

## خشکسالی، تهدید یا فرصت؟

\*مهندس انسیه مرکباتی

کارشناس ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست،  
دانشگاه تهران، ایران

### چکیده

از ابتدای خلقت تاکنون آب عامل مهم و حیاتی بقای هستی بشر بوده و نقش آن در رشد و توسعه جوامع بشری غیرقابل انکار است. امروزه هرچند وجود ابزارهای پیشرفته، دستیابی به آب و بهره‌برداری از آن را آسان نموده، اما محدودیت منابع آب شیرین و عدم تناسب آن با رشد جمعیت و افزایش مصرف آب یکی از اصلی‌ترین نگرانی‌های دنیای امروز به‌شمار می‌رود. آمارهای جهانی نشان می‌دهد که هم‌اکنون بیش از ۱٫۵ میلیارد نفر یعنی حداقل ۲۰٪ جمعیت جهان از نعمت آب آشامیدنی سالم محرومند و تا سال ۲۰۵۰ اغلب کشورهای جهان دچار بحران آب خواهند شد.

تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین چالشی برای همه مردم دنیاست و حتی کشورهای دارای منابع آب فراوان را هم نگران ساخته‌است. وجود معضل جهانی کمبود و نابرابری تقسیم منابع آبی در جهان احتمال بروز درگیری بین کشورها را در آینده‌ای نه‌چندان دور قوت می‌بخشد. خاورمیانه هم یکی از مناطق کم‌آب جهان است که با ۵٪ جمعیت جهان فقط حدود ۱٪ از منابع آب دنیا را در اختیار دارد. در ایران میانگین بارندگی ۱/۳ متوسط جهانی است درحالی‌که میزان بهره‌برداری از منابع آب در ایران چیزی حدود ۶ برابر متوسط جهانی است. علیرغم تلاش‌های صورت گرفته ۲۰ تا ۳۰٪ نزولات آسمانی در ایران به‌هدرمی‌رود و کماکان جای مدیریت صحیح آب و مصرف آن در کشور خالیست. این در حالیست که در افق ۱۴۰۰ تامین مواد غذایی موردنیاز جمعیت ۱۰۰ میلیونی در پیش‌رو قرار دارد.

علاوه بر این، کاهش شدید بارندگی در اغلب نقاط کشور طی سال‌های اخیر، خطر خشکسالی را به یک واقعیت غیرقابل انکار بدل نموده‌است. اما واقعیت این است که خشکسالی در ایران شرایط استثنایی و غیرقابل پیش‌بینی نمی‌باشد. ایران به دلیل قرارگرفتن در مدار ۲۵ تا ۴۰ درجه شمال عرض جغرافیائی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است و بروز خشکسالی در این کشور امری طبیعی است، ولی باید پذیرفت که مشکل کشور ما تنها کمبود بارندگی نیست، بلکه عدم درک صحیح واقعیت‌هاست. تنها بخش اندکی از برنامه‌ریزی‌های ما متناسب با چنین اقلیمی است و هرگز سرمایه‌گذاری‌های مناسب برای تطبیق با این شرایط صورت نگرفته‌است.

شاید خشکسالی فرصت مناسبی باشد تا دریابیم که حفظ و توسعه جنگل‌ها و مراتع و مقابله با بیابان‌زایی تنها راه نجات برای حفظ رطوبت خاک و کشاورزی پایدار است. توسعه سرمایه‌گذاری‌ها در زیربخش‌هایی چون آبخیزداری و آبخوان‌داری، سیستم‌های آبیاری تحت فشار، شبکه‌های آبیاری-زهکشی تنها راه برای حفظ توسعه پایدار در کشاورزی و تضمین امنیت غذایی می‌باشد. خشکسالی پدیده‌ای نیست که بتوان با آن جنگید بلکه فقط باید با نگرشی علمی با آن کنار آمده و از میزان خسارت آن کاست. در هر صورت در ایران مسئله خشکی و خشکسالی همواره با زندگی کشاورزان قرین بوده‌است. اما با توجه به بیش از ۲۲۰ میلیارد مترمکعب ذخیره آب‌های زیرزمینی ایران، استفاده بهتر از این ذخایر به‌خصوص به‌هنگام خشکسالی بسیار حائز اهمیت است. گفتنی است که در بسیاری از نقاط کشورمان از جمله یزد با بکارگیری شیوه‌های سنتی مهار و حفظ ذخایر آب حتی در اراضی دارای بارندگی کمتر از ۷۰ میلی‌متر در سال کشاورزی می‌شود.

### کلمات کلیدی

خشکی، خشکسالی، مدیریت منابع آب، کشاورزی پایدار

## مقدمه

ایران کشور پهناوری است که به علت موقعیت خاص و ویژگی‌های توپوگرافیک، از آب و هوای متفاوتی برخوردار است. میزان بارندگی متوسط سالانه آن را حدود ۲۲۴ تا ۲۷۵ میلی‌متر ذکر شده که بدین ترتیب حدود یک سوم متوسط بارندگی‌های خشکی‌ها (۸۰۰ میلی‌متر) و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین (۱۱۳۳ میلی‌متر) می‌باشد.

قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هوای خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. علاوه بر بارندگی کم، پراکندگی و نوسانات شدید بارندگی هم از جمله خصوصیت‌های آن است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریان‌های سطحی و سفره آب‌های زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود. با توجه به نوسانات منفی شدید در بارش‌های مناطق مختلف کشور، وقوع خشکسالی‌های ضعیف تا شدید امری اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود. هر ساله از مقدار منابع آب‌های زیرزمینی کاسته می‌شود، این امر موجب خشک شدن قنوت و چشمه‌های آب و عمیق‌تر شدن چاه‌های آب کشاورزی و در نتیجه پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی می‌شود. وقوع این خشکسالی‌ها، اثر بسیار زیانباری را بر کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می‌کند فراوانی وقوع خشکسالی و شدت آن در کشور بسیار بالا می‌باشد. به‌طور کلی پراکندگی جغرافیایی خشکسالی در نواحی جنوبی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هرچه از بخش‌های جنوبی و مرکزی کشور فاصله گرفته می‌شود از شدت فراوانی خشکسالی‌ها نیز کاسته می‌شود. دلیل این امر، تأثیر سیستم‌های پرفشار جنب حاره‌ای است که مقادیر بارندگی بخش‌های جنوبی کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی به‌طور محسوس کاهش داده و مانع از تأثیر سیستم‌های شمالی و غربی بر این مناطق می‌شود. به‌طور کلی باید گفت که وقوع خشکسالی از ویژگی‌هایی اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود که هم در قلمرو آب و هوای مرطوب و هم خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه وجود نوسانات آب و هوایی شدید در مقیاس‌های مختلف زمانی حاصل می‌شود. ویژگی‌های خشکسالی ایران نشان می‌دهد که به‌طور کلی هیچ منطقه‌ای از کشور از این پدیده در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود آثار این پدیده مخرب را تجربه می‌نماید. البته بخش‌های جنوبی، شرقی و مرکزی کشور به علت نوسانات بیشتر در مقادیر بارندگی، آسیب‌پذیرتر هستند.

بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب است لذا در هنگام خشکسالی بیشترین آسیب به آن وارد می‌شود. مدیریت درازمدت منابع آب نیازمند استفاده اقتصادی از آن است و اصول مدیریت خشکسالی باید بر افزایش بازدهی استفاده از آب و تولید محصولات با ارزش‌تر استوار باشد. هر نوع سرمایه‌گذاری در منابع آب و خاک باید با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی کشور انجام گیرد. باید پذیرفت خشکسالی یک پدیده طبیعی ناشی از اقلیم کشور است و برای رویارویی با آن تدوین برنامه لازم است تا براساس این برنامه اقدامات مناسب و موثر به اجرا درآید.

## مفاهیم

خشکسالی شرایط اقلیمی نرمال و مکرری است که بسیاری به اشتباه آن را واقعه ای تصادفی و غیرطبیعی می‌پندارند. این پدیده یک اختلال موقتی

است و با خشکی تفاوت دارد. چرا که خشکی حالتی دائمی از اقلیم و صرفاً محدود به مناطقی با بارندگی اندک است، اما خشکسالی از بلایای طبیعی نامحسوس است که تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد اما در مناطق خشک امکان بروز آن بیشتر است.

گرچه تعاریف متفاوتی برای خشکسالی ارائه شده لیکن در کل یک رویداد اقلیمی و حاصل کاهش بارندگی از میانگین بارش منطقه در طی یک دوره زمانی می‌باشد. خشکسالی با زمان (فصل اصلی وقوع این پدیده، تأخیر در شروع فصل بارانی، وقوع بارش در ارتباط با مراحل اصلی رشد گیاه) و نیز مؤثر بودن بارش‌ها (شدت، بارش، تعداد رخدادهای بارندگی) مرتبط بوده و ممکن است کوتاه و کمتر زیانبخش یا طولی‌المدت، شدید و مخرب باشد. سایر عوامل اقلیمی نظیر دمای بالا، باد شدید و رطوبت نسبی پایین‌تر نیز غالباً در بسیاری از نقاط جهان با این پدیده همراه شده و می‌تواند به طرز قابل ملاحظه‌ای بر شدت آن بیفزایند.

خشکسالی صرفاً پدیده‌ای فیزیکی یا طبیعی نیست و تأثیرات آن در جامعه بسته به نیاز مردم به منابع تأمین آب متفاوت می‌باشد. خشکسالی‌های اخیر در هر دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی داشته که باعث شده آسیب‌پذیری تمامی جوامع به این پدیده زیانبخش، طبیعی جلوه یابد.

## تعریف خشکسالی

دو نوع تعریف کلی برای خشکسالی وجود دارد: مفهومی و عملی

### تعاریف مفهومی

این نوع تعاریف که در قالب اصطلاحاتی کلی بیان می‌شود به درک مفهوم خشکسالی کمک می‌کند. بعنوان مثال «خشکسالی عبارت است از یک دورهٔ ممتد کمبود بارش که منجر به صدمه زدن به محصولات زراعی و کاهش عملکرد شود». تعاریف مفهومی در تبیین سیاست‌گذاری در این زمینه نیز حائز اهمیت است. سیاست کلی در زمینه خشکسالی می‌تواند تلفیقی از تعریف خشکسالی و آگاهی نسبت به تغییرپذیری حالت نرمال اقلیم باشد. با اتخاذ چنین سیاستی، وضعیت بحرانی در کشور صرفاً در «خشکسالی‌های شدید»، به‌ویژه زمانی که شرایط خشکسالی حادث از مخاطره عادی مدیریت پروژه است، اعلام می‌شود.

تشخیص خشکسالی‌های استثنایی هم مبتنی بر ارزیابی‌های علمی است و هرگونه تغییر عادی در مناطق اقلیمی خشک و نیمه‌خشک را شامل نمی‌شود که هر چند سال یکبار ممکن است روی دهد. در واقع، براساس این سیاست‌گذاری‌ها، زیرساخت‌های مناسب برای تطبیق با شرایط آب و هوایی این‌گونه مناطق در اختیار ساکنان قرار می‌گیرد.

### تعاریف عملی

تعاریف عملی به تشخیص شروع، خاتمه و درجه شدت خشکسالی کمک می‌کند. برای تعیین شروع خشکسالی، میزان انحراف وضعیت فعلی از میانگین بارش در طول یک دوره زمانی، معمولاً ۳۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. این تعاریف را می‌توان در ارزیابی عملی شدت و اثر خشکسالی در طی فصل رشد براساس متغیرهای هواشناسی، رطوبت خاک و شرایط گیاه مورد استفاده قرار داد و تأثیر بالقوه این شرایط را بر عملکرد نهایی ارزیابی کرد.

به‌علاوه، تعاریف عملی در تحلیل تناوب، شدت و تداوم خشکسالی برای یک دوره زمانی فرضی نیز کاربرد دارند. لیکن چنین تعاریفی نیازمند داده‌های

در اواخر قرن نوزدهم و ترانسو (۱۹۰۵) اهمیت تبخیر را نیز در بررسی خشکسالی مورد تاکید قرار دادند.

