمایند که تبعات جبران ناپذیر بسیار متنوعی نظیر نشست زمین و... در پی دارد. پژوهش حاضر به بررسی اثرات مختلف زیست محیطی بحران آب در ایران که در پژوهش‌های صورت گرفته کمتر به چند و چون آن‌ها پرداخته شده است، می‌پردازد.

روش تحقیق

پژوهش حاضر با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی صورت گرفته است. گردآوری اطلاعات با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و سایت‌های اینترنتی می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از روش کیفی استفاده شده است.

مباحث نظری

۱- آب و مدنیت

آب مهمترین عامل حفظ حیات موجودات زنده است. آب برای آبیاری مزارع، مصارف خانگی، صنعتی و تجاری و سرانجام در تولید مواد غذایی بسیار ضروری است. این کالای گران بها، ارزشی به اندازه حیات دارد. از این رو دانشمندان و برنامه‌ریزان مطالب بسیاری در خصوص اهمیت و ارزش آن، بیان داشته‌اند. براساس نظریه هیدرولیک آب موجب پیدایش شهرها می‌شود، آبیاری زمین‌های قابل کشت، افزایش جمعیت و تمرکز آن در نواحی مساعد طبیعی باعث پیدایش شهرها می‌شود. در شهرهای سومری برای نگهداری نیروی نظامی، از ثروت و درآمد شهرها استفاده شده است. ثروت و درآمد شهری نیز از حاصلخیزی خاک و وجود یک سیستم آبیاری منظم به دست می‌آمده و سیلاب‌های منظم بهاری با سدها و کانال‌ها مهار شده، به بخش‌های مورد نیاز می‌رسید. این سیستم آبیاری در بهدست آوردن مازاد محصول، بسیار موثر بود. سومری‌ها با آگاهی از روش‌ها و تکنیک‌های آبیاری به مازاد محصول دست یافته و عالی‌ترین تمدن شهری را با امتیازاتی که از آن حاصل می‌شد، بنا نهادند [۱۰].

السورث هانتینگتن جغرافیدان آمریکایی، با مطالعه شهرهای قاره آسیا نتیجه می‌گیرد که کاهش میزان بارندگی در جنوب غرب آسیا و آسیای مرکزی موجب از بین رفتن رودها، جویبارها، چشمه‌سارها و چاه‌های آب گردیده و ویرانی تدریجی مراکز کشاورزی و نقاط آباد و پرجمعیت را فراهم ساخته است تا آنجا که دریاچه‌های آب شور با نقصان واردات و بخار شدن تدریجی آب‌ها و محدود کردن وسعت خود، راه‌های تازه‌ای در اختیار کاروان‌ها قرار داده است [۱۰].

جانسون، ای فیرچایلد دیگر جغرافیدان آمریکایی، در کتاب خود تحت عنوان "اصول جغرافیا" رودها را محل تبادل جریانات سیاسی دانسته است، «رودها در طول تاریخ تمدن، محور تحولات مهم سیاسی-اجتماعی بوده و بر سر کسب امتیازات آن در طول تاریخ جنگ‌های متعددی به وقوع پیوسته است» [۱۳].

کارل مارکس که نظریه هیدرولیک ریشه در آثار او دارد،

معتقد بود تطور تمدن در شرق، مسیری متفاوت با تطور تمدن در غرب و مستقل از آن داشته است. بر این اساس یکی از دانشمندان مارکسیست بنام کارل ویتفولگ از این دیدگاه به مسئله پیدایش حکومت‌های باستانی در خاور نزدیک آسیا پرداخته و معتقد است که گسترش و تداوم نظام آبرسانی در سطح وسیع (شامل آبیاری در کشاورزی و کنترل سیلاب)، مستلزم یک قدرت مرکزی است که این نهاد قدرت پایه و اساس استبداد شرقی را تشکیل می‌دهد [۲۳].

به گفته اصغر نظریان «در ایران پیدایش، توسعه و مکان‌گزینی شهرها به تبعیت از ویژگی‌های خاص زمانی و مکانی از گذشته‌های دور تا امروز، در وابستگی و نزدیکی آب شکل گرفته و نقش شهرهای ایران نیز با همین امر ترسیم گردیده است. بدون شک به مازاد پیشرفت‌ها و توسعه کشاورزی آبی و بالاخره تکنیک قنات، با گسترش فضایی شهرها و افزایش جمعیت آن‌ها، نقش آب افزایش یافته است.» [۲۱].

۲- بحران آب

بحران آب به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن مقدار آب شیرین در دسترس از میزان تقاضا کمتر باشد. تفاوت کم آبی با بحران آب این است که کم آبی یک پدیده طبیعی است، در حالی که بحران آب در شرایطی اتفاق می‌افتد که انسان‌ها به‌ویژه در بعد مدیریتی و حاکمیتی بدون توجه به کم آبی طبیعی اقدام به افزایش جمعیت و فعالیت در یک منطقه می‌نمایند و بدین ترتیب یک پدیده طبیعی در اثر دخالت انسانی به یک پدیده بحرانی انسان ساخت تبدیل می‌شود. در اوایل قرن بیستم که جمعیت کره زمین حدود یک پنجم جمعیت امروز بود، تصور می‌شد که آب یک منبع بی‌پایان است ولی تنها در طول قرن بیستم جمعیت جهان سه برابر افزایش پیدا کرد و متعاقب آن نیز مصرف آب شش برابر رشد کرد. علاوه بر این، بالا رفتن سطح زندگی و تغییر در عادات غذایی بشر فشار زیادی را به منابع آب برای افزایش تولیدات کشاورزی و... وارد کرد. افزایش فعالیت‌های اقتصادی نه تنها باعث افزایش مصرف آب شد، بلکه با افزایش تولید فاضلاب و ورود بی‌رویه آن به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، جنگل‌زدایی و از بین رفتن پوشش جنگلی سطح زمین و افزایش سیلاب خیزی مناطق، هم به‌طور مستقیم و هم از طریق گرمایش جهانی موجب محدودیت بیشتر منابع آب در اغلب نقاط جهان گردید. این وضعیت شرایطی را به وجود آورده است که از آن به بحران آب یاد می‌شود و با مرور زمان این وضعیت حادث می‌شود. آلودگی منابع آب منجر به بسیاری از بیماری‌ها در انسان و همچنین آسیب شدید به تنوع زیستی شده است. مجمع جهانی آب تخمین زده است ۱/۴ میلیارد نفر فاقد آب آشامیدنی سالم هستند. ۲/۳ میلیارد نفر فاقد سرویس

است [۳۲]. برخی از دلایل و آثار و تبعات کمبود و بحرانی شدن آب در قالب جدول ۱ مورد اشاره قرار گرفته است.

بهداشتی مناسب هستند. سالانه ۷ میلیون نفر بر اثر بیماری‌های مرتبط با آب می‌میرند و نیمی از رودخانه‌ها و دریاچه‌های جهان به شدت آلوده شده‌اند. چنین کمبودهایی زمینه ساز مهاجرت میلیون‌ها نفر برای دستیابی به مکانی قابل دسترس به آب شده

جدول ۱: دلایل و آثار کمبود و بحرانی شدن آب

نتایج	دلایل
- فقر.	- گرمایش کره زمین.
- گرسنگی.	- آبیاری زمین‌های کشاورزی.
- قحطی.	- استفاده بیش از حد از سموم دفع آفات و کودهای شیمیایی.
- تشنگی.	- معدن کاری.
- ضعف سیستم ایمنی بدن.	- تخلیه غیرقانونی فاضلاب‌ها به رودخانه‌ها.
- کاهش عملکرد محصولات.	- افزایش جمعیت.
- تخریب زیستگاه‌ها.	- نفوذ آلودگی خاک به سفره‌های زیر زمینی.
- به خطر افتادن گونه‌ها.	- آلودگی منابع آب سطحی.
- از رفتن تنوع زیستی.	- عوامل اقلیمی.
- ایجاد شرایط غیربهداشتی.	- تغییر الگوهای آب هوایی.
- گسترش بیماری‌ها.	- خشکسالی‌ها.
- سطح پایین تحصیلات.	- سیلابی شدن منابع آب سطحی.
- مهاجرت.	- مصرف بی رویه آب.
	- فساد نظام‌های سیاسی.
	- منافع سیاسی.
	- درگیری‌ها.
	- از بین رفتن زیر ساخت‌ها در اثر بلایای طبیعی.

منبع: [33].