در خشکسالی کشاورزی، موضوع به شاخص‌های کشاورزی محدود می‌شود که نشان‌دهنده درجه یا مقدار تاثیرپذیری گیاه به کمبود غیرمعمول رطوبت خاک است. یک تعریف جامع از خشکسالی کشاورزی آن است که بتواند حساسیت گیاهان زراعی را در طی مراحل نمو گیاه از سبز شدن تا بلوغ لحاظ نماید. کمبود رطوبت در لایه‌های فوقانی خاک به هنگام کاشت می‌تواند باعث تأخیر جوانه زنی و نهایتاً کاهش تراکم بوته در هکتار و نقصان عملکرد نهایی گردد. لیکن چنانچه رطوبت خاک سطحی برای مراحل اولیه رشد کافی باشد کمبود رطوبت در لایه‌های زیرین خاک در صورت تأمین نیازهای آبی گیاه بوسیله بارندگی یا آبیاری بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر چندانی نخواهد داشت.

به عبارت ساده‌تر خشکسالی کشاورزی یعنی «ناکافی بودن رطوبت برای رشد کافی محصول» دارای دو درجه است: معمولی و کشنده. چنانچه میزان و توزیع بارش در طول دوره رویش آن چنان نامناسب باشد که محصول قابل برداشت نباشد، «خشکسالی کشنده» است اما اگر بارندگی کم و برای نیاز گیاه کافی نباشد یا در زمان مناسب صورت نگیرد به طوری که عملکرد محصول نسبت به سال‌های معمولی پایین‌تر باشد وضعیت را «خشکسالی معمولی» می‌نامند. (کردوانی، ۱۳۸۰)

### ۳. خشکسالی هیدرولوژیکی

خشکسالی هیدرولوژیکی، تأثیر نقصان ریزش‌های جوی را بر منابع آب‌های سطحی یا زیرزمینی بیان می‌کند. فراوانی و شدت خشکسالی‌های هیدرولوژیکی غالباً در مقیاس حوضه آبخیز رودخانه بیان می‌شود. گرچه همه خشکسالی‌ها از کمبود بارش منشأ می‌گیرند لیکن هیدرولوژیست‌ها بیشتر به این موضوع توجه دارند که این کمبود چگونه در سیستم هیدرولوژیکی ظاهر می‌شود. علت جدا کردن خشکسالی کشاورزی از خشکسالی هیدرولوژیکی این است که در مطالعه خشکسالی کشاورزی، باران موثر به‌عنوان بخشی از باران که بتواند در ناحیه ریشه نفوذ کند مورد نظر می‌باشد در حالی که در خشکسالی هیدرولوژیکی باران موثر بخشی از بارندگی است که در سطح یا زیر زمین جاری شده و به افزایش آب در چشمه‌ها، جویبارها، دریاچه‌ها و حوضچه‌ها بیانجامد.

خشکسالی‌های هیدرولوژیکی معمولاً با تأخیر بیشتری نسبت به خشکسالی‌های هواشناسی یا کشاورزی رخ می‌دهند چرا که زمان بیشتری طول می‌کشد تا اثر کمبود بارش در اجزاء سیستم هیدرولوژیکی نظیر جریان رودخانه و سطح مخازن آب‌های زیرزمینی نمایان شود. در نتیجه زمان این تأثیرات با سایر موارد موجود در دیگر بخش‌های اقتصادی یکسان نیستند چرا که بخش‌های مختلفی برای تأمین آب مورد نیاز خود به این منابع متکی هستند. مثلاً کمبود بارش می‌تواند موجب تخلیه سریع رطوبت خاک شود که تقریباً بلافاصله برای متخصصان کشاورزی مشهود است ولی این کمبود بر سطح آب مخازن تا ماه‌ها بر تولید نیروی برق آبی یا مصارف تفریحی تأثیر نمی‌گذارد.

به‌علاوه آب موجود در سیستم‌های ذخیره هیدرولوژیکی معمولاً برای مقاصد مختلفی مانند آب شرب، آبیاری، نیروگاه‌های برق آبی، صنایع، کشتیرانی، تفرج، و زیستگاه‌های حیات وحش به کار می‌رود. رقابت بر سر استفاده از این سیستم‌های ذخیره‌ای در طی دوره خشکسالی شدت می‌گیرد و البته در این میان آن که همیشه مغبون است محیط‌زیست می‌باشد.

جوی در مقیاس‌های زمانی ساعتی، روزانه، ماهانه و سایر مقاطع زمانی و احتمالاً داده‌های مربوط به اثراتی مانند عملکرد محصول می‌باشند. بدینوسیله شناخت ماهیت خشکسالی یک منطقه و درک بیشتری از خصوصیات و احتمال وقوع مجدد آن در شدت‌های مختلف به دست می‌آید. اطلاعاتی از این نوع در تدوین راهبرد تقلیل اثرات این پدیده و طرح‌های آمادگی بسیار سودمند است.

### انواع خشکسالی

خشکسالی را از دیدگاه‌های مختلفی از قبیل هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و اقتصادی - اجتماعی می‌توان بررسی نمود:

#### ۱. خشکسالی هواشناسی

در مورد شاخص‌های خشکی، از نظر هواشناسی، مطالعات بسیاری صورت گرفته‌است. برخی از محققان فقط عامل بارش و بعضی عامل بارش و درجه حرارت و یا تبخیر و تعرق را در فرمول خود دخالت داده‌اند. به‌عنوان مثال، در برخی تعاریف خشکسالی هواشناسی، معرف دوره خشکسالی تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد خاص است. بعضی از تعاریف خشکسالی که با توجه به عامل بارش معرفی شده‌اند شرح زیر است:

● کمتر از ۲/۵ میلی متر بارندگی در ۴۸ ساعت

● عدم وقوع بارندگی در ۱۵ روز

● ۲۱ روز یا بیشتر باران کمتر از ۳۰ درصد حد نرمال

البته این تعاریف بیشتر مناسب مناطق مرطوبی مانند انگلستان، اروپا و شمال آمریکا بوده و با شرایط آب و هوایی کشور ما تناسبی ندارند. سایر مناطق اقلیمی دارای الگوی بارش فصلی می‌باشند. همچنین وجود دوره‌هایی طولانی بدون بارندگی در برخی مناطق بیابانی امری عادی است و در این موارد، تعریف مبتنی بر تعداد روزهایی با بارش کمتر از یک حد آستانه خاص، غیر واقعی است. در حقیقت در مناطق خشک و نیمه‌خشک اگر باران خارج از فصل ببارد نه تنها مفید نیست بلکه خساراتی نیز به همراه دارد. در این‌گونه مناطق اگر در فصل بارش در فواصل زمانی معین متناسب با رویش گیاهان بارندگی روی ندهد و یا باران‌های بهاری با تأخیر همراه باشد خشکسالی پیش‌بینی می‌گردد.

خشکسالی هواشناسی باید براساس درجه و طول دوره خشکی به صورت موردی برای هر منطقه خاص تعریف شود چرا که شرایط جوی که موجب کمبود بارش می‌گردد از منطقه‌ای به منطقه دیگر تغییر می‌کند. در تعریف واقعی‌تر رابطه‌ای مابین میزان انحراف واقعی بارش و مقادیر متوسط ماهانه، فصلی یا سالانه برقرار می‌شود مانند «کمتر باریدن از میانگین بارش سالانه منطقه» (کردوانی، ۱۳۸۰).

#### ۲. خشکسالی کشاورزی

خشکسالی مهم‌ترین علت کاهش عملکرد محصولات زراعی است. نیاز آبی هر گیاه بستگی به شرایط جوی، خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ویژگی‌های زیستی و مراحل رشد آن گیاه خاص دارد. خشکسالی کشاورزی اثر ویژگی‌های مختلف خشکسالی به‌ویژه کمبود بارش، کمبود رطوبت خاک، افت سطح آب زیرزمینی ... را در کشاورزی بیان می‌کند.

در تعاریف خشکسالی کشاورزی، عامل بارش نمی‌تواند تنها شاخص تعیین‌کننده باشد و علاوه بر تغییرات بارندگی می‌بایست گرمای زیاد و داده‌های خشک‌کننده گیاه را نیز در نظر گرفت (راسل، ۱۸۹۶). اکوچف

کالاها رو به افزایش است. اگر عرضه محصولات هم به دلیل بهبود راندمان تولید و فناوری یا ساخت مخازنی که ظرفیت ذخیره آب را افزایش می دهد بیشتر شود، عامل حساس، نرخ نسبی تغییر است. اما چنانچه تقاضا سریعتر از عرضه افزایش یابد، اثرات سوء و میزان وقوع خشکسالی در آینده همسو با روند عرضه و تقاضا افزایش خواهد یافت.

### ویژگی های زمانی و مکانی خشکسالی

#### ۱. آغاز و خاتمه خشکسالی

تشخیص زمان آغاز خشکسالی بسیار مشکل است. بدیهی است که این زمان با توقف آخرین بارش مفید آغاز نمی شود بلکه ممکن است تا زمان اتمام ذخیره رطوبت خاک به طول بیانجامد. این حالت با توجه به بارشهای هرچند اندک در زمان آغاز خشکسالی پیچیدگی خاصی پیدا میکند. بنابراین، در حالت کلی می توان گفت زمان آغاز خشکسالی، هنگامی است که ذخیره رطوبتی چه در محیط خاک (خشکسالی کشاورزی) و چه در مخازن آبی (خشکسالی هیدرولوژیک) خاتمه یافته باشد.

پایان خشکسالی نسبت به زمان آغاز محسوس تر است. در امر کشاورزی، پایان خشکسالی، زمانی است که بارش های جوی، رطوبت مورد نیاز خاک را تامین نماید. در هیدرولوژی، زمانی که جریان رودخانه مجدداً برقرار شده و مخازن زیرزمینی تغذیه مجدد شوند، زمان پایان خشکسالی در نظر گرفته می شود.

زمان آغاز تا پایان خشکسالی که به عنوان دوره تداوم خشکسالی نامیده می شود یکی از ویژگی های اساسی خشکسالی محسوب می گردد. هر قدر دوره تداوم خشکسالی طولانی تر شود، میزان ذخایر آب منطقه، تحت خطر جدی قرار گرفته و به همین جهت می تواند شدت خشکسالی را افزایش دهد.

#### ۲. شدت خشکسالی

هر قدر میزان کمبود بارندگی نسبت به شرایط میانگین کمتر باشد به همان اندازه میزان تاثیر خشکسالی بیشتر خواهد شد. علاوه بر این، میزان استمرار حالت خشکسالی در یک منطقه نیز گویای شدت خشکسالی در همان منطقه است. یعنی در شرایطی که خشکسالی تنها برای یک ماه استمرار داشته باشد احتمال دارد بارش ماه بعد، میزان کمبود ماه مزبور را جبران نماید ولی اگر ماه بعدی نیز خود نسبت به شرایط طبیعی کمبود داشته باشد، در شدت بخشیدن به حالت خشکسالی موثر خواهد بود. میزان کمبود بارندگی و نیز زمان استمرار آن، بیانگر شدت خشکسالی است.

#### ۳. فراوانی خشکسالی

فراوانی خشکسالی نیز از اهم ویژگی های مورد مطالعه در بررسی این پدیده به شمار می آید که در مقایسه های مختلف زمانی (برای مثال سالانه، ماهانه و فصلی) قابل اندازه گیری است. محاسبه توزیع فراوانی در شدت های مختلف می تواند در ارزیابی قابلیت منطقه برای بررسی احتمال دوره های برگشت خشکسالی مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۴. وسعت منطقه خشکسالی

خشکسالی می تواند در منطقه وسیعی اتفاق افتد ولی امکان دارد شدت و دوره تداوم آن در سراسر منطقه یکسان نباشد. خشکسالی در مناطق خشک می تواند در ناحیه وسیعی که صدها، بلکه هزاران کیلومتر مربع را می پوشاند،

هر چند اقلیم عامل اولیه در بروز خشکسالی هیدرولوژیکی است ولی عوامل نظیر تخریب جنگل ها و تغییرات کاربری اراضی نیز همگی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه اثر گذارند.