۳- بحران زیست محیطی

بحران زیست محیطی عبارت است از بدتر شدن وضعیت و از بین رفتن محیط زیست به صورت قابل توجه، ناخواسته و غیرقابل برگشت و با سرعت زیاد که منجر به کاهش معنی‌دار آسایش و رفاه می‌گردد. بنابراین مواردی چون کاهش آرام در شمار گونه‌های موجودات زنده در سراسر جهان شامل این تعریف نمی‌شود. همان گونه که گفته شد تغییرات زیست محیطی که بر آن‌ها نام بحران اطلاق می‌شود باید ناخواسته باشند. تغییرات چشمگیر و عامل غیرمترقبه بودن نیز باعث می‌گردد که بحران به عنوان یک منبع غم‌انگیز شناخته شود. در میان مواردی که بحران زیست محیطی نامیده می‌شوند بسیاری ارزش مطالعه دارند ولی بحران حقیقی به حساب نمی‌آیند. در میان عوامل مفهوم بحران، عنصر برگشت‌ناپذیری نیز مهم است. اگر منابع در طبیعت سریع تجدید شوند، ملاحظه این نکته که چگونه یک خطر یا خطرات در محیط زیست می‌توانند بیشترین نگرانی را به خود اختصاص داده و از ریسک بیشتری برخوردار باشند مشکل است. اما اگر بازایی به اندازه یک قرن یا حتی بیشتر زمان ببرد،

موضوع کاملاً متفاوت است. نهایتاً تغییر ناشی از بحران در محیط زیست باید کاهش معنی‌داری در آسایش و راحتی ایجاد کند. بنابراین مقیاس تخریب نمی‌تواند محدود باشد [۳۰]. با بروز شرایط بحرانی که می‌تواند نتیجه هر وضعیت غیرعادی و پیش بینی نشده طبیعی یا غیر طبیعی باشد، به دلیل شرایط خاصی که بر یک جامعه تحمیل شده است دیگر توازن بین منابع و نیازها برقرار نیست. اساساً پذیرش یا عدم پذیرش صفت بحرانی وابسته به نحوه نگرش، موضع‌گیری و شیوه برخورد افراد یا جوامع با شرایطی که در آن قرار دارند، است. فرانسویس سن‌دیج اقتصاددان و نویسنده در مقاله با عنوان "بحران تکنولوژی و محیط زیست" معتقد است که از جالب‌ترین جنبه‌های ظهور و سقوط مبحث تکنولوژی و محیط زیست، که گاه شکل حاد سیاسی پیدا کرده، نقش دانش و فنون در قبول یا رد عنوان بحران و به اصطلاح موضوعی است که در برابر محیط‌زیست و تکنولوژی قرار گرفته است. بحران زیست محیطی ممکن است مقیاس ناحیه‌ای، منطقه‌ای و یا جهانی داشته باشند. برای نمونه خشک شدن یک دریاچه که یک ناحیه

را درگیر کرده است یک ناهنجاری زیست محیطی ناحیه‌ای است و یا پدیده ریزگرد در منطقه جنوب غرب آسیا که چندین کشور را تحت‌الشعاع قرار داده است، ناهنجاری منطقه‌ای به حساب می‌آید و یا آسیب لایه اُزن و گرم شدن کره زمین که دارای ابعاد جهانی است و یک بحران زیست محیطی جهانی است [۴].

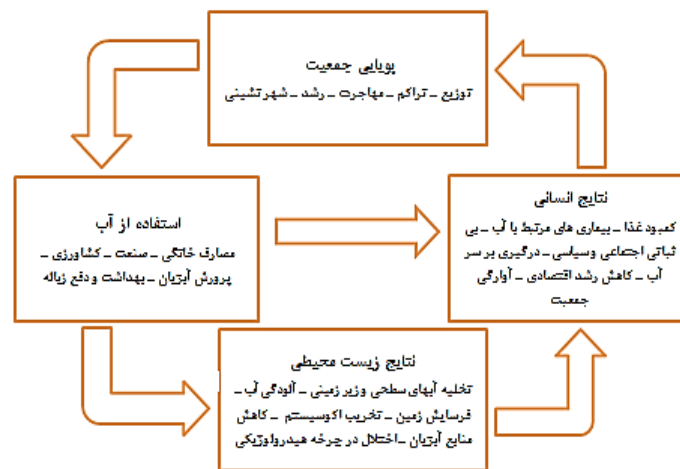
۴- رابطه بحران آب و بحران زیست محیطی

اجتماعات، صنعت و کشاورزی به‌صورت فزاینده‌ای برای تأمین منابع محدود بر طبیعت فشار وارد می‌کنند. یکی از بهترین مصادیق این مورد دریاچه آرال در آسیای مرکزی است. این دریاچه که زمانی چهارمین ذخیره بزرگ آب جهان بود از زمان تغییر مسیر رودخانه‌های تغذیه کننده آن ۸۰ درصد از آب خود را از دست داده است تا این آب در جهت آبیاری مزارع پنبه و صنایع مربوط به آن مورد استفاده قرار گیرد. در جایی که روزگاری یک اکوسیستم پررونق و سازنده وجود داشت و از معیشت مرتبط با ماهیگیری حمایت می‌کرد، در حال حاضر بستر خشکی از این دریاچه باقی مانده است که مملو از کشتی‌های پوسیده و زنگ زده است. رودخانه کلرادو نیز به چنین سرنوشتی دچار شده است برداشت بیش از حد از منابع آب و سیستم گسترده‌ای از سدها و زیرساخت‌های انحرافی، جریان طبیعی رودخانه را به‌طور اساسی کاهش و تغییر داده است. توسعه منابع آب با کم توجهی به ارزیابی و پرداختن به آب مورد نیاز برای حفظ یکپارچگی اکوسیستم‌های آب شیرین، یا آنچه معمولاً به‌عنوان جریان محیط زیست نامیده می‌شود، افزایش پیدا کرده

است. جریان محیطی به کمیت، زمان و کیفیت جریان آب مورد نیاز برای حفظ اکوسیستم‌ها آب شیرین و رودخانه‌ها و معیشت و رفاه انسان که وابسته به این اکوسیستم‌ها است، گفته می‌شود. این مفهوم بر این اصل استوار است که تنوع طبیعی جریان‌های آب شیرین مهمترین متغیر است که سلامت اکوسیستم آب را زیربنای خود قرار می‌دهد و محدودیت‌ها برای تغییر این الگوها قبل از به خطر افتادن اکوسیستم‌های آبی وجود دارد [۲۴]. مفهوم مرز پایداری در محیط زیست چارچوبی برای تأمین آب مورد نیاز برای حفظ عملکرد و بهره‌وری اکوسیستم‌های آب شیرین فراهم می‌کند [۲۷].

با افزایش مصرف آب و اثرات مربوط به آن در طول زمان، تقاضاها در اکوسیستم‌های آبی به محدودیت نزدیک شده که در صورت عبور از این محدودیت ظرفیت آن برای بهره‌برداری از خدمات با ارزش اکوسیستم‌ها کاهش می‌یابد. تحت این رویکرد، یکپارچگی اکوسیستم یک قانون اصلی و یک هدف صریح از سیاست و مدیریت آب شیرین است. با رسیدن به مرز پایداری، برای حفظ عملکردها و بهره‌وری اکوسیستم، برداشت آب و تغییر بی‌رویه جریان‌ها باید متوقف شود. در مقابل، رویکردهای سنتی مدیریت آب تمرکز تقریباً انحصاری بر نقش آب شیرین به عنوان ورودی تولید اقتصادی دارند، تقاضای آب برای فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، تأمین آب شهری و تولید برق آبی بیشتر از نقش‌های آب مورد نیاز است [۲۴]. شکل ۱ رابطه بین افزایش جمعیت، مصرف شتابان آب و تبعات زیست محیطی آن را نشان می‌دهد.

شکل ۱: رابطه بین افزایش جمعیت، مصرف آب و تبعات زیست محیطی



منبع: [۲۵].