از آنجا که مناطق مختلف بوسیله سیستم هیدرولوژیکی به هم مرتبطند، تاثیر خشکسالی هیدرولوژیکی به مرزهایی فراتر از منطقه کمبود بارش گسترش می یابد. به طور مثال، ممکن است خشکسالی هواشناسی بخش هایی از ارتفاعات و دامنه های حوزه آبخیز را تحت تاثیر قرار دهد ولی چون رودخانه ای که از ارتفاعات منشا می گیرد منطقه را به سمت اراضی کم ارتفاع زهکشی می کند، امکان بروز تاثیرات هیدرولوژیکی در پایین دست جریان وجود دارد. همچنین تغییر در کاربری اراضی بالا دست می تواند خصوصیات هیدرولوژیکی نظیر مقادیر نفوذ و رواناب را تغییر داده و باعث تشدید خشکسالی هیدرولوژیکی در پایین دست شود.

پایام توأم خشکسالی های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی تفاوت های آنها را بیشتر آشکار می کند. زمانی که خشکسالی آغاز می شود، تولیدات کشاورزی به دلیل وابستگی زیاد به ذخیره رطوبتی خاک، معمولاً نخستین بخشی است که تحت تاثیر قرار می گیرد. در طی دوره های ممتد خشکی، چنانچه کمبود بارش ادامه یابد رطوبت خاک به سرعت تخلیه می شود و پس از آن نیاز آبی مردم باید از طریق سایر منابع آبی تامین گردد که کمتر توسط یک خشکسالی کوتاه مدت ۳ تا ۶ ماهه آسیب می بینند.

زمانی که بارش به حالت نرمال برمی گردد و خشکسالی هواشناسی پایان می پذیرد تا زمان احیاء مجدد منابع آب های سطحی و زیرزمینی، پیامدهای سوء خشکسالی ادامه می یابد. در ابتدا ذخایر رطوبت خاک و به دنبال آن جریان های سطحی، مخازن و دریاچه ها و در انتها آب های زیرزمینی جایگزین می شود.

ممکن است اثرات خشکسالی در بخش کشاورزی بدلیل وابستگی آن به رطوبت خاک سریعاً از بین برود لیکن در سایر بخش ها که متکی به ذخایر سطحی و یا زیرسطحی آب هستند تا ماهها یا حتی سال ها طول میکشد. مصرف کنندگان آب های زیرزمینی که معمولاً آخرین افرادی هستند که به هنگام بروز خشکسالی تحت تاثیر آن قرار می گیرند، بازگشت به وضعیت عادی را دیرتر از سایرین تجربه می کنند. طول دوره تجدید ذخیره منبع تابعی از شدت و تداوم خشکسالی و مقدار بارش دریافتی است.

#### ۴. خشکسالی اقتصادی - اجتماعی

خشکسالی اقتصادی - اجتماعی تلفیقی است از عرضه و تقاضای برخی کالاهای اقتصادی با اجزاء خشکسالی های هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی. این مورد، با تعاریف قبلی از آن جهت تفاوت دارد که وقوع آن بستگی به فرایندهای زمانی و مکانی عرضه و تقاضا برای تعریف یا تشخیص خشکسالی ها دارد. عرضه بسیاری از کالاهای اقتصادی مانند آب، علوفه، غلات، ماهی و نیروی برق بستگی به وضعیت جو دارد. به دلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم، عرضه آب در برخی سال ها کافی است ولی در سال های دیگر در حد تامین نیازهای انسان و محیط زیست نیست.

خشکسالی اقتصادی - اجتماعی زمانی رخ می دهد که تقاضا برای یک کالای اقتصادی به دلیل کمبود آب حاصل از خشکسالی از میزان عرضه بیشتر شود. به عنوان مثال، چون نیروگاه های برق آبی متکی به جریان های سطحی هستند لذا خشکسالی موجب کاهش قابل ملاحظه ای در تولید برق شده و دولت را وادار به جیره بندی مصرف برق می نماید.

در نتیجه رشد جمعیت و تغییر الگوی مصرف، در اکثر موارد، تقاضا برای

گسترش پیدا کند.

در رابطه با وسعت خشکسالی، سابرامانیا (۱۹۶۷) طبقه‌بندی جدول یک را از نظر شدت خشکسالی مطرح کرده است.

جدول شماره (۱): طبقه بندی وسعت خشکسالی

گروه خشکسالی	درصد منطقه تحت پوشش
محلی	کمتر از ۱۰
وسیع	۱۱-۲۰
بسیار وسیع	۲۱-۳۰
فوق العاده یا استثنایی	۳۱-۵۰
مصیبت بار	بیشتر از ۵۰

### ۵. دوره تناوبی رخداد خشکسالی

بررسی‌های مربوط به احتمال تکرار خشکسالی‌ها و سایر پدیده‌های طبیعی به صورت رخداد‌های منظم، بخش زیادی از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. به‌طوری که بیش از ۱۰۰۰ مقاله در رابطه با ارتباط رخداد‌های آب و هوایی با سیکل ۱۱ ساله لکه‌های خورشیدی تهیه شده است (بران و رادیر، ۱۹۸۵). چگونگی پیدایش این لکه‌ها هنوز به درستی شناخته نشده است و بیشتر تصور می‌رود که زبانه کشیدن و درهم پیچیدن توده‌های گاز مشتعل خورشید، باعث پدید آمدن آن می‌گردد. امروزه رابطه میان لکه‌های خورشیدی با برخی از پدیده‌های زمینی به اثبات رسیده است (جعفری، ۱۳۶۰).