به‌طوری که منابع آب سالم یکی از اجزای ضروری زندگی بوده

کیفیت آب یکی از شاخص‌های زیست محیطی است

آب شور و شور شدن منابع آب شیرین در نقاط مختلف کشور شده است. تداوم کاهش بارندگی در کشور در مقایسه با روند بلند مدت و بهره‌برداری نادرست از منابع آب سبب شده است که در چند دهه گذشته سطح منابع آب زیرزمینی و سطحی کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. از موضوعات مهمی که در سال‌های اخیر در کشور مطرح شده است آمار بالای دشت‌های دارای وضعیت ممنوعه و بحرانی است به طوری که براساس برآوردهای سال ۱۳۹۱، وضعیت دشت‌های کشور از لحاظ وضعیت منابع آبی در شرایط مناسبی نیستند. از مجموع ۶۰۹ دشت کشور حدود ۲۲۸ دشت (۳۷،۴ درصد) جز دشت‌های ممنوعه با وضعیت عادی و ۶۶ دشت (۱۰،۸ درصد) در شرایط ممنوعه با وضعیت بحرانی قرار دارند. ادامه این روند، سبب می‌شود که هرگونه برنامه‌ریزی برای توسعه ظرفیت تولید در بخش‌های مختلف بدون توجه به میزان منابع آب باعث ضربات جبران ناپذیری به محیط زیست کشور شود. از جمله موضوعات مهم در ارتباط با منابع آبی توزیع نامتقارن این منابع در فضای کشور است به طوری که موقعیت رشته کوه‌های البرز و زاگرس سبب شده است ۷۰ درصد بارندگی‌ها تنها در ۲۵ درصد از مساحت کشور اتفاق بیافتد. از یک سو، نیمی از مساحت کشور در حوضه آبریز مرکزی اختصاص داشته که تنها یک سوم از کل منابع آب تجدید پذیر در آن واقع شده است و از سوی دیگر، حدود نیمی از منابع آب تجدید پذیر ایران در حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان قرار دارد که یک چهارم از مساحت کشور را شامل می‌شود. براساس آمارهای که شرکت منابع آب ایران ارائه داده است، متوسط حجم کل ریزش‌های جوی در ۴۴ سال گذشته برابر ۲۴۳،۸ میلی متر بوده است. کمترین میزان بارندگی در حوضه آبریز هامون به میزان ۱۰۳ میلی متر و بیشترین میزان بارندگی در حوضه آبریز خزر با ۴۲۳ میلی متر است [۱۷].

سهم ایران از منابع آب شیرین جهان نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین‌تری قرار دارد. در حالی که ۱ درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند، سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۳ درصد است. از مجموع ۳۹۷،۹ میلیارد متر مکعب بارندگی سالانه در کشور ۶۶ درصد آن پیش از رسیدن به رودخانه‌ها تبخیر می‌شود. کل منابع تجدید شونده داخلی سالانه برابر ۱۲۸،۵ میلیارد متر مکعب است و با احتساب ۹ میلیارد متر مکعب منابع آب تجدید پذیر خارجی، حجم سالانه منابع آب تجدیدپذیر واقعی برابر ۱۳۷،۵ میلیارد متر مکعب برآورد می‌شود. (جدول ۲)

و بسیاری از فعالیت‌های انسانی از جمله تولید مواد غذایی، صنعت و سرگرمی به آب وابسته است. با توجه به اینکه در دسترس بودن آب اغلب محدود است، مدیریت دقیق منابع آب دارای اهمیت فوق العاده است. این مدیریت شامل حفظ کیفیت بالای منابع آبی که در دسترس هستند و نیز نیاز به نظارت دقیق دارند است. اصطلاح منابع آب سالم در اینجا به معنای کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب در سیستم‌های طبیعی و انسانی تعریف شده است. در حالی که اصطلاح "منبع" مفهوم سودمندی را می‌رساند، در اینجا فرض بر این است که آب دارای ارزشمندی فراوانی است. خواه به طور مستقیم توسط انسان بهره‌برداری شود یا نه. به عنوان مثال حفاظت از آب ممکن است برای زیستگاه‌ها ارزش فوق العاده‌ای هم برای گونه‌های گیاهی و جانوری داشته باشد و هیچ سود مستقیمی برای انسان نداشته باشد. با این حال، حتی در این شرایط به احتمال زیاد منافع غیرمستقیمی برای رفاه انسان وجود دارد. بنابراین این مسئله از شاخص‌های زیست محیطی آب است. [۲۶] کم‌آبی، اثرات منفی زیادی بر روی محیط زیست و از جمله دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، حوضچه‌ها، تالاب‌ها و منابع آب شیرین دیگر دارد. طی صد سال گذشته، بیش از نیمی از تالاب‌های زمین نابود و ناپدید شده‌اند. اهمیت این تالاب‌ها از این جهت است که نه تنها زیستگاه بسیاری از موجودات مانند پرندگان، ماهی‌ها، دوزیستان و بی‌مهرگان هستند، بلکه کشت بسیاری از محصولات غذایی نیز در حوضه‌های آن‌ها انجام می‌شود و همچنین ضمن انجام عمل فیلتراسیون آب، مانع از تشکیل طوفان‌های گرد و خاک می‌شوند.

یافته‌های تحقیق

۱- وضعیت بحران آب در ایران

کشور ایران به دلیل قرارگیری در کمربند خشک و نیمه خشک جهان در ردیف کشورهای قرار می‌گیرد که با محدودیت منابع آبی مواجه هستند. بررسی وضعیت بارش در ایران در پنجاه سال گذشته حاکی از این است که روند بلند مدت بارندگی نزولی بوده و حجم بارندگی در سال‌های اخیر نسبت به گذشته کاهش پیدا کرده است. حجم جریان‌های سطحی آن در تمامی حوضه‌های آبریز کشور در مقایسه با بلند مدت کاهش یافته و بیشترین کاهش با ۷۷ درصد در حوضه آبریز هامون اتفاق افتاده است. در چند سال افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، خسارت‌های غیرقابل جبران بر منابع آب کشور وارد آمده است به طوری که برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افزایش سفره‌های

جدول ۲: شاخص‌های اصلی منابع آب ایران

شاخص	مقدار
متوسط بلند مدت بارندگی سالانه (ارتفاع در واحد سطح)	۲۲۸ میلی‌متر
متوسط بلند مدت حجم بارندگی سالانه	۳۹۷٫۹ میلیارد متر مکعب
متوسط بلند مدت حجم منابع آب تجدید پذیر داخلی	۱۲۸٫۵ میلیارد متر مکعب
متوسط بلند مدت حجم منابع آب تجدید پذیر خارجی	۹ میلیارد متر مکعب
متوسط بلند مدت حجم منابع آب تجدید پذیر واقعی	۱۳۷٫۵ میلیارد متر مکعب
ضریب وابستگی به منابع آب خارج از کشور	۶٫۶ درصد

منبع: [۳۷].

از آن نیز نتیجه سیاست‌های داخلی در زمینه تخریب منابع آب سطحی نظیر دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها است. پدیده گرد و غبار در خوزستان از سال ۱۳۸۰ در شهرستان‌های آبادان، خرمشهر و شادگان آغاز شد. در این سال گرد و غبار شش نوبت با حداکثر غلظت ۲ هزار و ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب معادل ۱۳ برابر حد مجاز (۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب حد مجاز آلودگی است) اتفاق افتاد و حداکثر زمان وقوع آن ۴۸ ساعت بود. این پدیده پس از چهار سال تمام شهرهای خوزستان، پس از ۷ سال پنج استان و در حال حاضر ۱۷ استان کشور را درگیر کرده و به یک معضل ملی تبدیل شده است. در سال ۱۳۸۷ در خوزستان گرد و غبار ۵۵ نوبت با حداکثر غلظت ۶۳ برابر حد مجاز آلودگی و پایداری ۸۴ ساعت اتفاق افتاد. این پدیده در سال ۱۳۸۸، ۶۶ نوبت با حداکثر غلظت ۴۶ برابر حد مجاز آلودگی و پایداری ۱۴۴ ساعت و در سال ۱۳۹۰ نیز ۴۲ نوبت با غلظت ۳۸ برابر حد مجاز آلودگی و پایداری ۷۶ ساعت و در حال حاضر نیز تاکنون ۳۱ روز در خوزستان رخ داده است [۲].

از حیث منشأ جغرافیایی گرد و غبار موجود در ایران، باید عنوان کرد که این پدیده از دو بعد داخلی و فرامرزی برخوردار است تا جایی که نتایج تحقیقات نشان می‌دهد سهم کشورهای عراق، سوریه، عربستان سعودی، ایران، اردن، ترکیه در طوفان‌های گرد و غباری خاورمیانه به ترتیب ۳۹٫۲٪ / ۲۳٪ / ۱۴٫۵٪ / ۱۳٫۸٪ / ۵٫۷٪ / ۳٫۸٪ درصد می‌باشد [۱۴] و در این بین تنها ۱۵ تا ۲۰ درصد گرد و غبارهایی که در آسمان شهرها و روستاهای ایران به وقوع می‌پیوندد منشأ داخلی است و در مقابل ۸۵ درصد دیگر منشأ خارجی دارد [۵]. اگر چه شاید این میزان برای برخی نقاط کشور سنخیت داشته باشد اما نمی‌توان این رقم را برای کل کشور تعمیم داد به طوری که برآوردهای پژوهشگران حاکی از این است اکثر طوفان‌های گرد و غبار در غرب و جنوب غرب کشور (استان‌های خوزستان، ایلام، کرمانشاه، همدان و...) منشأ خارجی دارند [۳] و در مقابل آن، بخش چاله‌های مرکزی ایران

۲- آثار و تبعات زیست محیطی کمبود و بحران آب

در ایران

افزایش شدید تقاضا برای آب، همزمان با تغییرات اقلیمی و افزایش دوره‌های خشکسالی در مناطق مختلف شده است که این مسئله فشار بر منابع آب و سفره‌های زیر زمینی را افزایش داده است. این مسئله در مناطق خشک و کم بارش باعث فشار بر سفره‌های آب زیرزمینی و سطحی شده است و باعث عدم تعادل بیلان آب در نتیجه باعث تنش آبی در این گونه مناطق شده است. اضافه برداشت آب از سفره‌ها پیامدهای بعدی زیادی خواهد داشت که علاوه بر تخریب تدریجی اکوسیستم، باعث منازعه بر سر آب و امنیتی شدن آب که همان هیدروپلیتیک است خواهد شد. پیامدهای اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و حتی زیست محیطی ناشی از کمبود و بحران آب دامنه و سببی دارد که می‌تواند باعث مهاجرت، آوارگی، بیکاری، گسترش فقر و حاشیه نشینی در شهرها شود. شهرهایی که خود به لحاظ تامین آب دچار مشکلات زیادی هستند [۲۲]. براین اساس بحران آب علاوه بر پیامدهای اقتصادی و اجتماعی و... به مرور زمان باعث شکل گیری بحران‌های متعدد زیست محیطی شده و فضای جغرافیایی را غیرقابل سکونت و به نوعی از حالت تعادل خارج می‌کند. در ادامه مواردی از مسائل زیست محیطی که در اثر کمبود منابع آب سطحی و زیرزمینی در کشور در حال وقوع هستند مورد اشاره قرار می‌گیرند.

الف) تبعات زیست محیطی ناشی از کمبود منابع

آب سطحی

- آلودگی هوا

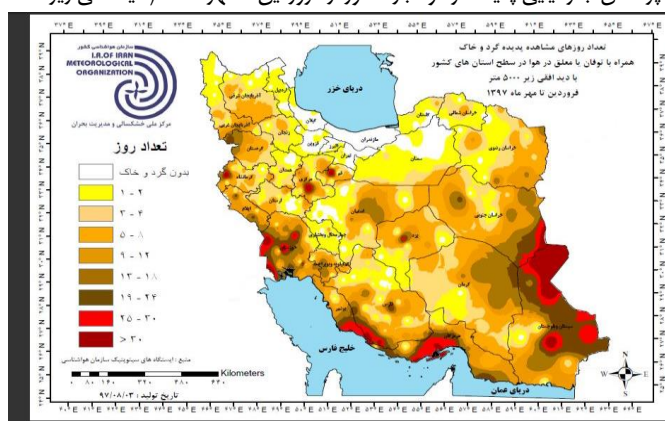
آلودگی هوا در نتیجه شکل گیری پدیده ریزگردها موضوع جدیدی است که در دو دهه گذشته محیط زیست و بخش‌هایی از کشور را تحت تاثیر قرار داده است. بخشی از این ریزگردها متعلق به نواحی بیابانی کشورهای همسایه بوده که نتیجه سیاست‌های آبی در پیش گرفته این کشورها است و بخش دیگر

توسط کوشش‌های هم‌سایه و... نمی‌توان در بلندمدت، آینده‌های روشن برای حل قطعی گرد و غبار تصور کرد [۱۱].
 تهدید و تخریب تدریجی محیط زیست، چه حاصل عملکرد اقتصاد سرمایه‌داری صنعتی مبتنی بر حداکثر کسب سود یا حاصل عملکرد افراد عادی جامعه باشد، در هر صورت به یک نتیجه واحد منجر می‌شود و آن عبارت است از: تغییر تدریجی چهره اکولوژیکی و به هم خوردن نظم دیرپای اکوسیستم از طریق خشک شدن آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، نابودی تدریجی پوشش گیاهی و جنگلی و از بین رفتن تنوع زیستی به‌ویژه در مورد گونه‌های که در معرض انقراض.

یعنی نواحی شرق و جنوب شرق و مرکز کشور (سیستان و بلوچستان، کرمان، خراسان جنوبی، اصفهان و یزد) پدیده گرد و غبار و در پیاپی آن طوفان شن، بیشتر منشأ محلی دارند [۷، ۱۵، ۱۹].

تا جایی که گزارش مرکز تحقیقات استراتژیک در سال ۱۳۹۶، بحران ریزگردها را در ردیف هفتم، مهم‌ترین تهدیدات آینده کشور لحاظ می‌نماید [۱۸]. از این رو، علی‌رغم این که در برخی مواقع بارندگی‌ها به احیای بخش زیادی از تالاب‌ها و دریاچه‌های کشور کمک کرده است اما به دلیل عدم آبخیزداری صحیح، منشأ فرامرزی گرد و غبار، کنترل آب‌های فرادست

شکل ۲: پراکنش جغرافیایی پدیده گرد و غبار کشور از فروردین تا مهر ۱۳۹۷ (دید افقی زیر ۵۰۰ متر)



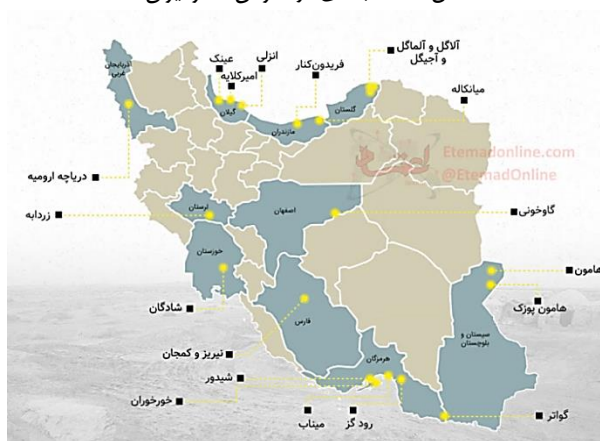
منبع: [۲۰].

این زیستگاه‌ها شامل تالاب مهارلو، هامون و بختگان خشک شده و تالاب‌های انزلی، ارومیه، پریشان و گاوخونی جزو تالاب‌هایی هستند که آسیب فراوانی را از کمبود آب متحمل شده‌اند.
 در ادامه به بررسی وضعیت سه نمونه از این زیستگاه‌های متاثر از کمبود آب می‌پردازیم [۲].

تخریب زیستگاه‌ها

از جمله مهم‌ترین زیستگاه‌هایی که به شدت به آب وابسته هستند دریاچه‌ها و تالاب‌ها هستند. به طوری که با کوچکترین انقطاع در آب ورودی به آن‌ها به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و به سمت نابودی حرکت می‌کنند. مصداق‌هایی فراوان از تالاب و دریاچه در کشورمان وجود دارد که به دلیل کمبود آب خشک شده‌اند و یا در مسیر خشک شدن قرار دارند. برخی از مهم‌ترین

شکل ۳: تالاب‌های در معرض خطر ایران



منبع: [۳۴].

خشک این میزان به ۳۳۱۲ میلی‌متر افزایش یافته است. افزایش میزان تبخیر در این مقطع ناشی از خشکی هوا است. خشکی هوا و گرمی آن در طول این دوره گنجایش رطوبتی هوا را بالا برده و در نتیجه بر میزان تبخیر افزوده است. افزایش تبخیر در دوره استیلاهای بادهای ۱۲۰ روزه سبب می‌شود رطوبت از منطقه خارج گردد. در نتیجه آن، اثرات منفی بر پوشش گیاهی و حیات جانوری و انسانی خواهد گذاشت و سبب فرسایش شدید خاک نیز می‌شود. سرعت بادهای ۱۲۰ روزه در دوره‌های پربابی منطقه کاهش داشته ولی در دوره‌های خشک به سرعت بادهای ۱۲۰ روزه نیز افزایش یافته است [۹].

بنابراین دریاچه هامون واقع در دشت سیستان یک دریاچه دائمی با منشا تامین آب خارجی است. در سال‌هایی که دریاچه پر آب است سطح بیشتری از منطقه را آب فرا گرفته و پوشش گیاهی نیز افزایش دارد. سطح آب و پوشش گیاهی در منطقه سبب می‌شود که رطوبت نسبی در اثر تبخیر و تعرق افزایش یابد که این خود اقلیم خشک و شکننده منطقه را تا حدودی تعدیل می‌کند. در فصل گرما مقداری از انرژی گرمایی خورشید صرف تبخیر و تعرق می‌شود و رطوبت نسبی در منطقه افزایش می‌یابد که با وزش بادهای ۱۲۰ روزه دما کاهش محسوسی دارد. کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی سبب کاهش شیب تغییرات فشار می‌شود که به دنبال آن از سرعت بادهای ۱۲۰ روزه نیز کاسته می‌شود. مجموع این شرایط باعث ایجاد محیطی مطلوب برای ساکنین منطقه می‌گردد. در مقابل در سال‌هایی که سطح دریاچه خشک می‌شود، تابش خورشید تبدیل به گرمای محسوس شده و به دلیل کمبود رطوبت دما افزایش پیدا کرده در نتیجه شیب تغییرات فشار نیز افزایش یافته و بر سرعت وزش بادهای ۱۲۰ روزه افزوده می‌شود. مجموع این عوامل تبخیر منطقه را به ۵ متر در سال می‌رساند. افزایش تبخیر در منطقه خشک سیستان سبب نابودی پوشش گیاهی، از دست رفتن رطوبت خاک و فرسایش شدید خاک می‌شود در زمان خشکی دریاچه رسوبات کف دریاچه با افزایش سرعت بادهای ۱۲۰ روزه به هوا برخاسته و خطرات زیست محیطی بی‌شماری را برای ساکنین منطقه ایجاد می‌کند. که این مشکلات شامل: بیماری‌های ریوی، چشمی، بیماری‌های عفونی و به زیر خاک رفتن زمین‌های زراعی، خانه‌های مسکونی و تخریب نهرهای آبیاری است [۹].