در رابطه با تناوب وقوع خشکسالی، هنوز در حواله قانونمندی علمی که به‌طور قطع مورد تایید باشد، اجماع صورت نگرفته است اما به‌هنگام کاهش تعداد لکه‌های خورشیدی، خشکسالی‌های شدیدی اتفاق افتاده‌اند. مطالعات صورت گرفته در کشورهایی از جمله استرالیا و هند گواه این مدعاست. تحقیقاتی نیز در خصوص رابطه وقوع خشکسالی‌ها با سیستم‌های گردش جوی و همچنین با پدیده ال نینو یا دمای سطح دریا، ارتباط بین اقیانوس‌ها و خشکی‌ها و ... انجام شده است. (لاکود، ۱۹۸۸)

تعاریف خشکسالی اغلب قابلیت انطباق بخش کشاورزی را با شرایط اقلیمی مورد توجه قرار می‌دهد. به‌عنوان مثال، اگر در یک سال، در منطقه‌ای که میانگین بارندگی سالانه آن هزار میلی‌متر در سال است و جزو مناطق مرطوب به‌شمار می‌آید، بارش به ۷۵۰ میلی‌متر کاهش یابد، آن سال برای کشاورزان منطقه خشک محسوب می‌شود در حالیکه در یک ناحیه نیمه‌خشک با متوسط بارندگی ۳۰۰ میلی‌متر، بارش ۷۵۰ میلی‌متر در یک سال به‌عنوان سال مرطوب و پر باران در نظر گرفته می‌شود و کشاورزان با توجه به باران اضافی با مشکلاتی نظیر غرقاب شدن اراضی و خیس بودن خاک، تهیه محل سرپوشیده برای دام و انبار کردن محصول، گل آلود شدن جاده و مشکلات شخم و نیز برداشت محصول زیر باران روبرو خواهند بود.

به‌طور کلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با توجه به وضعیت اقلیمی، تطابق کشاورزی سنتی با آب و خاک و متوسط اقلیمی صورت گرفته و

تجارب شخصی روستائیان و سنت‌های قدیمی به آنها می‌آموزد چگونه با تغییرات جزئی در شرایط جوی از خطرات خشکسالی اجتناب کنند.

### تغییر اقلیم و خشکسالی

نوسان منابع آبی به طرز قابل ملاحظه‌ای تابع تغییرات اقلیمی است چرا که نیاز به آب در شرایط گرم‌تر و خشک‌تر بیشتر می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که غلظت گاز کربنیک و سایر گازها در اتمسفر از نیمه دوم قرن نوزدهم افزایش یافته است. میزان غلظت  $CO_2$  از سال ۱۹۵۸ تا ۱۹۸۸ حدود ۳۵ درصد فزونی یافته است. با مطالعه اثر دو برابر شدن غلظت گاز کربنیک بر عوامل هیدرولوژیکی مشاهده شد که تبخیر و تعرق بالقوه، درصد رطوبت خاک و میزان ذخیره آب‌های زیرزمین در حوزه‌هایی با نفوذپذیری زیاد افزایش یافته است (ولت و همکاران، ۱۹۸۸).

افزایش گاز کربنیک باعث افزایش درجه حرارت و رطوبت مطلق در لایه‌های هوای نزدیک سطح زمین می‌گردد. هر چند با دو برابر شدن گاز کربنیک، میزان بارندگی افزایش می‌یابد ولی افزایش بارندگی در نقاط مختلف یکسان نیست (میچل، ۱۹۸۹). در مناطقی با عرض جغرافیایی زیاد به‌طور کلی میزان بارندگی و رواناب افزایش می‌یابد ولی در مناطق با عرض جغرافیایی کم بارندگی بسته به منطقه، افزایش یا کاهش نشان می‌دهد. به‌طور کلی، می‌توان از تحقیقات انجام شده چنین نتیجه گرفت که میزان گاز کربنیک و سایر گازهای موجود در اتمسفر (نظیر متان و CFC) بعد از انقلاب صنعتی افزایش یافته است.

مدل‌های مختلف نشان داده‌اند که با افزایش گاز کربنیک، شرایط هیدرولوژیکی از قبیل بارندگی، درجه حرارت، تبخیر و تعرق، و رواناب تغییر می‌کند که به تبع آن وقوع خشکسالی نیز قابل بررسی است.

از سوی دیگر خشکسالی و نوسانات آب و هوایی باعث بیابان‌زایی می‌شود چرا که کاهش بارندگی و رطوبت، افزایش دما به‌ویژه در تابستان، افزایش میزان خشکی، تبخیر و تعرق، وزش بادهای گرم و سوزان همگی در کاهش پوشش گیاهی موثرند. این نوسانات طغیان و حمله برخی جانوران، حشرات و آفات از جمله ملخ‌ها را نیز در پی دارند.

باد و آب به‌عنوان دو عامل اقلیمی که دارای تغییرات نسبتاً زیادی هستند در شکل‌گیری مناطق خشک و بیابانی نقش مهمی دارند. وقوع پدیده فرسایش آبی و بادی نیز در گسترش بیابان‌ها تأثیر عمده‌ای داشته و تبعات منفی خشکسالی را تشدید می‌نماید.

### برنامه‌ریزی برای مقابله با تبعات خشکسالی

بروز پدیده خشکسالی آن هم بدون پیش‌بینی و آمادگی لازم تقریباً تمامی ارکان جامعه اعم از مردم و دولتها را به تکاپو می‌اندازد تا برای مقابله با تبعات آن راه حل‌هایی را اتخاذ کنند. برنامه‌ریزی دولت برای مواجه شدن با این پدیده می‌تواند تا حد زیادی موثر باشد اما پیش از اتخاذ هر تصمیمی باید همه مشکلات و موانع اجرای برنامه بررسی گردد.

برنامه‌ریزان و مدیران سوانح غیرمترقبه بر این باورند که چون خشکسالی یک حادثه آنی نبوده و پدیده‌ای تدریجی است، عدم صراحت و شفافیت در تعریف آن می‌تواند مانعی اساسی برای برنامه‌ریزی صحیح در خصوص کاهش تبعات ناشی از آن باشد. ضمن این که تا زمانی که خشکسالی منجر به کمبود شدید آب نشود توجه دولت‌ها به آن جلب نمی‌شود. بزرگ‌ترین مانع برای برنامه‌ریزی کمبود آب حاصل از خشکسالی، تصادفی بودن این پدیده است. مانع دیگر در راه برنامه‌ریزی برای مقابله با خشکسالی در

آموزش همگانی: در هنگام خشکسالی که اجرای برنامه‌های مدیریت آب ضرورت می‌یابد، برای ارتقای آگاهی جامعه باید روش‌های کاهش مصرف، جایگزین‌های مصرف آب و سایر اطلاعات لازم به مردم آموزش داده شود. آموزش می‌تواند به صورت ملی از طریق رسانه‌ها و یا به صورت محلی با در نظر گرفتن شرایط هر منطقه باشد.