ب) تبعات زیست محیطی ناشی از کمبود منابع آب زیرزمینی

– نشست زمین

یکی از پیامدهای مهم برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب

تالاب گاوخونی یکی از تالاب‌های مشهور مرکزی در ایران است، این تالاب از منابع زیستی غنی برخوردار است و پناهگاهی برای پرندگان مهاجر است و یکی از جاذبه‌های گردشگری می‌باشد. فعالیت‌های مبتنی بر آب بدون حساب و کتاب و در نظر نگرفتن حق آبه مربوط به آن و کاهش میزان ورود آب به دلیل خشک‌سالی‌های پی در پی سال‌های اخیر موجب گردیده که در سال گذشته، آبی وارد این تالاب نشود. این تالاب که شور نیز هست در آینده‌ای نزدیک به یک عامل تهدید برای اکوسیستم انسانی، جانوری و گیاهی پیرامون تبدیل خواهد شد. در حال حاضر این تالاب تقریباً خشک شده است. دریاچه مهارلو یکی دیگر از زیستگاه‌های طبیعی است که در ۱۵ کیلومتری شیراز قرار دارد و با وسعتی حدود ۶۰۰ کیلومتر مربع روزگاری پناهگاهی برای حیات وحش و پرندگان محسوب می‌شد، به دلیل خشکسالی در حال نابودی است [۲].

دریاچه ارومیه که هر ساله مقدار ۵,۵ میلیارد متر مکعب آب را از طریق ۲۱ رودخانه در خود جای می‌داد، در سال‌های اخیر به دلیل انقطاع آب از طریق سد سازی و کمبود آب ورودی سطح وسیعی از آن تبدیل به شوره زار شده است و آب موجود در آن به دلیل بحران و کمبود آب با شوری بیش از حد مواجه گردیده است. این شوری آب سبب گردیده است تا این زیست بوم که روزگاری میزبان صدها هزار فلامینگو و هزاران پرنده کوچنده دیگر بود، اهمیت خود را به‌عنوان یک مسیر بین‌المللی پرندگان مهاجر از دست بدهد. همچنین تغییرات اکولوژیکی ناشی از کمبود آب باعث شده است که جمعیت آرمیهاها به‌عنوان تنها موجودات زنده در این دریاچه نسبت به سال‌های گذشته تا ۴۰ برابر کاهش پیدا کند و با آن که هیچ‌گونه برداشتی در حال حاضر صورت نمی‌گیرد. اگر این ذخایر بازسازی نشود در آینده‌ای نزدیک اثری از این آبرزی ارزشمند باقی نخواهد ماند [۲].

– تغییر اقلیم ناحیه‌ای (میکروکلیم)

بهترین مصداق تغییر اقلیم ناحیه‌ای مرتبط با منابع آب سطحی در کشورمان در نتیجه کمبود و یا تخریب تنها منبع آب منطقه سیستان یعنی دریاچه هامون است. میانگین دما در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور در دوره پربابی این دریاچه ۳۸,۷ درجه سانتی‌گراد است. این میزان در دوره خشکی سطح دریاچه به ۴۰,۸ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند. در دوره‌های پربابی بر وسعت دریاچه افزوده شده و بادهای ۱۲۰ روزه با وزیدن بر روی سطح دریاچه، دمای هوا را کاهش می‌دهند که در تعدیل اقلیم منطقه اثر قابل توجهی دارد. میانگین تبخیر نیز در سال‌های پربابی دریاچه در دوره استیلاهای بادهای ۱۲۰ روزه ۲۶۱۲ میلی‌متر می‌باشد ولی در سال‌های

۳۵ فروچاله در نتیجه برداشت بی رویه آب است. این مسئله به دلیل کسری یک میلیارد متر مکعبی آب در آبخوان دشت ابرکو است که همراه با افت ۲۱ متر سطح آبهای زیرزمینی و تداوم خشکسالی و نیز برداشت بی رویه است. فروچاله‌ها اغلب در اطراف چاه‌های کشاورزی منطقه که در معرض خطر خشک شدن قرار دارند ایجاد شده است [۶]. اثرات فرونشست در کشاورزی مهلک‌ترین و زیانبارترین است. در اثر افت سطح آب و فرونشست سطح زمین، خلل و فرج لایه‌هایی که قبلاً آبدار بودند مسدود شده و به صورت فشرده در می‌آیند. این امر موجب می‌شود که طی سال‌های بعد حتی با تزریق آب و چندین برابر شدن میزان نزولات جوی، آب در لایه‌های آبدار نفوذ نکرده و به صورت روان آب در سطح زمین جاری شود. به این اصطلاح "مرگ آبخوان‌ها" گفته می‌شود که پدیده جبران ناپذیری است. در خاک‌های مسئله دار، فرونشست زمین با ترک خوردن خاک‌های سطحی همراه می‌شود که نمونه‌های آن در بسیاری از دشت‌های کشور مانند دشت ورامین قابل مشاهده است [۱].

زیرزمینی متراکم شدن لایه‌ها و نشست زمین است. افت سطح آب زیرزمینی موجب کاهش فشار هیدرواستاتیک سفره شده و بخش جامد یا ساختمان سفره پایداری خود را از دست می‌دهد و باعث فشرده شدن ذرات و از بین رفتن فضاهای مفید بین ذرات به خصوص در ذرات سیلت و ماسه می‌گردد. نشست زمین به‌طور معمول بلافاصله با خروج سیال رخ نمی‌دهد بلکه در زمانی طولانی‌تر از برداشت اتفاق می‌افتد [۱۲]. مقدار نشست برای هر ده متر افت سطح آب بین ۱ تا ۵۰ سانتی‌متر متغیر است که دامنه این تغییرات به ضخامت و تراکم پذیری لایه‌ها، طول زمان بارگذاری، درجه و نوع استرس بستگی دارد. پدیده نشست زمین باعث بروز مشکلاتی مانند تخریب ابنیه، لوله زایی (بالا آمدن ظاهری لوله‌های آب از سطح زمین)، ریزش جداره چاه‌ها، ایجاد درز و شکاف در زمین، تغییر شیب زمین، افزایش سیل خیزی، فرو رفتن تدریجی دکل‌ها و سازه‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌های منطقه می‌گردد [۱۶]. یکی دیگر از موارد تخریب سفره‌های آب زیرزمینی ایجاد

شکل ۴: فرونشست زمین در نتیجه تخریب سفره‌های آب زیرزمینی



منبع: [۳۱].

شکل ۵: فرونشست زمین در نتیجه افت آبخوان زیرزمینی



منبع: [۳۶].

دوره‌های بارندگی شوری کمتری داشته‌اند. اما در مجموع متوسط شوری آب زیرزمینی دشت سیرجان طی دوره ۶ ساله مذکور با افزایشی معادل ۳۶۸ میکروموس بر سانتی‌متر به ۴۸۰ میکروموس بر سانتی‌متر رسیده است و در ردیف آب‌های شور متوسط قرار گرفته است. بیشترین افزایش شوری در سال‌های گذشته مربوط به نواحی حاشیه کفه نمک به دلیل معکوس شدن شیب هیدرولیکی و به تبع آن پیشروی آب شور بوده است. احداث سد بر روی رودخانه تنگ‌کویه نیز سبب کاهش تغذیه سفره از این رودخانه و افزایش شدت هجوم آب شور کفه نمک به سمت سفره آب زیرزمینی در دشت سیرجان شده است. یکی دیگر از اثرات افت سطح آب سفره‌های زیرزمینی خشک شدن گیاهان و به تبع آن آسیب به محیط جانوری، فرسایش خاک و گسترش بیابان است. این پدیده در دشت سیرجان در پی افت سطح آب و کاهش دسترسی ریشه گیاهان به رطوبت مورد نیاز، در حال وقوع است. علاوه بر این، آب زیرزمینی نواحی غربی و جنوبی دشت به علت عدم تغذیه مناسب سفره، وجود مواد ریز دانه از جمله رُس و سیلت در رسوبات منطقه و همچنین وجود لایه‌های تبخیری، دارای رخساره کلروره سدیک و شوری بسیار بالاست (تا حدود ۲۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در حاشیه کویر سیرجان) و در شرایط کنونی برای شرب انسان و دام حتی آبیاری زمین کشاورزی نامناسب است [۱۲].

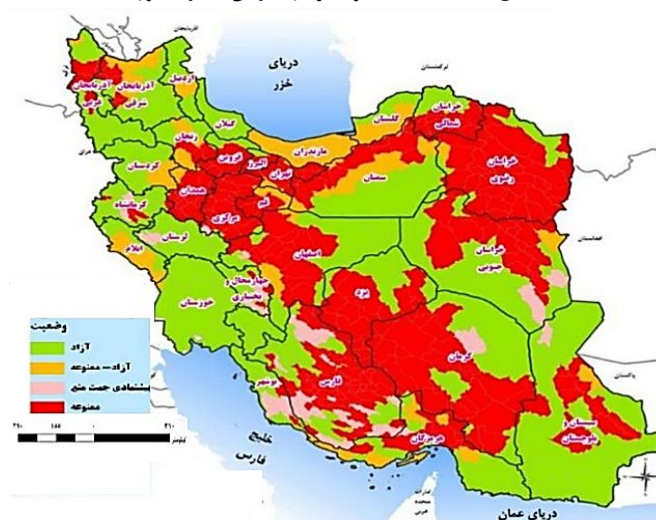
مورد دیگر در ارتباط با پدیده شور شدن آب‌های زیرزمینی منطقه فلات مرکزی ایران و بالاخص دشت کاشان است. به گفته توج فتحی معاون دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست پدیده شور شدن در بخش‌هایی شکل می‌گیرد که دشت‌ها و کویرهای آن دارای خاک شور و قلیایی است. به گفته وی آبخوان‌های دشت کاشان که دچار شوری شده‌اند دیگر قابل برگشت نیستند حتی اگر تمام چاه‌های اطراف مسدود شوند و تغذیه طبیعی به آن‌ها برسد، آب آن بخشی که شور شده است دیگر شیرین نمی‌شود. وقتی که به طور مداوم آب شیرین قابل شرب برداشت می‌شود به صورت طبیعی کیفیت آب نیز کاهش می‌یابد، در واقع غلظت نمک و املاح محلول در آب به علت استفاده بی‌رویه افزایش می‌یابد و این مورد هم جز پدیده‌های غیر قابل برگشت است [۸].

- تخریب سفره آب زیرزمینی (از بُعد کمی و کیفی)

عدم تجدید سفره‌های آب زیرزمینی به دلیل استفاده بی‌رویه از منابع آب سطحی و همچنین منابع آب زیرزمینی در چاه‌های نیمه عمیق و تلاش کشاورزان برای دستیابی به آب از طریق تبدیل چاه‌های نیمه عمیق به عمیق، زمینه را برای تهی شدن سفره‌های آب زیرزمینی فراهم کرده است. مصداق این موضوع نواحی کشاورزی شهرستان ابرکو در استان یزد است. این منطقه یکی از قطب‌های مهم تولید محصولات کشاورزی در استان یزد است و ۳۵ درصد از جمعیت ۵۳ هزار نفری این شهرستان در بخش کشاورزی اشتغال دارند که این مسئله در کنار خشکسالی‌های پیاپی موجب افت شدید سطح آب از بُعد کمی و کیفی شده است. با توجه به کاهش بارندگی روند افت سطح کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی روز به روز در حال افزایش است به طوری که هجوم آب‌های شور از کفه ابرکوه به سمت آبخوان‌ها، ممکن است میزان شوری و تلخی آب چاه‌های کشاورزی را دوچندان کند. در مرحله بعد پمپاژ این آب به سطح زمین باعث شوری خاک شده و زمین کشاورزی را غیر قابل کشت می‌کند. تلاش برای دستیابی به آب در این منطقه در قالب اقدامات ویرانگری مانند درخواست جابه‌جایی و کف شکنی اغلب چاه‌های ابرکو شده است. که بیش از ۱۷۰ مورد محل چاه‌های کشاورزی تا ۹ مرتبه تغییر داده شده است و در کنار هزینه‌های بالای حفاری، نتایج قابل توجهی نیز در بر نداشته است. به طوری که افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی در ۳۰ سال گذشته به بیش از ۳۰ متر رسیده است. به گفته یکی از کشاورزان "مزرعه برزن" شهر ابرکوه یک حلقه چاه کشاورزی را چهار بار جابه‌جا کرد و از عمق ۹۰ متری زمین ۲۵ لیتر آب در هر ثانیه برداشت می‌کند و در حال حاضر میزان آب‌دهی از عمق ۳۰۰ متری زمین به ۱۳ لیتر در ثانیه کاهش یافته است [۶].

یکی دیگر از معضلات کاهش میزان آب در سفره‌های آب زیرزمینی کاهش کیفیت آب سفره و پیشروی آب شور است. طبق داده‌های هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دشت سیرجان طی سال‌های ۱۳۸۱ - ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ - ۱۳۸۵ انجام شده است، دوره‌های خشک هر سال دارای میزان شوری بالاتر و در

شکل ۶: دشت‌های ممنوعه و در معرض خطر کشور



منبع: [۳۵].

تجزیه و تحلیل

ایران کشوری است که به دلیل قرارگیری در مناطق کم بارش جهان؛ همواره با کمبود آب مواجه بوده است. این کمبود آب به دلیل افزایش میزان جمعیت و فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، روز به روز به سمت بحرانی شدن حرکت کرده است که فضای جغرافیایی کشور را در مسیر بحران قرار داده و به انواع و اقسام بحران‌های زیست‌محیطی پیچیده دچار کرده است. منابع آبی و مناطق مرطوب کشور نسبت به مناطق خشک دارای وسعت کمتری بوده، منابع آبی نیز به صورت متقارن در سطح کشور توزیع نشده‌اند. در این میان برداشت و مصرف بیش از حد آب از منابع سطحی و زیرزمینی باعث به وجود آمدن نتایج ناگواری در عرصه‌های طبیعی و اکولوژیک کشور شده است. شاهد این مدعا در فضای کشور آمارهای مربوط به خشک شدن دریاچه‌ها و تالاب‌ها و عرصه‌های جنگلی، به وجود آمدن دشت‌های بحرانی در مناطق حاصل خیز کشاورزی و همچنین نشست زمین و تغییرات اقلیمی در مناطق دارای اقلیم ناحیه‌ای (میکروکلیما) است. مهمترین عامل این فجایع زیست محیطی چیزی نیست جز مصرف بیش از حد آب در منابع آب سطحی و زیرزمینی و همچنین عدم تغذیه این منابع آبی به دلیل کمبود بارش و خشکسالی‌های زیاد. افزایش شدید تقاضا برای آب و در مقابل خشکسالی‌های متناوب باعث شده است بیابان منابع آبی به صورت منفی در آید (یعنی این که مصرف آب بیش از مقدار تجدید شونده آن باشد) در این میان با مصرف آب‌های سطحی و نابودی این منابع به دلیل وجود فناوری برای استحصال آب، سفره‌های زیرزمینی را تا آخرین قطره به سطح زمین پمپاژ و این مسئله نهایتاً به تخریب سفره آب زیر زمینی منجر شده

است. از این مرحله به بعد دیگر هیچ منبع آبی باقی نمانده و محیط جغرافیایی به سمت نابودی و قهقرا حرکت می‌کند. در این فرآیند ما شاهد وضعیت پیچیده‌ای خواهیم بود که همه معضلات شکل گرفته ناشی از بحران آب به صورت یک کلاف در هم پیچیده درآمده که امکان بازگشت به مرحله اول و احیای محیط زیست وجود نخواهد داشت. بنابراین می‌توانیم این مرحله را تراژدی یک اکوسیستم در فضای یک کشور بدانیم. فرآیند به وجود آمدن هسته‌های گرد و غبار در کشور فرآیندی است که از نابودی منابع آب سطحی ناشی می‌شود این مسئله زمانی تشدید می‌شود که منابع آبی در محیط‌های بیابانی و شکننده قرار داشته باشند. با افزایش مصرف آب موجود در این منابع آب سطحی و در مرحله بعد خشک شدن آن‌ها زمینه‌ای فراهم می‌شود تا این مناطق که زمانی در تعدیل درجه حرارت منطقه و همچنین کاهش سرعت وزش باد به دلیل تاثیر بر شیب فشار هوا دارای تاثیر بودند با از بین رفتن آب این منابع آبی شیب تغییرات فشار نسبت به زمان پر آبی تغییر کرده به طوری که هم درجه حرارت و هم سرعت وزش باد همزمان افزایش پیدا می‌کنند. با افزایش این دو پارامتر و همزمان شدن با خشک شدن منبع آبی در منطقه، زمینه‌ای برای شکل‌گیری هسته‌های گرد و غبار فراهم شده و کل فضای کشور را تحت تاثیر قرار داده و باعث آلودگی هوا به وسیله ریزگردها می‌شود. مصداق این فرآیند شکل‌گیری پدیده گرد و غبار در کشور و رسیدن آن تا تهران است. بنابراین می‌توان گفت پدیده ریزگردها مربوط به نابودی منابع آب سطحی در کشور است و بخش خارجی آن در کشورهای همسایه قرار دارد که این بخش هم نتیجه سیاست‌های آبی اجرا شده در این کشورها است. یکی دیگر از تبعات و کمبود بحران