کاهش مصرف و حفظ منابع: قبل از وقوع خشکسالی باید فهرستی از اولویت‌های مصرف آب تهیه شود و هر مشترک بداند که در شروع خشکسالی، آب برای چه مصارفی به کار می‌رود. بدین ترتیب در شروع خشکسالی، مشترکین، استفاده از آب را براساس اولویت‌ها کاهش می‌دهند.

پایش استفاده از آب: تجربه نشان می‌دهد مردم نمی‌توانند بیش از ۲۰ تا ۲۵ درصد از مصرف آب را آگاهانه کاهش دهند. افزایش قیمت یا جیره‌بندی آب هنگام خشکسالی یکی از راه‌های موثر کاهش مصرف می‌باشد. کارکنان دولت مانند نگهبانان، کارکنان تاسیسات فاضلاب، بازرسان ساختمان‌ها، لوله‌کش‌ها می‌توانند به عنوان یک وظیفه ملی پایش منطقه محل خدمت خود را با حداقل مخارج اجرا کنند.

### پیشنهاداتی در جهت کاهش تبعات خشکسالی و بحران کم آبی برنامه‌های کاهش آثار خشکسالی می‌تواند شامل اقدامات زیر باشد:

#### الف- بخش آموزش و فرهنگ سازی

آموزش همگانی در استفاده صحیح از منابع آب موضوع زراعت در مناطق خشک و عنوان خشکسالی به صورت دروس مستقل در برنامه آموزشی دانشکده‌های کشاورزی گنجانده شود ایجاد علاقه در کودکان و نوجوانان نسبت به طبیعت و آب به عنوان مظهر حیات و پرورش نسلی که توانایی دوران‌دیشی و تفکر درباره آینده آب، منابع طبیعی و محیط‌زیست را داشته باشد.

#### ب- مدیریت تامین منابع آب

ذخیره سازی، استحصال و بهره‌برداری از منابع جدید آب و پایش خشکسالی احداث شبکه‌های پخش سیلاب و تغذیه آبخوان‌ها و احداث سد‌های آب زیرزمینی. با اجرای طرح‌های آبخوان‌داری و آبخیزداری می‌توان حدود ۷ میلیارد مترمکعب آب را استحصال کرد.

بارش تابع شرایط و عواملی است که تا همگی با هم فراهم نشود، بارش نخواهید بارید. محققان برای تسهیل فرآیند بارش ابرها، به ایجاد این شرایط به طور مصنوعی تحت عنوان «بارورسازی ابر» می‌پردازند. عملیات «بارورسازی ابرها» با اهداف مختلف از جمله افزایش بارش در منطقه، انتقال زمانی و مکانی بارش، تعدیل آب و هوا و... اجرا می‌شود. هرچند بارورسازی ابرها کمکی برای افزایش بارندگی است ولی در شرایط خشکسالی، کل میزان بارندگی محدود خواهد بود. البته باید در نظر داشت که در صورت وجود ابر مناسب، باروری ابرها تا حدی شدت خشکسالی را کم خواهد کرد.

#### ج- مدیریت مصرف بهینه آب

تدوین معیارها و ضوابطی که آلودگی را به حداقل برساند و از تخلیه فاضلاب پالایش نشده به منابع آب جلوگیری کند، می‌تواند حجم آب جاری و قابل مصرف را چندین برابر افزایش دهد. هر متر مکعب فاضلاب حدود ۵۰ متر مکعب آب سالم را آلوده می‌کند. چنانچه از پساب پالایش شده فاضلاب‌ها در کشاورزی استفاده شود به دلیل سرشار بودن املاح آن، بازده محصولات

ماهیت این پدیده وجود دارد. خشکسالی می‌تواند بهترین برنامه‌ریزی‌ها را غیر عملی کند مگر آن که افراد جامعه در برخورد با آن به یک توافق جمعی برسند. هزینه‌ها و عوارض ناشی از خشکسالی نیز یکی دیگر از موانع موجود بر سر راه برنامه‌ریزی‌های درست است. عدم اطلاع عمومی از ضرر و زیان‌های خشکسالی، علاقه مندی برای برنامه‌ریزی‌های لازم را کاهش می‌دهد به گونه‌ای که عموم بر این تصور هستند که میزان خسارات ناشی از خشکسالی از سوانح غیرمترقبه دیگر کمتر است. از طرفی باید در نظر داشت که ضررهای خشکسالی در مقایسه با خسارات ناشی از حوادث غیرمترقبه دیگر در زمان طولانی‌تری توزیع می‌شود. از طرف دیگر، تمامی هزینه‌های ناشی از خشکسالی کاملاً مشخص و تعریف شده نیست. ضررهای غیرمستقیم ناشی از خشکسالی بسیار بیشتر از ضررهای مستقیم آن می‌باشد اما به دلیل ماهیت پراکندگی، امکان تشخیص و ارزیابی آن‌ها مشکل است و تا زمانی که هزینه‌ها و ضررهای پراکنده و کم رنگ خشکسالی معین نشود، تصمیم‌گیرندگان آگاهی همه جانبه‌ای از ضررهای آن نخواهند داشت. از طرفی در بعضی از کشورها ملاحظات سیاسی مانع از درک واقعیات خشکسالی و اعلام به موقع آن به مردم و در نتیجه مانع از تهیه برنامه‌های لازم برای مواجهه با این پدیده می‌شود. بنابراین لازم است به منظور برخورد صحیح با پدیده خشکسالی و به حداقل رساندن ضررهای آن، هرگونه ملاحظات سیاسی به خصوص در نظارت بر اجرای برنامه‌های پیشنهادی و چگونگی هزینه کردن اعتبارات تخصیص یافته، تهیه و تدوین قوانین اضطراری و برآورد صحیح از میزان خسارات مستقیم و غیرمستقیم خشکسالی را به حداقل ممکن رساند. همچنین باید به خاطر سپرد که مسوولیت مدیریت منابع آب در هنگام خشکسالی به عهده دولت است و شایسته است برنامه‌ریزی موثر در این خصوص قبل از ظهور خشکسالی انجام گیرد. در اغلب کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، اگرچه جامعه تجربه کمبود شدید آب را دارد اما برنامه‌ریزی در این زمینه از اهمیت چندانی برخوردار نیست. در اغلب کشورهای توسعه یافته جبران خسارات ناشی از خشکسالی به عهده مسئولان محلی است و دولت مرکزی به مدیریت و برنامه‌ریزی کلان و اجرای طرح‌های کاهش اثرات خشکسالی می‌پردازد. با توجه به روند رشد جمعیت و افزایش روزافزون تقاضا برای آب، حتی خشکسالی‌های کوچک و جزئی هم می‌تواند اثرات شدیدی بر بخش‌های مختلف جامعه و اقتصاد داشته باشد لذا دولت‌ها جهت جلوگیری از خسارات ناشی از خشکسالی مجبور خواهند بود خود رهبری برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب را برعهده داشته باشند.

گروهی از محققان به نام کینگ و همکاران (۱۹۵۸)، پنج ابزار برنامه‌ریزی را براساس وظایف دولت، افکار عمومی، کاهش مصرف، حفظ منابع آب و پایش مشترکین برای هماهنگی با برنامه مدیریت آب در زمان خشکسالی پیشنهاد کرده‌اند. این ابزارها در پنج سوال اساسی زیر مطرح شده‌اند:

چگونه وقوع خشکسالی برای دولت محقق می‌شود؟

در صورت وقوع خشکسالی، مسوول کیست؟

چگونه افکار عمومی جامعه آگاه می‌شود؟

چگونه رفتارهای مرتبط با مصرف آب تغییر می‌کند؟

چگونه می‌توان موافقت جامعه را جهت تغییر رفتار در مصرف آب جلب کرد؟

ابزارهای برنامه‌ریزی فوق به نحو زیر مطرح هستند:

دولت: با پاسخ به این سوالات اساسی، مشخص می‌گردد که آیا دولت برای مدیریت آب در مواقع خشکسالی برنامه‌ریزی اجرایی دارد و می‌تواند هر سال به اجرای برنامه مدیریت تقاضای آب بپردازد.

کشاورزی افزایش می‌یابد. در حال حاضر حدود ۶۶ درصد از حجم آب شیرین قابل استحصال کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. حفاظت از این مقدار آب باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

با توجه به پایین بودن راندمان آبیاری در اراضی فاریاب کشور (حدود ۰/۷ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب) و نیاز به افزایش تولید به ازای هر مترمکعب آب مصرفی، با اجرای روش‌های نوین آبیاری تحت فشار می‌توان راندمان آبیاری را حداقل ۹۰٪ و گاهی حتی تا ۳ برابر افزایش داد. امروزه دو نوع روش آبیاری تحت فشار متداول است: بارانی و قطره‌ای.

در شرایط کنونی بیش از ۳ میلیون هکتار از اراضی زراعی کشور از شرایط کاملاً مناسب برای اجرای روش‌های آبیاری تحت فشار برخوردارند. از سال ۱۳۶۹ لغایت پایان ۱۳۸۶ با اجرای طرح آبیاری تحت فشار بارانی و قطره‌ای در سطح ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی زراعی کشور حدود ۴ میلیارد مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی شده است. از جمله در استان کرمانشاه که با توسعه سیستم آبیاری قطره‌ای علاوه بر مبارزه با عوارض ناشی از خشکسالی در سال زراعی گذشته، به توسعه باغات دیم در اراضی شیبدار نیز دست یافته‌اند که این امر خود به کاهش فرسایش خاک و جلوگیری از ایجاد سیلاب در فصول بارندگی منتهی می‌شود.

جایگزین کردن تولیدات گلخانه‌ای و روش‌های نوین کشت به جای کشت‌های معمول و سنتی. به‌عنوان مثال در کشت خشک برنج ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد. کشت گیاهان مقاوم به شوری و خشکی و پژوهش‌های همه‌جانبه در مورد آب و خاک باید در اولویت قرار گیرد.

پوشش انهار

توسعه کشت محصولات پاییزه

ایجاد شبکه مدیریت تلفیقی آب و خاک در مزارع و باغات

کاشت و تولید جلبک‌های دریایی در آب‌های شور و پساب‌های مراکز پرورش میگو به عنوان جایگزین علوفه و خوراک دام و طیور.

### منابع مورد استفاده

پایگاه اطلاع‌رسانی سازمان هواشناسی کشور. کردوانی، پرویز، خشکسالی در ایران و راه‌های مقابله با آن، ۱۳۸۰، انتشارات دانشگاه تهران.

تلاش سبز نشریه خبری وزارت جهاد کشاورزی

انصاری فرد، محمد حسین. خطر خشکسالی یا عیان‌تر شدن یک

واقعیت تاریخی؟ نشریه پیام جهاد کشاورزی، شماره ۷۲.

حیدری شریف‌آباد، حسین. توسعه و اجرای طرح مدیریت آب کشاورزی در شرایط خشکسالی. فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره ۱۵.

حیدری شریف‌آباد، حسین، جذب آب و تعرق، انتشارات کمیته ملی خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۱۳۸۳.

حسینی، مهرداد، تاثیر آب و هوا شناسی در برنامه‌ریزی کلان کشور (با تاکید بر منابع آب)، فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره ۱۸.

کشاورزی به سوی سال ۲۰۱۰، انتشارات سازمان خواربار کشاورزی ملل متحد، سال ۱۳۷۶.

علی‌زاده، امین، مفهوم هیدرولوژی خشکسالی‌ها و روش‌های پیش‌بینی آن.

امیرنژاد، حمید، یادداشت خشکسالی، مشکلات و راهکارها، خرداد ۱۳۸۷.

استراتژی ملی و برنامه عملی برای آمادگی مدیریت و کاهش خشکسالی در بخش کشاورزی، معاونت امور تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۷.