آب که به شدت حیات انسانی، گیاهی و جانوری موجود در یک زیستگاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد تخریب و نابودی زیستگاه‌های طبیعی است. حوضه دریاچه‌ها و تالاب‌ها مامنی برای زندگی انواع گونه‌های گیاهی و جانوری است به طوری که زندگی این ساکنان به شدت وابسته به آب است و در این میان می‌توان گفت تالاب‌ها، گنجینه‌های طبیعی موجود در زمین هستند که فوق‌العاده غنی هستند و به دلیل فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و سیاست‌هایی نظیر انتقال آب به مناطق صنعتی و همچنین انقطاع آب در کشور به و سیله سدها، عملاً آبی برای تغذیه این تالاب‌ها و دریاچه‌ها باقی نمانده و حیات در این زیستگاه‌ها نابود شده بنابراین تخریب این زیستگاه‌ها به‌طور مستقیم نتیجه کمبود و بحران آب است.

از مهم‌ترین منابع آبی که در تعدیل درجه حرارت یک ناحیه دارای اثرات فراوانی هستند همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شده منابع آب سطحی هستند. این منابع آب سطحی قادر بوده میزان رطوبت را در هوای یک منطقه افزایش داده و در تعدیل دمای آن نقش بی‌بدیلی دارند. مهمترین مصداق این گزاره منطقه سیستان و تنها منبع آبی آن یعنی دریاچه هامون است. منبع تغذیه این دریاچه در کشور افغانستان بوده و به دلیل سیاست‌های آبی تدوین شده در این کشور میزان آب ورودی به این دریاچه کاهش پیدا کرده است و به تبع از و سعت آن نیز کاسته شده است. با توجه به این که این منطقه تحت سیطره بادهای ۱۲۰

روزه سیستان قرار دارد وجود این دریاچه همزمان که باد بر سطح آن می‌وزد تعدیل اقلیم منطقه را به همراه داشته و باعث کاهش سرعت وزش باد می‌شود. در مقابل زمانی که سطح پوشش آب در منطقه محدود می‌شود زمینه را برای فرسایش شدید خاک و تاثیر بر حیات انسانی و گیاهی و جانوری فراهم می‌کند. موارد چند گانه که در فوق به تشریح فرآیند آن‌ها پرداخته شد، مربوط به بحران در زمینه تخریب منابع آب سطحی بود. در ادامه به مسائل زیست محیطی که تخریب منابع آب زیرزمینی به همراه دارند می‌پردازیم. منابع آب زیرزمینی از منابعی هستند که در ایران به‌صورتی نامحدود از آن‌ها بهره برداری می‌شود. این بهره برداری بی‌رویه باعث شکل‌گیری مسائل ثانویه‌ای می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها تهی شدن سفره آب زیرزمینی و نهایتاً شکستگی زمین و نشست زمین و یک عمل تخریبی دیگر با عنوان هجوم آب‌های شور و جایگزینی آن‌ها با منابع آب شیرین است. زمانی که سفره آب زیرزمینی در عمق متوسط یا کم دچار کمبود آب می‌شود، بهره برداران از آب در صدد دستیابی به آب‌های موجود در اعماق زیاد هستند. این مسئله به مرور زمان باعث تخریب سفره آبی می‌شود. در ادامه این فرآیند هجوم آب‌های شور به این سفره‌ها و پمپاژ آن به سطح زمین باعث شور شدن خاک و تبدیل شدن زمین‌های مرغوب به شور زار می‌شود که فاقد توانایی برای کشت محصولات کشاورزی هستند.

جدول ۳: مناطق بحرانی آب در کشور و تبعات زیست محیطی آن

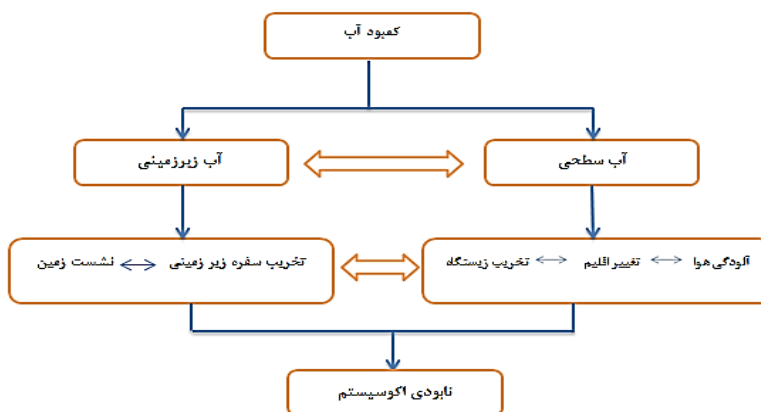
مناطق بحرانی آب در کشور	بحران‌های زیست محیطی کشور	مصادیق بحران زیست محیطی در کشور
- دشت‌ها	۱- نشست زمین. ۲- تخریب آبخوان زیرزمینی (شور شدن و خشک شدن) شور شدن خاک. ۳- از بین رفتن قنات‌ها. ۴- شور شدن خاک.	— تخریب آبخوان‌های ارسنجان (استان فارس)، آبخوان هومند آسرد (دماوند)، آبخوان کُردی- شیرازی (هرمزگان)، آبخوان کنگاور (استان کرمانشاه). - پدیده فرونشست زمین در (دشت ورامین و قرچک، دشت نیشابور، دشت مشهد، دشت ابرکوه). - شور شدن سفره آب زیرزمینی (دشت ابرکوه، دشت کاشان، دشت شبستر، دشت دامغان و ...). - شور شدن خاک در دشت گنبد- آلاکُل، مناطق کوهستانی آذربایجان شرقی و ... - تخریب و خشک شدن قنات‌ها (قنات‌های ابرکوه، قنات لقدن‌به) چهارمحال و بختیاری، قنات شاه علی نگیان در شهرستان درمیان و ...
- دریاچه‌ها	۱- کاهش میزان آب ورودی. ۲- از بین رفتن گونه‌های جانوری موجود در آب. ۳- آلودگی آب. ۴- افزایش شوری آب. ۵- تغییر اقلیم ناحیه‌ای. ۶- افزایش سطح میزان نواحی بیابانی.	خشک شدن یا کاهش سطح آب دریاچه‌های: - ارومیه. - بختگان. - هامون. - مهارلو. - طشک.

مناطق بحرانی آب در کشور	بحران‌های زیست محیطی کشور	مصادیق بحران زیست محیطی در کشور
- تالابها	- خشکی تالابها. - نابودی گونه‌های گیاهی. - نابودی گونه‌های جانوری. - شکلی‌گیری ه سته‌های ریزگرد آلودگی آب (محیط زیست تالاب). - تغییر اقلیم ناحیه‌ای.	خشک شدن و یا کاهش سطح آب تالاب‌های: - هور العظیم. - شادگان. - میقان. - گاوخونی و ...

مسئله اصلی پژوهش حاضر ناظر بر تبعات زیست محیطی بحران آب در ایران بود، اگرچه شناخت عمیق تبعات این امر به دلیل وسعت دامنه آن و همچنین عیان شدن تدریجی اغلب این تبعات کار مشکلی می باشد، ولی براساس یافته‌های به دست آمده مهم‌ترین تبعات بحران آب در ایران مواردی همچون

آلودگی هوا (از طریق ریزگردها)، تخریب زیستگاه‌های طبیعی، تغییر اقلیم ناحیه‌ای (میکروکلیم)، نشست و تخریب سفره‌های آب زیر زمینی در ابعاد کمی و کیفی می باشند که اهم این موارد در قالب شکل ۷ مورد اشاره قرار گرفته‌اند.

شکل ۷: مدل مفهومی پژوهش



نتیجه گیری

بحران و کمبود آب یکی از عوامل تهدید کننده حیات انسانی، گیاهی و جانوری در فضای کشور است. این بحران در مرحله اول باعث اختلال در فعالیت‌های انسانی شده و دولت با اقداماتی درصدد حل کردن این مشکلات مربوط به بحران آب برآمده است. در این زمینه اقداماتی نظیر سدسازی، بهره برداری از منابع آب زیر زمینی و... را در دستور کار قرار داده است. دقیقاً بحران زیست محیطی مرتبط با آب نتیجه چنین سیاست‌هایی است. به صورتی که آب محدود باقیمانده؛ از طریق چنین سیاست‌هایی از ورود آن به زیستگاه‌های طبیعی جلوگیری می‌شود. تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق حاضر که براساس مصادیق بحران‌های زیست محیطی شکل گرفته در نتیجه کمبود و بحران آب که در فضای کشور به وقوع پیوسته، گردآوری شده است؛ نشان داد که مداخلات انسانی بدون

مطالعات همه جانبه در جهت رفع کمبود آب در کشور که سیاست‌ها و مدیریت آب مختص به خود را به دنبال داشته است. اگرچه ممکن است گاهی در یک حوزه موفقیت‌هایی کسب کرده باشد ولی تبعات زیست محیطی ناخوشایندی را بر کشور تحمیل کرده است و حیات بلند مدت در فضای جغرافیایی کشور را به مخاطره انداخته است. از مهمترین تبعات بحران آب کمبود آب مواردی شامل: آلودگی هوا در قالب ریزگردها، تخریب زیستگاه‌ها، تغییر اقلیم ناحیه‌ای (میکروکلیم) که مرتبط با تخریب منابع آب سطحی بودند. در ارتباط با تخریب منابع آب زیرزمینی مواردی چون نشست زمین و تخریب سفره‌های آب زیرزمینی در ابعاد کمی و کیفی نتیجه بحران آب در کشور است. اگرچه باید اذعان داشت که تبعات این امر بسیار زیاد و حتی اغلب هنوز ناشناخته هستند.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه‌های اخلاقی، تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان و منابع مالی/حمایت‌ها: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

۱. انجمن علوم مهندسی آب (۱۳۹۷)، گزارش با عنوان: پدیده فرونشست زمین چیست؟ قابل دسترسی در لینک:
<https://iwse.ir/?p=3335>
۲. باباوغلی محمد (۱۳۹۲)، بررسی اجمالی بحران محیط‌زیست در ایران حول محور آلودگی هوا و تخریب منابع آب، مجله اقتصادی، شماره‌های ۵ و ۶.
۳. بوچانی محمد حسین و فاضلی داریوش (۱۳۹۰)، چالش‌های زیست محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران، فصلنامه رهنما سیاست‌گذاری، سال دوم، شماره سوم، صص ۱۲۵-۱۴۵.
۴. بهرام پور مرضیه (۱۳۸۸)، دین، طبیعت و بحران محیط زیست، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فلسفه گرایش غرب، صص ۱-۲، به راهنمایی دکتر سعید بینای مطلق و مشاوره دکتر یوسف شاقول، دانشگاه اصفهان.
۵. حیدرزاده طاهره و همکاران (۱۳۹۶)، بررسی حقوقی افزایش پدیده ریزگردها در ایران و کشورهای همسایه (با تاکید بر کشور عراق)، فصلنامه پژوهش‌های سیاسی و بین‌المللی، سال هشتم، شماره ۳۲، صص ۳۵-۶۱.
۶. خیرگزاری ایرنا (۱۳۹۷)، گزارش با عنوان: حرکت آب‌های شور به سمت چاه‌ها کشاورزی ابرکوه را تهدید می‌کند، قابل دسترسی در لینک:
<https://www.irna.ir/news/82965597>.
۷. رنجبر، حیدری وحید، جمشیدی ابراهیم (۱۳۹۵)، بررسی مفهوم امنیت زیست محیطی با نگاهی به چالش‌های امنیت زیست محیطی ایران، فصلنامه راهبرد اجتماعی و فرهنگی، سال ۵، شماره بیست و یکم، صص ۱۹۹-۲۳۱.
۸. روزنامه همشهری آنلاین (۱۳۹۳)، گزارش با عنوان شور شدن آب‌های زیرزمینی یکی از تبعات بهره برداری بی‌رویه از آب است، یکشنبه ۲۱ اردیبهشت،
۹. سلیقه محمد و همکاران (۱۳۸۹)، اثرات تغییرات سطح دریاچه هامون بر اقلیم محلی سیستان، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام، صص ۱۱، ۹، زاهدان ۲۵ تا ۲۷ فروردین.
۱۰. شکویی حسین (۱۳۷۳)، دیدگاه‌هایی نو در جغرافیای شهری (جلد اول)، انتشارات سمت، چاپ اول، صص ۳-۱۴۳، تهران.
۱۱. طوفان مسعود (۱۳۸۹)، چالش‌ها و چشم انداز همکاری‌های منطقه‌ای در مهار ریزگردها، فصلنامه سیاست خارجی، سال ۲۴، شماره چهارم، صص ۹۴۳-۹۵۸.
۱۲. عباس نژاد احمد و شاهی دشت علیرضا (۱۳۹۲) بررسی آسیب پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، شماره هفتم، صص ۹۲-۹۳.
۱۳. فیرچایلد جانستون، ای (۱۳۷۰)، اصول جغرافیا، ترجمه حسین حاتمی نژاد و پرویز فرهادیان، تهران انتشارات سحاب، صص ۱۱۸، چاپ اول.
۱۴. کریمی خدیجه و همکاران (۱۳۹۰)، شناسایی خاستگاه‌های تولید توفان گرد و غبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور، نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، سال دوم، شماره هفتم و هشتم.
۱۵. لایقی صدیقه (۱۳۹۲)، بررسی روند کاهش وسعت تالاب کویری جازموریان و تاثیرات آن بر ایجاد ریزگردها، دومین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی: ژئومورفولوژی و پایش تغییرات محیطی، صص ۲۷۵، تهران: دانشگاه تهران.
۱۶. لشکری پور غلامرضا و همکاران (۱۳۸۴)، افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد، مجموعه مقالات نهمین همایش زمین شناسی ایران، دانشگاه خوارزمی، جلد اول، صص ۱۳۱-۱۲۳.
۱۷. محمد جانی اسماعیل و یزدانیان نازنین (۱۳۹۳)، تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن، فصلنامه روند، سال بیست و یکم، شماره ۶۶ و ۶۵.
۱۸. مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری (۱۳۹۶)، آینده پژوهی ایران ۱۳۹۶، تهران: مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری، صص ۸۱.
۱۹. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۶).

- Health, Environment and Development, First published by E & FN Spon, an imprint of Routledge 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE.
۲۷. Postel S and B Richter (2003). *Rivers for Life: Managing Water for People and Nature*. Washington, D.C.: Island Press.
۲۸. S Muskie Edmund (1992). The Global Environmental Crisis, 19 B.C. Env'tl. Aff. L. Rev. 731.
<https://lawdigitalcommons.bc.edu/ealr/vol19/iss4/6>.
۲۹. Sherbinin Alex (2009). *Water and Population Dynamics: Local Approaches to a Global Challenge*. Montreal: IUCN, 2009. Print .
۳۰. Taylor M. Scott (2009). Environmental Crises: Past, Present and Future, The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economie Vol. 42, No. 4, (36 pages) Published By: Wiley.
۳۱. <http://mellatcc.ir>
۳۲. <http://www.iwra.org>
۳۳. <https://environmentalconscience.com/water-scarcity-extent-causes-effects-solutions>
۳۴. <https://Etemadonline.com>
۳۵. <https://khabarban.com>
۳۶. <https://www.isna.ir/news>
۳۷. www.fao.org
- بررسی بحران آب و پیامدهای آن در کشور، مطالعات زیر بنایی (گروه آب و محیط زیست)، شماره مسلسل: ۱۵۶۰۸.
۲۰. مرکز ملی پایش و هشدار خشکسالی (۱۳۹۷). نقشه‌های گرد و خاک، قابل دسترسی از طریق: <http://ndc.irimo.ir/far/wd/4643>
۲۱. نظریان اصغر (۱۳۹۱). جغرافیای شهری ایران، انتشارات پیام نور، ص ۱۲۳، چاپ دوازدهم.
۲۲. ویسی هادی (۱۳۹۵). نیاز آبی و پیامدهای بحران آب در استان کرمان، جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال چهاردهم، شماره ۵۰.
۲۳. یوسف‌زاده مجید (۱۳۸۶). آغاز شهرنشینی در ایران، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول.
۲۴. Bigas H. (Ed.) (2012). The Global Water Crisis: Addressing an Urgent Security Issue. p27,29. Papers for the InterAction Council, Hamilton, Canada: UNU INWEH.
۲۵. Hinrichsen Don and Tacio Henrylito (2002). The Coming Freshwater Crisis is Already Here. Environmental Change and Securities Project, Woodrow Wilson International Center for Scholars. Page 4.
۲۶. Kay Brian. H (1999). Water Resources: