



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



## سیمای منابع و مصارف آب ایران

نگارش:

نادر عباسی و فریبرز عباسی

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نوشتار: سیمای منابع و مصارف آب ایران  
نگارش: نادر عباسی و فریبرز عباسی  
همکاران: جواد باغانی  
ویراستاران: اسکندر زند و مجتبی اکرم  
صفحه آرا و طراح جلد: سمیه وطن دوست  
ناشر: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی  
شمارگان: محدود  
تاریخ انتشار: ۱۳۹۹

این گزارش به شماره ۵۷۳۸۴ مورخ ۱۳۹۹/۰۲/۰۹ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به ثبت رسیده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار
۳	۱- تبیین وضع موجود .....
۳	۱-۱- جغرافیای طبیعی ایران.....
۶	۱-۲- وضعیت اقلیمی کشور .....
۱۰	۱-۳- حوزه‌های آبریز ایران.....
۱۳	۱-۴- وضعیت اراضی کشاورزی .....
۱۶	۱-۵- وضعیت منابع آب در جهان .....
۲۱	۱-۶- منابع آب در ایران.....
۲۲	۱-۶-۱- نزولات جوی .....
۲۳	۱-۶-۲- منابع آب نامتعارف.....
۲۵	۱-۶-۳- آب‌های مرزی.....
۲۷	۱-۶-۴- منابع آب‌های فسیلی .....
۳۲	۱-۶-۵- منابع آبهای زیرزمینی.....
۳۳	۲- مصارف آب در ایران.....
۳۸	۳- وضعیت شاخص‌های مدیریت منابع آب.....
۳۸	۳-۱- وضعیت سدهای ایران .....
۴۳	۳-۲- توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی: چالش‌ها و راهکارها.....
۴۵	۳-۳- وضعیت راندمان‌های آبیاری در ایران.....
۵۰	۳-۴- وضعیت بهره‌وری آب در کشور.....
۵۴	۳-۵- توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در ایران.....
۵۸	۴- چالش و تهدیدها منابع و مصارف آب در ایران .....
۶۱	۵- تحلیل منابع و مصارف آب.....
۶۱	۵-۱- سازگاری با طبیعت.....
۶۱	۵-۲- توسعه سد و شبکه .....
۶۲	۵-۳- توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی .....
۶۳	۵-۴- منابع آب زیرزمینی .....
۶۵	۵-۵- تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری .....
۶۶	۵-۶- توسعه کشت‌های گلخانه‌ای.....
۶۷	۵-۷- توسعه سامانه‌های نوین آبیاری.....
۶۸	۵-۸- ارتقاء بهره‌وری آب.....
۶۹	منابع .....

آب، حیاتی‌ترین ماده موجود در جهان هستی است. بطوری که خالق و آفریننده جهان، حیات همه موجودات زنده را وابسته به آب قرار داده است. ناگفته پیداست که در هر فعالیت بشری و حتی رویدادها و کنش و واکنش‌های طبیعی، آب نقش اصلی و اساسی را بازی می‌کند. هر جا که نقش آب نادیده انگاشته شده است، دیر یا زود آثار زیان بار آن پدیدار گردیده است. تمام مراحل رشد، زنده مانگی و نیز طراوت و شادابی انسان‌ها و سایر موجودات زنده بدان وابسته است. طبق اطلاعات موجود، میزان آب در کره زمین حدود  $1/36$  میلیارد کیلومتر مکعب برآورد شده است که این میزان آب حدود  $71$  درصد سطح زمین را پوشانده است. با این وجود، حدود  $97/5$  درصد کل آب موجود در جهان مربوط به آب شور اقیانوس‌ها و تنها  $2/5$  درصد آن شیرین است که از این میزان نیز حدود  $70$  درصد به صورت منجمد در مناطق سردسیر و قطبی قرار گرفته‌اند. همچنین بخش دیگری از آب شیرین در اعماق زمین و یا به صورت بخار آب در اتمسفر بوده و تنها  $1$  درصد آن قابل استفاده برای انسان‌ها محسوب می‌شود؛ بنابراین در مجموع،  $0/025$  درصد یا به عبارتی  $2/5$  در ده هزار از کل آب موجود در جهان می‌تواند به صورت مستقیم مورد استفاده قرار گیرد. از طرف دیگر، آب شیرین قابل بهره‌برداری اغلب در بخش‌های غیرشرب مصرف می‌شود و طبق آمار سازمان ملل  $69$  درصد در بخش کشاورزی،  $23$  درصد در صنعت و  $8$  درصد در شرب و مصارف خانگی و بهداشت مصرف می‌گردد (Omran, 2013). بنابراین با وجود اینکه کره زمین، «کره آبی» نیز نامیده می‌شود و دارای مقادیر زیادی آب است، ولی میزان آب قابل استفاده با کیفیت مطلوب برای حیات جانداران کره زمین بسیار محدود است. اما به تعبیر قرآن کریم همین مقدار اندک آب قابل استفاده و سایر منابع طبیعی برای ادامه حیات در جهان کافی و به اندازه آفریده شده است و استفاده از آن باید اصولی و متناسب با نظم طبیعت باشد. شایان توجه است که منابع آبی کل کره زمین مقدار ثابتی بوده و در چرخه آب در حال جابه‌جایی است. از کل آب‌های موجود در کره زمین فقط بخش کوچکی از آن سالانه به طور فعال در چرخه هیدرولوژی مشارکت سریع داشته و منابع آب تجدید شونده دنیا را به وجود می‌آورند. با این حال و با توجه به تغییرات رخ داده در الگوهای مصرف و میزان آب در مراحل و نقاط مختلف چرخه هیدرولوژی، دسترسی ایمن و کافی به آب مستلزم نگاه و عملکرد خردمندانه انسان به مسیر دستیابی به آن است. بدیهی است با توجه به تنوع اقلیمی و پراکنش سطح خشکی و آبی کره زمین و سایر عوامل طبیعی میزان محدودیت آب و در نتیجه ماهیت و نوع نگرش به دستیابی آن بسیار متفاوت خواهد بود. با توجه به موقعیت جغرافیایی و واقعیت‌های اقلیمی اغلب کشورهای واقع در قاره آفریقا و مناطق خاورمیانه با محدودیت بیشتر آب مواجه هستند که نقش مدیریت آب در این کشورها، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

سرزمین ایران با وجود برخورداری از تنوع آب و هوایی و منابع طبیعی سرشار، در طول سالیان مختلف خشکسالی‌های متناوب و گسترده را تجربه نموده و آثار این پدیده در سنت‌ها و فرهنگ گذشتگان و سیاست‌گذاری‌ها و تدوین قوانین کاملاً مشهود است. از نخستین سیاست‌گذاری‌های بخش آب ایران در دوران جدید بیش از هفت دهه می‌گذرد و طی این مدت، به ویژه در سه دهه گذشته، راهبردها و قوانین متعددی برای پیش‌برد این سیاست‌ها تدوین و اجرا شده‌اند که عمدتاً بر تامین، ذخیره‌سازی، ساماندهی برداشت، انتقال و توزیع آب مبتنی بوده و مدیریت مصرف کمتر مورد توجه بوده است. با این حال، امروزه صرفه‌جویی در مصرف و حفظ ذخایر آب کشور به دغدغه‌ی اصلی سیاست‌گذاران کشور تبدیل شده و وقوع خشکسالی‌های اخیر، این دغدغه‌ها را به نگرانی جدی تبدیل کرده است. در این گزارش وضعیت موجود منابع و مصارف آب ایران بطور اجمالی ترسیم و تحلیلی کارشناسی بر مبنای نتایج پژوهش‌ها و مطالعات میدانی دو دهه اخیر محققین و کارشناسان بخش آب کشور در خصوص شاخص‌های مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی از جمله راندمان آبیاری، بهره‌وری آب، حجم کل منابع آب تجدیدپذیر، حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی ارائه می‌شود همچنین اقدامات و راهبردهای پیشنهادی لازم برای بهبود شرایط و ارتقاء اثربخشی فعالیت‌ها و چالش‌های حوزه آب کشور ارائه شده است.

## ۱- تبیین وضع موجود

منابع طبیعی هر کشور به عنوان ثروت ملی، میراث ارزنده‌ای هستند که بایستی با بهره‌برداری اصولی و حفاظتی همچون امانتی گرانبها برای نسل‌های بعدی محافظت شود. احیا، اصلاح و توسعه این منابع از جمله اقدام‌های ارزنده‌ای است که باید به آن جامه عمل پوشاند. ایران سرزمینی است که از نظر جغرافیایی، اقلیمی و ژئوپلیتیکی ویژگی‌های منحصر به فردی دارد. تنوع اقلیمی، جغرافیایی، گونه‌های گیاهی و جانوری، میزان آب و خاک و حتی گستره وسیع مناطق بیابانی به ظاهر خشن ولی برخوردار از شدت مناسب آفتاب و ... همه حکایت از منابع سرشار خدادادی دارد که البته این منابع نیازمند مدیریت خردمندانه است. در این بخش تا حد امکان برخی از این پتانسیل‌ها و منابع به اختصار ارائه می‌شوند:

### ۱-۱- جغرافیای طبیعی ایران

وسعت زیاد و وجود عوارض گوناگون طبیعی نظیر؛ ارتفاعات بلند در شمال و غرب، دشت‌ها، جنگل‌ها، نواحی کویری در مرکز، همجواری با دریای خزر، خلیج فارس و اقلیم‌های متفاوت سیمای بسیار متنوعی به سرزمین پهناور ایران بخشیده است به گونه‌ای که نواحی رویشی و گونه‌های گیاهی بسیار زیادی در آن مستقر شده‌اند. حدود ۵۵ درصد سطح ایران را کوه فراگرفته و ۴۵ درصد آن را جلگه‌ها و دشت‌های پهناور و دریاچه‌ها و هامون‌ها (بیابان‌ها) و نمکزارهای متعدد زیرپوشش قرار داده‌اند. مطابق شکل ۱ کوه‌های ایران به چهار رشته شمالی (البرز)، زاگرس، مرکزی و خاوری (شرقی) تقسیم می‌شوند. رشته شمالی یا البرز از استان اردبیل شروع شده و رو به شرق از جنوب دریای خزر می‌گذرد و در شمال خراسان به کوه‌های شرقی ایران می‌پیوندد. بلندترین نقطه ایران یعنی کوه دماوند با بلندی ۵۶۷۱ متر در این رشته جای دارد. قله‌های دیگری چون علم کوه (۴۶۵۰ متر)، تخت سلیمان (۴۶۴۳ متر)، لنگری (۴۵۱۰)، خرسان (۴۵۰۰ متر) نیز در همین رشته قرار دارند. رشته زاگرس که عظیم‌ترین و طولانی‌ترین رشته کوه‌های ایران است، از استان آذربایجان غربی آغاز می‌گردد و پس از عبور از استان‌های کردستان، همدان، کرمانشاه، ایلام، لرستان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر و فارس و هرمزگان تا شمال تنگه هرمز ادامه می‌یابد و در آنجا به رشته کوه‌های مرکزی ایران و رشته ارتفاعات مکران می‌پیوندد. بلندترین قله رشته کوه‌های زاگرس، سبلان با ارتفاع ۴۰۰۰ متر در استان اردبیل است. رشته کوه دنا با ۴۹ قله بزرگترین مجموعه قله‌های بالای ۴۰۰۰ متر ایران می‌باشد که از شمال غربی تا جنوب شرقی کشیده شده و به سه رشته اصلی و یک رشته فرعی عمودی توسط سه گردنه بیژن، مورگل غربی و پوتک تقسیم می‌گردد. بلندترین قله رشته کوه دنا، قله بیژن ۳ ( قله قاش مستان)، با ارتفاع تقریبی ۴۴۵۰ متر در ۳۵ کیلومتری شمال غربی یاسوج

قرار دارد. کوه‌های مرکزی ایران که با نام کمر بند آتشفشانی سهند- بزمان، نیز شناخته می‌شود، رشته‌کوهی است که از سنگ‌های آذرین و آذرآواری بیرونی و درونی تشکیل شده و در شرق کوه‌های زاگرس و موازی با آن با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی از کوه سهند در آذربایجان شرقی تا کوه بزمان در استان بلوچستان در جنوب شرق ایران کشیده شده است. این رشته کوه عمدتاً در فازهای آتشفشانی و کوه‌زایی دوره ترشیاری و فازهای آتشفشان‌خیزی و پولوتونیک دوره اتوسن تشکیل شده است. کوه‌های مرکزی ایران قله‌های معروفی مانند سهند در استان آذربایجان شرقی، کوه کرکس و کوه مارشان در استان اصفهان، جبال بارز، کوه هزار و کوه شاه (لاله زار) در استان کرمان و کوه بزمان در استان سیستان و بلوچستان را در بر می‌گیرد. کوه‌های خاوری (شرقی) ایران، رشته کوه‌های ناپیوسته ای هستند که از شمال خراسان آغاز می‌شوند و رو به جنوب تا استان سیستان و بلوچستان یا کوه‌های مکران ادامه می‌یابند. کوه تفتان با ارتفاع ۳۹۴۱ متر بلندترین کوه این رشته محسوب می‌شود. علاوه بر رشته کوه‌های چهارگانه بالا، کوه‌های دیگری به طور پراکنده در گوشه و کنار کشور وجود دارد که عمده‌ترین آنها رشته کوه‌های نسبتاً مرتفعی هستند که دشت کویر را از کویر لوت جدا می‌کنند. کوه نای بند با ارتفاع ۳۰۰۹ متر بلندترین قله این گروه به حساب می‌آید.

حداصل میان رشته کوه‌های شمالی یا البرز و رشته کوه‌های مرکزی و کوه‌های خاوری را بیابان‌های پهناوری به نام دشت کویر و کویر لوت فراگرفته و بیابان‌های دیگری چون هامون جازموریان و کویر ابرکوه و غیره در حفاصل میان رشته‌های دیگر جای گرفته‌اند. علاوه بر دشت‌ها و بیابان‌های مزبور، جلگه‌های دیگری مانند دشت ساحلی استان بوشهر، دشت خوزستان، دشت ساحلی دریای خزر و دشت مغان نیز وجود دارند که از آبرفت رودخانه‌های متعددی که در آن نواحی جریان دارند به وجود آمده‌اند (جعفری، ۱۳۷۹).



شکل ۱- نقشه کوه‌ها و رشته کوه‌های ایران

همچنین ایران از منظر اکولوژیکی به ۵ منطقه شامل؛ هیرکانی یا خزر، ایران تورانی، ارسباران، زاگرس و خلیج فارس - عمانی مطابق شکل ۲ تقسیم می‌شود. با توجه به تفاوت‌های اقلیمی، توپوگرافی، ارتفاع، حاصلخیزی خاک، تغییرات دما و میزان بارندگی، نواحی رویشی و گیاهی بسیار مختلف و متعددی در این مناطق وجود دارند (بی‌نام، ۱۳۹۸).





شکل ۲- نقشه مناطق اکولوژیکی ایران

۲-۱- وضعیت اقلیمی کشور

تقسیم‌بندی اقلیمی بسته به اهداف و مناطق مورد بررسی می‌تواند متفاوت باشد. در مورد ایران نیز این موضوع صادق بوده و روش‌های مختلفی برای این کار وجود دارد. متداول‌ترین روش تقسیم‌بندی اقلیمی ایران روش دومارتن است که بر اساس آن هفت اقلیم اصلی در ایران شناسایی شده است (شکل ۳).



شکل ۳- تقسیم بندی اقلیمی ایران بر اساس روش دومارتن

موقعیت و ویژگی‌های مهم اقلیم‌های اصلی به شرح زیر است:

- **اقلیم معتدل و مرطوب** (سواحل جنوبی دریای خزر): سواحل دریای خزر با آب و هوای معتدل و بارندگی فراوان، رطوبت زیاد هوا و اعتدال درجه حرارت در این منطقه قرار دارند.
- **اقلیم سرد و کوهستانی** (کوهستان‌های غربی): در این اقلیم زمستان‌ها طولانی، سرد و سخت بوده و چندین ماه از سال زمین پوشیده از یخ است. میزان بارش‌های جوی در تابستان کم و در زمستان زیاد است. فصل بهار کوتاه است و زمستان و تابستان را از هم جدا می‌کند. شهرهای تبریز، ارومیه، سنندج و همدان در این اقلیم قرار دارند.
- **اقلیم گرم و خشک** (فلات مرکزی): این اقلیم که بیش‌تر مناطق نیمه استوایی را شامل می‌شود، به دلیل وزش باد، دارای هوای بسیار خشک بوده و تابش مستقیم آفتاب در این مناطق بسیار شدید است. آسمان این مناطق در بیشتر مواقع سال بدون ابر است ولی معمولاً بعد از ظهرها در اثر گرم شدن و حرکت لایه‌های هوای نزدیک زمین، مه و طوفان گرد و غبار پدید می‌آید. رطوبت کم و نبودن ابر در آسمان باعث می‌شود دامنه تغییرات دمای هوا در این مناطق بسیار زیاد شود. این اقلیم دارای زمستان‌های سخت و سرد و تابستان‌های گرم و خشک است و به دلیل تنوع آب و هوایی، به دو دسته

بیابانی و نیمه بیابانی تقسیم می‌شود. تهران، مشهد، اصفهان و شیراز از جمله مناطق نیمه‌بیابانی و شهرهایی چون زاهدان و یزد از جمله مناطق بیابانی کشور محسوب می‌شوند.

• **اقلیم گرم و مرطوب** (سواحل جنوبی): این اقلیم سواحل جنوبی ایران را که به وسیله‌ی رشته کوه‌های زاگرس از فلات مرکزی جدا شده‌اند، پوشش می‌دهد و دارای تابستان‌های بسیار گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل است. در این اقلیم رطوبت هوا در تمام فصل‌های سال زیاد است. به همین دلیل، اختلاف درجه حرارت هوا در شب و روز و در فصل‌های مختلف کم است. در این مناطق، شدت تابش آفتاب زیاد بوده و تفاوت دمای هوای سطح خشکی و سطح دریا باعث بوجود آمدن نسیم‌های دریا و خشکی می‌شود. شهرهای بندرعباس، جاسک، آبادان و اهواز، از جمله شهرهای دارای این اقلیم هستند.

با توجه به نقشه اقلیمی، قسمت اعظم مناطق کشور را اقلیم خشک و فراخشک (حدود ۶۵ درصد) در بر گرفته و اقلیم نیمه‌مرطوب و مرطوب نیز بخش‌های اندکی (حدود ۱۰ درصد) از کشور را پوشش داده است. خلیلی (۱۳۸۳) نیز روش دومارتن اصلاح شده که شامل ۲۸ اقلیم فرعی است را مطابق جدول ۱ معرفی نمود.

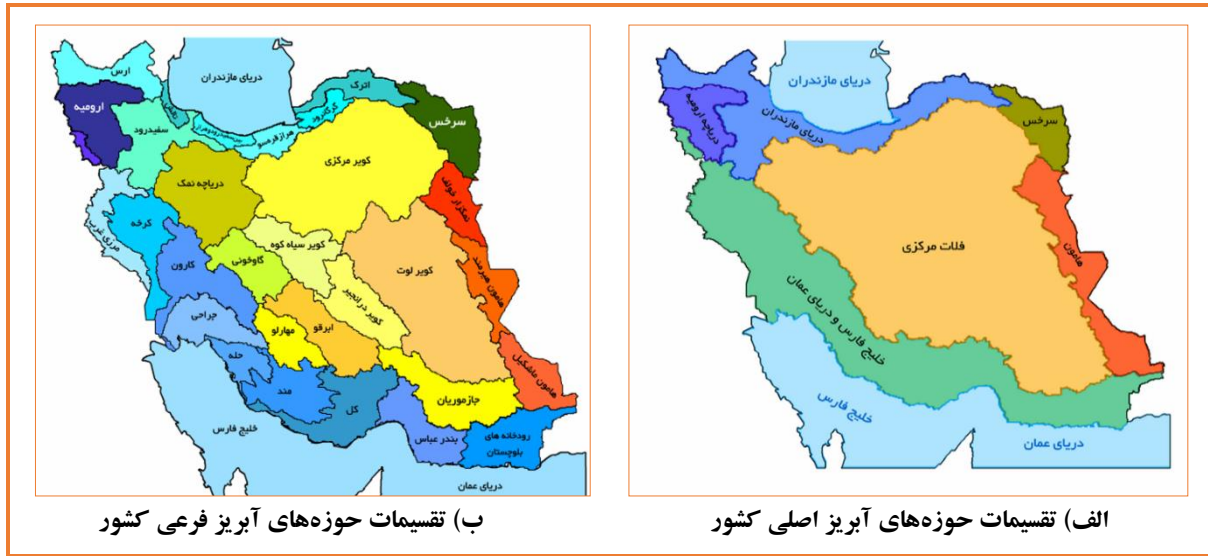
جدول ۱- طبقه بندی (دومارتن) هفت و ۲۸ گانه اصلاح شده (خلیلی، ۱۳۸۳)

ردیف	طبقه بندی اصلی	اقلیم بندی های اصلاح شده
۱		فراخشک سرد
۲	فراخشک	فراخشک فراسرد
۳		فراخشک معتدل
۴		فراخشک گرم
۵		خشک بیابانی سرد
۶	خشک بیابانی	خشک بیابانی فراسرد
۷		خشک بیابانی معتدل
۸		خشک بیابانی گرم
۹		نیمه خشک سرد
۱۰	نیمه خشک	نیمه خشک فراسرد
۱۱		نیمه خشک معتدل
۱۲		نیمه خشک گرم
۱۳		مدیترانه ای سرد
۱۴	مدیترانه ای	مدیترانه ای فراسرد
۱۵		مدیترانه ای معتدل
۱۶		مدیترانه ای گرم
۱۷		خیلی مرطوب (الف) سرد
۱۸	خیلی مرطوب	خیلی مرطوب (الف) فراسرد
۱۹		خیلی مرطوب (الف) معتدل
۲۰		خیلی مرطوب (ب) سرد
۲۱		خیلی مرطوب (ب) فراسرد
۲۲		خیلی مرطوب (ب) معتدل
۲۳		مرطوب سرد
۲۴	مرطوب	مرطوب فراسرد
۲۵		مرطوب معتدل
۲۶		نیمه مرطوب سرد
۲۷	نیمه مرطوب	نیمه مرطوب فراسرد
۲۸		نیمه معتدل

### ۳-۱- حوزه‌های آبریز ایران

حوزه‌های آبریز به قسمتی از خشکی‌ها گفته می‌شود که با توجه به شیب و توپوگرافی زمین آب‌های ناشی از بارش آن در یک جا متمرکز می‌شود. به بیان دیگر، عرصه‌ای که رواناب ناشی از بارش بر روی آن، توسط آبراهه‌ها جمع‌آوری می‌شود و به یک خروجی نظیر رودخانه، آب‌انباشت، تالاب، دریاچه و دریا هدایت می‌شود. در واقع حوزه آبریز تمامی سطحی را در بر می‌گیرد که آب‌های سطحی در آن منطقه به سمت نقطه یا محل مشخصی جریان می‌یابد. پست‌ترین مکان یک حوزه ممکن است دریا، دریاچه، باتلاق، رود و ... باشد که معمولاً نام آن را بر روی حوزه آبریز مورد نظر می‌گذارند. مرز جدایی حوزه‌های آبریز از یکدیگر معمولاً منطبق بر خط الرأس کوهستان است. عرصه حوزه‌های آبریز کشور شامل ۶ اصلی (بر اساس تقسیمات تمام، وزارت نیرو) که تقریباً برابر با مساحت کل کشور می‌باشد، که هر یک از این حوزه‌ها خود به توجه به ضوابط و سیستم کدگذاری معینی به حوزه‌های کوچک و تا چندین رده کوچکتر تقسیم می‌شوند. شش حوزه آبریز اصلی و تعداد زیر حوزه‌های فرعی آنان عبارتند از:

- ۱- حوزه آبریز دریای خزر با ۷ حوزه فرعی، ۲- حوزه آبریز خلیج فارس و دریای عمان با ۹ حوزه فرعی،
- ۳- حوزه آبریز دریاچه ارومیه، ۴- حوزه آبریز فلات مرکزی با ۹ حوزه فرعی، ۵- حوزه آبریز مرزی شرق (هامون) با ۳ حوزه فرعی، ۶- حوزه آبریز سرخس (قره‌قوم). مشخصات حوزه‌های اصلی ۶ گانه و زیرحوزه‌های ۳۰ گانه مطابق جدول ۲ ارائه گردیده است (بی‌نام، ۱۳۹۱). البته هریک از این زیر حوزه‌ها با توجه به رودها، مسیل‌ها و خط‌الراس جغرافیایی به رده‌های کوچکتر متعددی تقسیم می‌شوند که جزئیات مربوط به آنها از نشریه ۳۱۰ دفتر مهندسی و معیارهای آب و آبفا وزارت نیرو قابل دسترس است. نقشه حوزه‌های آبریز اصلی و فرعی کشور و اسامی آنها به ترتیب در شکل ۴ و جدول ۲ ارائه شده‌اند.



شکل ۴- نقشه حوزه‌های آبریز اصلی و فرعی ایران

مطابق جدول ۲، عرصه حوزه‌های آبریز اصلی حدود ۱۶۲ میلیون هکتار از مساحت کشور را در بر می‌گیرد و مابقی مساحت کشور را حوزه‌های بسته یا درون ریز تشکیل می‌دهند. حوزه آبریز فلات مرکزی با بیشترین سطح یعنی حدود ۵۰ درصد مساحت کشور ۳۰ درصد بارندگی کشور به خود اختصاص داده و حوزه قره‌قوم (سرخس) با ۲/۷۲ درصد از مساحت کشور و سهم ۳ درصدی از بارندگی کوچکترین حوزه آبریز کشور می‌باشد. شایان ذکر است، مرز این حوزه‌ها با توجه به مرزهای سیاسی کشور محدود شده و بدیهی است از منظر هیدرولوژیکی بدون در نظر گرفتن مرزهای سیاسی کشور مساحت حوزه‌های مرزی نظیر دریای خزر بسیار بیشتر از مقدار ارائه شده در جدول ۲ است.

جدول ۲- مشخصات حوزه‌های اصلی ۶ گانه و زیرحوزه‌های ۳۰ گانه (بی‌نام، ۱۳۹۱)

ردیف	حوزه اصلی	حوزه‌های فرعی	مساحت حوزه		میانگین دراز مدت بارش سالانه
			مقدار (Km <sup>2</sup> )	درصد	
			درصد	mm	درصد
۱		حوزه آبریز رودخانه ارس	۳۹۵۳۴	۲/۴۴	
۲		حوزه آبریز رودخانه‌های تالش - مرداب انزلی	۶۹۲۱	۰/۴۳	
۳		حوزه آبریز سفید رود	۳۹۵۳۴	۲/۴۴	
۴	دریای خزر	حوزه آبریز رودخانه‌های بین سفید رود و هراز	۵۹۴۲۹	۳/۶۶	
۵		حوزه آبریز رودخانه هراز و رودخانه‌های بین هراز و قره سو	۱۰۹۰۵	۰/۶۷	
۶		حوزه آبریز رودخانه‌های قره سو و گرگان	۱۸۷۷۱	۱/۱۶	
۷		حوزه آبریز رودخانه اترک	۱۳۰۶۱	۰/۸۰	
		جمع	۱۷۵۰۵۱	۱۰/۷۹	۲۱
۸		حوزه آبریز رودخانه‌های مرزی غرب	۳۹۶۶۷	۲/۴۴	
۹		حوزه آبریز رودخانه کرخه	۵۱۳۳۷	۳/۱۶	
۱۰	خلیج فارس	حوزه آبریز رودخانه کارون بزرگ	۶۷۲۵۷	۴/۱۴	
۱۱		حوزه آبریز رودخانه‌های جراحی و زهره	۴۰۷۸۸	۲/۵۱	
۱۲	و	حوزه آبریز رودخانه حله و مسیله‌های کوچک دو طرف آن	۲۱۲۷۴	۱/۳۱	
۱۳	دریای عمان	حوزه آبریز رودخانه مند و حوزه‌های بسته هرم، کاریان و خنج	۴۷۶۵۴	۲/۹۴	
۱۴		حوزه آبریز رودخانه‌های کل و مهران و مسیله‌های جنوبی و جزایر	۶۲۹۱۸	۳/۸۸	
۱۵		حوزه آبریز رودخانه‌های بین بندر عباس و سدیح	۴۴۷۶۳	۲/۷۶	
۱۶		حوزه آبریز رودخانه‌های بلوچستان جنوبی بین سدیح و مرز	۴۸۵۵۱	۲/۹۹	
		جمع	۴۲۴۲۰۹	۲۶/۱۴	۳۷
۱۷	ارومیه	حوزه آبریز دریاچه ارومیه	۵۱۸۰۱	۳/۱۹	۶
۱۸		حوزه آبریز دریاچه نمک	۹۲۵۶۳	۵/۷۰	
۱۹		حوزه آبریز گاوخونی	۴۱۵۵۰	۲/۵۶	
۲۰		حوزه آبریز دریاچه‌های طشک - بختگان و مهارلو	۳۱۹۴۲	۱/۹۴	
۲۱	حوزه آبریز	حوزه آبریز کویر ابرقو - سیرجان	۵۷۱۹۶	۳/۵۲	
۲۲		حوزه آبریز هامون جازموریان	۶۹۳۹۰	۴/۲۸	
۲۳	فلات مرکزی	حوزه آبریز کویر لوت	۲۰۶۲۲۲	۱۲/۷۱	
۲۴		حوزه آبریز کویر مرکزی	۲۲۶۵۲۳	۱۳/۹۶	
۲۵		حوزه آبریز کویرهای سیاه کوه، ریگ زرین و دق سرخ	۴۸۹۱۲	۳/۰۱	
۲۶		حوزه آبریز کویرهای درانجیر و ساغند	۵۰۵۰۸	۳/۱۱	
		جمع	۸۲۴۳۵۶	۵۰/۸۰	۳۰
۲۷	حوزه آبریز	حوزه آبریز دق پترگان - نمکزار خواف	۳۲۹۸۰	۲/۰۳	
۲۸		حوزه آبریز هامون هیرمند (گودزره)	۳۳۷۳۱	۲/۰۸	
۲۹	مرزی شرق	حوزه آبریز هامون مشکیل	۳۶۴۵۸	۲/۲۵	
		جمع	۱۰۳۱۶۹	۶/۳۶	۳
۳۰	قره قوم	حوزه آبریز قره قوم	۴۴۱۶۵	۲/۷۲	۳
		جمع کل	۱۶۲۲۷۵۱		

## ۱-۴- وضعیت اراضی کشاورزی

گرچه هنوز اعداد و ارقام دقیق و یکسانی از سوی مراجع رسمی کشور در خصوص آمار و اطلاعات کشاورزی وجود ندارد، ولی آمارهای ارائه شده از سوی این مراجع نزدیک به هم بوده و می‌توان با رواداری ۵ درصد برآوردی منطقی از آنها ارائه کرد. بر این اساس وسعت کل کشور ایران ۱۶۵ میلیون هکتار است که از این مقدار حدود ۵۱ میلیون هکتار بالقوه قابلیت کشت دارد. با توجه به امکانات و پتانسیل‌های موجود کشور و بر اساس آمارهای موجود، اراضی کشاورزی ایران حدود ۱۷ میلیون هکتار است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). این اراضی توسط ۳۳۵۹ هزار بهره‌بردار کشاورزی با زمین، مورد استفاده در فعالیت‌های زراعت و باغداری است و سهم هر بهره‌بردار به طور متوسط حدود ۵ هکتار می‌شود. از کل اراضی کشاورزی کشور ۴۶/۲ درصد، اراضی کشاورزی آبی با میانگین ۲/۹ هکتار برای هر بهره‌بردار دارای اراضی آبی و بقیه اراضی کشاورزی دیم با میانگین ۶/۹ هکتار برای هر بهره‌بردار دارای اراضی دیم است. از اراضی کشاورزی آبی ۷۸/۷ درصد به اراضی زراعی آبی (زیرکشت محصولات سالانه و آیش) و بقیه به اراضی باغ و قلمستان آبی اختصاص دارد. حال آن‌که نسبت اراضی زراعی دیم به کل اراضی کشاورزی دیم برابر با ۹۸/۱ درصد است. جزئیات مربوط به توزیع اراضی و سطح زیرکشت محصولات مختلف زراعی و باغی به تفکیک آبی و دیم در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. همچنین نسبت سطح زیرکشت محصولات مختلف زراعی و باغی به تفکیک آبی و دیم در شکل ۵ ارائه شده است.

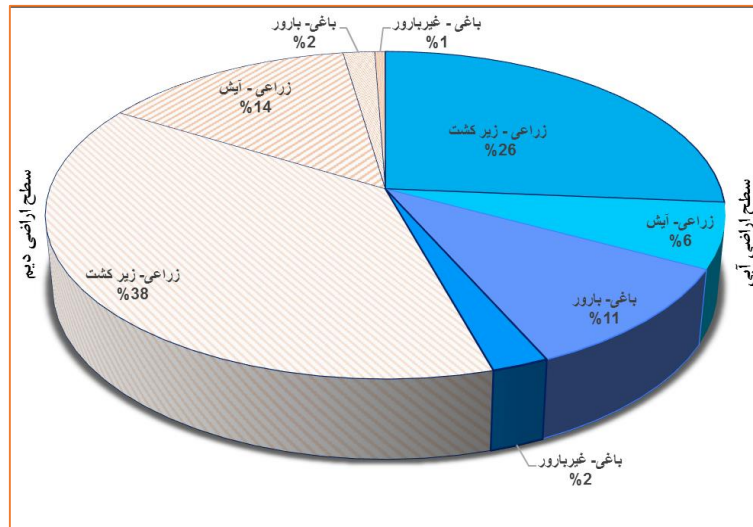
جدول ۳ - نحوه توزیع اراضی کشور (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)

نوع اراضی	اراضی قابل کشت	اراضی کشت شده از کل اراضی قابل کشت			کل وسعت کشور
		آبی	دیم	جمع	
مساحت (میلیون هکتار)	۵۱	۸/۴۴	۵/۴۱	۱۳/۸۵	۱۶۵
		۳۳/۵			۱۱۴

جدول ۴ - نحوه توزیع اراضی کشاورزی کشور (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)

نوع اراضی کشاورزی	کل اراضی کشاورزی	سطح زیر کشت اراضی آبی		سطح زیر کشت اراضی دیم	
		زراعی	باغی	زراعی	باغی
مساحت (میلیون هکتار)	۱۷/۱۱	۵/۹۵	۲/۱	۵/۰۵	۰/۳۰
		۰/۳۹	۸/۴۴	۰/۰۶	۵/۴۱
		جمع	جمع	جمع	جمع
		بارور	غیربارور	بارور	غیربارور

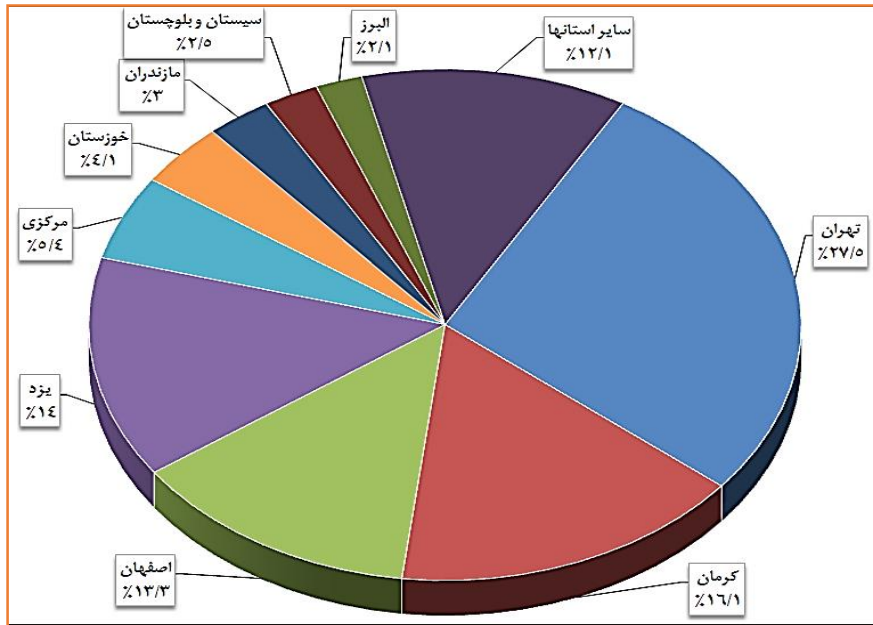




شکل ۵- نسبت مساحت کل اراضی زراعی و باغی ۱۷ میلیون هکتاری کشور به تفکیک آبی و دیم

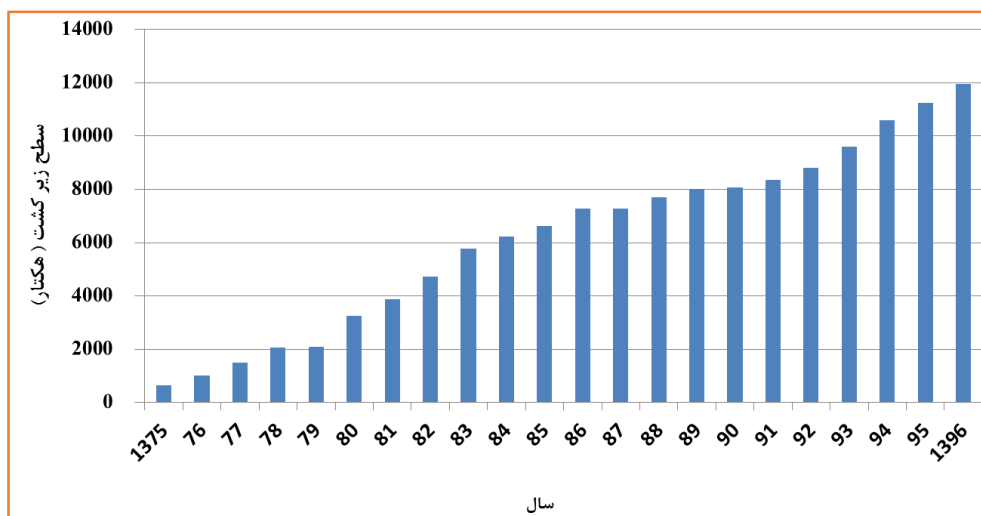
### کشت گلخانه‌ای

آمار و اطلاعات موجود در دفتر امور گلخانه‌ها، گیاهان دارویی و قارچ خوراکی معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی حاکی از آن است که تا پایان سال ۱۳۹۷، سطح زیرپوشش گلخانه‌ها در کشور حدود ۱۲۰۰۰ هکتار بوده است. از این سطح حدود ۷۱ درصد به سبزی و صیفی، ۲۳ درصد به گل و گیاهان زینتی و ۶ درصد نیز به سایر گیاهان و محصولات گلخانه‌ای اختصاص داشته‌اند. این در حالی است که سهم گلخانه‌های ایران از گلخانه‌های جهان هنوز کمتر از ۰/۵ درصد است. این آمار نشان می‌دهد بیشترین سطح گلخانه‌ها در کشور به ترتیب در استان‌های تهران، کرمان (منطقه جیرفت و کهنوج و سایر مناطق این استان)، اصفهان، یزد، مرکزی، خوزستان، مازندران، سیستان و بلوچستان و البرز قرار دارند. به عبارتی، حدود ۸۷/۹٪ از کل مساحت گلخانه‌های کشور در این نه استان و باقی‌مانده، در سایر استان‌ها متمرکز است (شکل ۶).



شکل ۶- مساحت گلخانه‌ها در استان‌های کشور

همچنین مطابق شکل ۷ سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای طی ۲۲ سال گذشته (۱۳۷۵-۱۳۹۶) بیش از ۱۸ برابر شده است که نشانگر رشد شتابان این صنعت نوپا در کشور است. بدیهی است که سرعت بالای رشد و توسعه گلخانه‌ها در ایران بدون تقویت زیرساخت‌های لازم، فرصت‌ها و تهدیدهایی را به دنبال خواهد داشت. طرح توسعه کشت‌های گلخانه‌ای می‌تواند در کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی، ارتقای عملکرد محصولات و بهره‌وری آب، اشتغال‌زایی و افزایش درآمد مؤثر باشد.

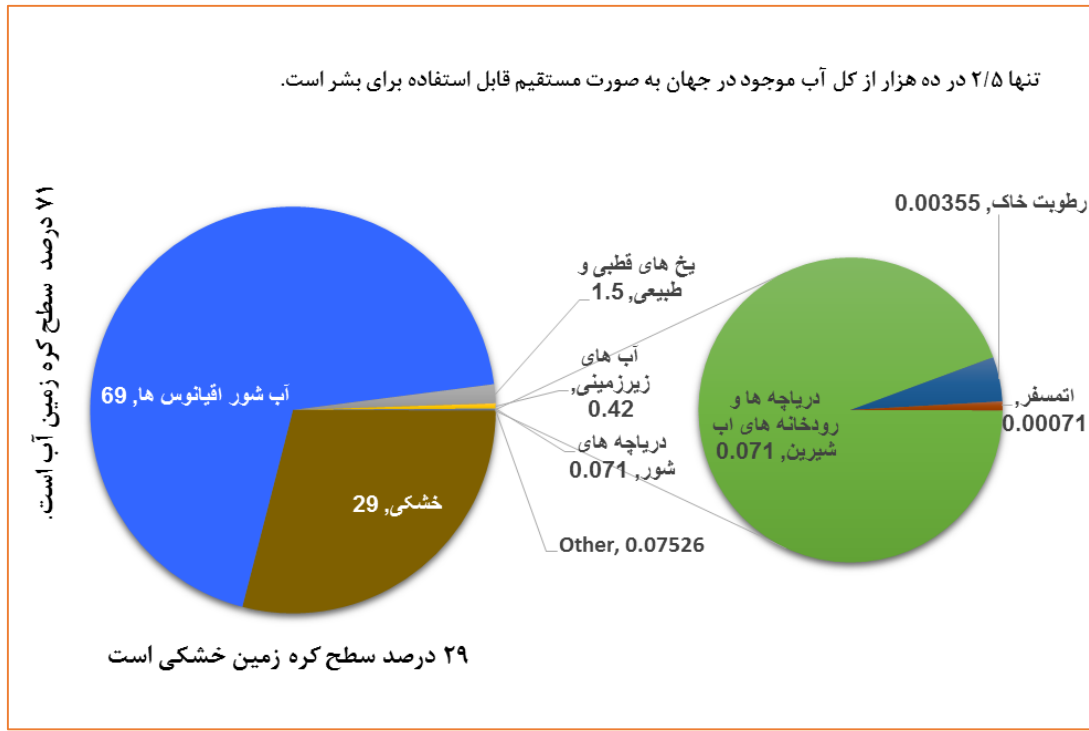


شکل ۷- تغییرات سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای در طول سال‌های ۹۶-۱۳۷۵

## ۱-۵- وضعیت منابع آب در جهان

بر اساس اطلاعات ارائه شده در سایت سازمان فضانوردی آمریکا (NASA) حدود ۷۱ درصد سطح کره زمین آب و ۲۹ درصد آن بصورت خشکی است. این همان حقیقتی است که از مضامین ذکر شده در قرآن کریم نیز به وضوح قابل درک و استنتاج است. در قرآن کریم کلمه "بحر" به معنی دریا در ۳۲ آیه و کلمه "بر" نیز به معنای خشکی در ۱۲ آیه آمده است. در یک مورد نیز کلمه "یسا" آمده که آن هم به معنای خشکی است و در مجموع در ۱۳ آیه از قرآن کلمه خشکی ذکر شده است. بنابراین از مجموع ۴۵ آیه‌ای که در آنها از خشکی و دریا سخن به میان آمده است، در ۳۲ آیه کلمه دریا و در ۱۳ آیه کلمه خشکی اشاره شده است که نسبت این اعداد با بیان درصد ۷۱ به ۲۹ می‌باشد. همچنین طبق آمارهای موجود، حجم کل آب موجود در کره زمین حدود ۱/۳۶ میلیارد کیلومتر مکعب آورد شده است که حدود ۹۷/۵ درصد آن مربوط به آب شور اقیانوس‌ها و تنها ۲/۵ درصد آن شیرین است. از کل حجم آب شیرین جهان حدود ۷۰ درصد به صورت منجمد در مناطق سردسیر و قطبی و بخش مهم دیگری از آن نیز در اعماق زمین و یا به صورت بخار آب در اتمسفر بوده و تنها ۱ درصد آب شیرین و به عبارتی دیگر ۰/۰۲۵ درصد یا به عبارتی ۲/۵ در ده هزار از کل آب موجود در جهان به صورت مستقیم قابل استفاده برای بشر و سایر جانداران است (Shiklamanov, 1993). بنابراین با وجود اینکه کره زمین، «کره آبی» نیز نامیده می‌شود و دارای مقادیر زیادی آب است، ولی حجم آب قابل استفاده به شکل موجود برای حیات جانداران کره زمین به ظاهر بسیار محدود است. توزیع منابع آب موجود در کره زمین در شکل ۸ و جدول ۵ ارائه شده است.

تنها ۲/۵ در ده هزار از کل آب موجود در جهان به صورت مستقیم قابل استفاده برای بشر است.



شکل ۸- توزیع منابع آب در کره زمین

جدول ۵- نحوه توزیع منابع آب جهان

منبع آب	مقدار (درصد)
آب شور اقیانوس ها	۹۷/۵
یخ های قطبی و طبیعی	۲/۱
آب های زیرزمینی	۰/۶
دریاچه های شور	۰/۱
دریاچه ها و رودخانه های آب شیرین	۰/۱
رطوبت خاک	۰/۰۰۵
اتمسفیر	۰/۰۰۱

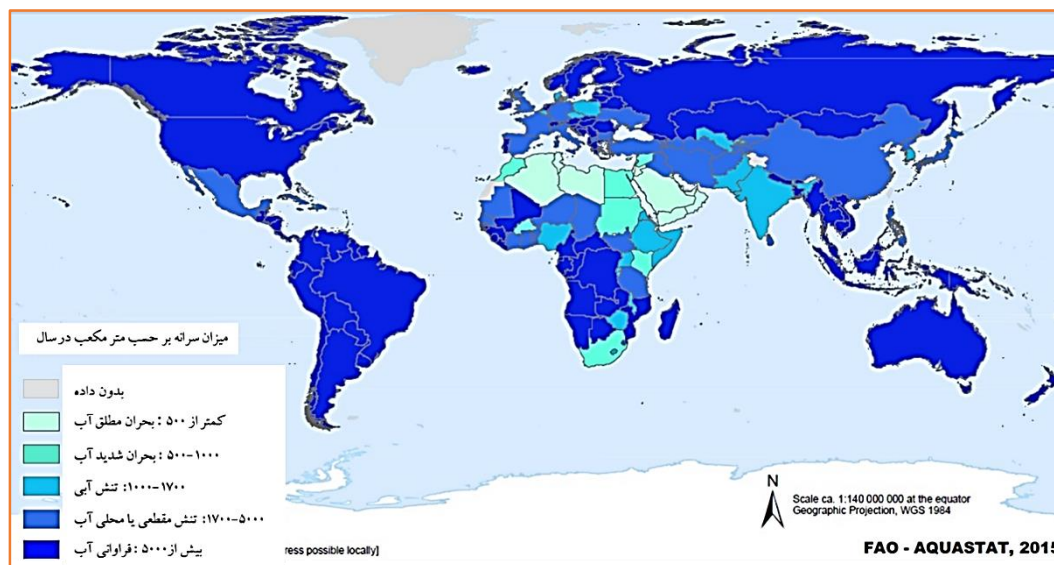
شایان توجه است که منابع آبی کل کره زمین مقدار ثابتی بوده و در چرخه آب در حال جابه جایی است. از کل آبهای موجود در کره زمین فقط بخش کوچکی از آن سالانه به طور فعال در چرخه هیدرولوژی مشارکت داشته و منابع آب تجدید شونده دنیا را به وجود می آورند. منابع آب تجدیدپذیر جهان اگرچه تجدیدپذیر است ولی حجم آن صرفنظر از تغییرات بین سالی، معین و ثابت است و در مقابل، تقاضا برای بهره گیری از آن رو به افزایش است. مقدار

آب تجدید شونده‌ای که سطح کره زمین هم اکنون و بطور سالانه دریافت می‌نماید معادل همان آبی است که شاید هزاران سال پیش و از بدو پیدایش تمدن‌های بشری دریافت می‌کرده است. آبهای موجود در زمین همواره مطابق شکل ۹ در حال تغییر شکل هستند. این آبها، حالات مایع، جامد و گاز به خود می‌گیرند. در مقابل مجموعه آب تجدیدپذیر که طی بارش‌های سالانه مجدد به منابع آب سطحی و زیر زمینی باز می‌گردد، منابع آب غیر قابل تجدید قرار دارند که در سفره‌های آب زیر زمینی عمیق قرار داشته، در بازه‌های زمانی بسیار طولانی مدت تامین شده‌اند و در طول مدت حیات انسان قابل بازگشت می‌باشند.

توزیع مکانی و زمانی منابع آب تجدید شونده بسیار متغیر است و متناسب با میزان نیازهای بشری و توزیع جمعیت نیست. به عنوان مثال، حوزه آبریز رودخانه آمازون ۲۰ درصد بارش سالانه جهان را دریافت می‌کند که فقط ۴ درصد جمعیت جهان در این حوزه ساکن می‌باشند. همچنین قاره آسیا که ۶۰ درصد جمعیت جهان در آن ساکن است، حدود ۳۶ درصد منابع آب تجدید شونده‌ی جهان را دریافت می‌کند. توزیع نامتوازن منابع آب و ریزش‌های جوی سبب شده که سرانه آب تجدیدپذیر در نقاط مختلف جهان بسیار متفاوت باشد. بطوری که برآوردها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۲۵ میلادی در ۴۸ کشور جهان با جمعیت حدود ۲/۸ میلیارد نفر و در سال ۲۰۵۰ میلادی در ۵۴ کشور با جمعیت حدود ۴ میلیارد نفر، سرانه آب تجدیدپذیر به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال خواهد رسید که بیشتر این کشورها در منطقه آسیا و آفریقا قرار دارند (فائو، ۲۰۱۵). همچنین بر اساس گزارش فائو (۲۰۱۵) مناطق مختلف جهان از نظر میزان تنش و کم آبی و براساس شاخص آب تجدیدپذیر مطابق شکل ۱۰ طبقه‌بندی شده است.



شکل ۹- شماتیک چرخه هیدرولوژی آب در طبیعت

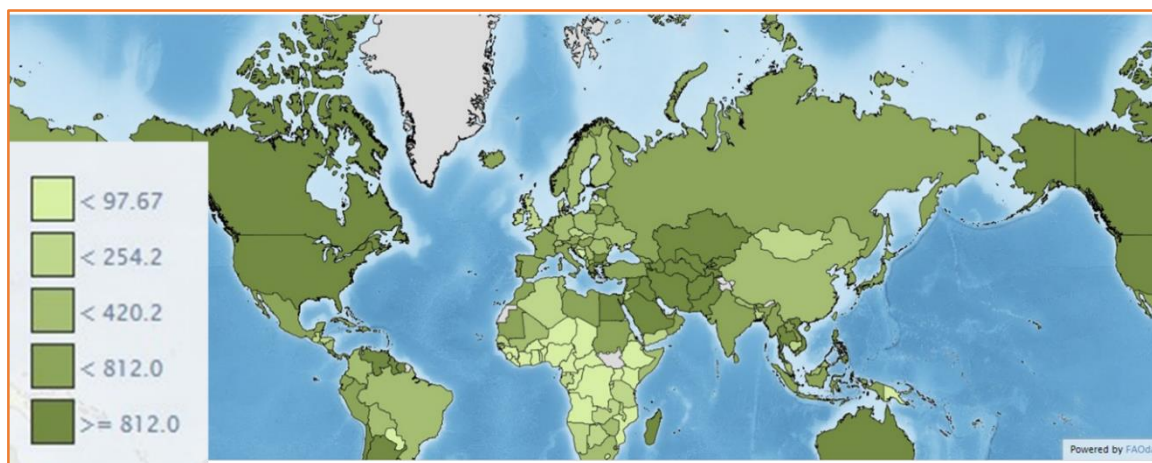


شکل ۱۰- نقشه سرانه آب تجدیدپذیر در نقاط مختلف جهان (FAO, 2015)

- همان‌طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، کشورهای جهان از لحاظ سرانه منابع آبی به پنج دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند (FAO, 2015).
- گروه اول کشورهای با سرانه بیش از ۵۰۰۰ مترمکعب در سال که دارای منابع فراوان آب درون سرزمینی بوده و تنش آبی در مناطق محدودی از این کشورها وجود دارد که اغلب کشورهای آمریکای شمالی و جنوبی، قسمتهایی از اروپا، آفریقا و روسیه را شامل می‌شود.
  - دسته دوم کشورهای با سرانه آب تجدیدپذیر ۱۷۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمکعب در سال هستند که به صورت منطقه‌ای و در بعضی مناطق کشورها با تنش‌های آبی مواجه می‌شوند. کشورهای چین، افغانستان، قرقیزستان، تاجیکستان، ترکمنستان، ایران، عراق، ترکیه، سوریه و ... در این دسته قرار می‌گیرند.
  - دسته سوم کشورهای با سرانه آب ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ مترمکعب در سال هستند که اغلب با تنش آبی مواجه هستند. این کشورها، اغلب در یافتن منابع آب شیرین برای استفاده، دچار مشکل هستند که اغلب به علت آن تخلیه منابع آب و برداشت‌های نامناسب اتفاق افتاده است. کشورهای هند، پاکستان، اتیوپی، سومالی و ... از جمله کشورهایی هستند که با تنش جدی آب مواجه هستند.
  - دسته چهارم کشورهای با سرانه آب تجدیدپذیر ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمکعب آب در سال هستند که با بحران آب مزمن مواجه هستند. سودان، مصر، آفریقای جنوبی و مراکش از جمله کشورهایی هستند که با بحران مزمن آب مواجه هستند.

- دسته پنجم کشورهای هستند که با سرانه آب تجدیدپذیر کمتر از ۵۰۰ مترمکعب در سال با بحران آب قطعی مواجه هستند. عربستان سعودی، عمان، یمن، لیبی، الجزایر، تونس از جمله کشورهای هستند که در این دسته قرار می‌گیرند (فائو، ۲۰۱۵)

مطابق شکل ۱۰ ایران در منطقه با میزان سرانه آب تجدیدپذیر ۱۷۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمکعب در سال قرار گرفته است که این امر بیانگر وضعیت مناسب‌تر آن نسبت به برخی از کشورهای دیگر است. لذا در اولین برداشت این نکته به ذهن می‌رسد که بحران یا تنش آبی موجود در کشور ایران ناشی توزیع زمانی و مکانی آب باشد. به عبارتی دیگر، تنش یا بحران آب در یک منطقه علاوه بر پتانسیل آبی و اقلیم آن منطقه متأثر از میزان مصرف و برداشت از منابع آب نیز است. شایان ذکر است که شاخص کم آبی کشورها علاوه بر معیار حجم سالانه‌ی آب تجدیدپذیر با میزان برداشت و مصرف آب نیز مرتبط است. به طوری که هرگاه مجموع مصرف آب یک کشور بیشتر از ۴۰ درصد کل منابع آب سالانه تجدیدپذیر باشد، آن کشور کم آب تلقی می‌شود (محمدجانی و یزدانیان، ۱۳۹۳). بر اثر تنوع نیازهای بشری و ارتقای سطح رفاه، سرانه مصرف آب روز به روز در حال افزایش است. طی یک صد سال اخیر، تقاضای جهانی برای آب بیش از ۶ برابر شده است. این در حالی است که جمعیت جهان ۳ برابر شده است. بر این اساس، فائو (۲۰۱۵) در بررسی دیگری میزان برداشت سرانه آب در کشورهای مختلف را مطابق شکل ۱۱ ارائه نموده است. همان‌طور که از شکل مذکور قابل ملاحظه است، کشورهای حوزه آمریکای شمالی، قرقیزستان، ازبکستان، ترکمنستان، افغانستان، ایران، سوریه، عراق، عربستان سعودی، مصر و ... با برداشت سرانه بیش از ۸۱۲ مترمکعب در سال، بیشترین میزان برداشت از منابع آب را داشته و اغلب این کشورها به جز کشورهای حوزه آمریکای شمالی، در زمره کشورهای دارای تنش آبی منطقه‌ای و در مواردی با بحران مزمن آب مواجه هستند. قابل ذکر است که میزان سرانه برداشت آب در کشور ایران، ۱۳۰۶ مترمکعب در سال است که بسیار بالاتر از حد معمول برداشت آب می‌باشد (FAO, 2015). لذا به عنایت به موارد عنوان شده می‌توان دریافت که مشکل کم آبی در ایران بیشتر از آن که به کمبود منابع آبی مرتبط باشد، ناشی از سوء مدیریت برداشت و مصرف آب است.



شکل ۱۱- نقشه برداشت سرانه آب بر حسب مترمکعب در سال به ازای ساکنین (FAO, 2015)

از طرف دیگر، آب شیرین قابل بهره‌برداری اغلب در بخش‌های غیرشرب مصرف می‌شود و طبق آمار سازمان ملل ۷۰ درصد در بخش کشاورزی، ۲۲ درصد در صنعت و ۸ درصد در شرب و مصارف خانگی و بهداشت مصرف می‌گردد. همچنین کیفیت منابع آب شیرین نیز در اثر فعالیت‌های بشری و ورود آلاینده‌های مختلف اعم از پساب‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب شهری و روستایی رو به کاهش است. با این حال و با توجه به تغییرات رخ داده در الگوهای مصرف و میزان آب در مراحل و نقاط مختلف چرخه هیدرولوژی، دسترسی ایمن و کافی به آب، مستلزم نگاه و عملکرد خردمندان انسان به نحوه دستیابی و استفاده از آن است که امروزه از آن به عنوان مدیریت بهم پیوسته منابع آب یاد می‌شود. بدیهی است با توجه به تنوع اقلیمی و پراکنش سطح خشکی و آبی کره زمین و سایر عوامل طبیعی، میزان محدودیت آب و در نتیجه ماهیت و نوع نگرش به دستیابی آن بسیار متفاوت خواهد بود. با توجه به موقعیت جغرافیایی و واقعیت‌های اقلیمی اغلب کشورهای واقع در قاره آفریقا و مناطق خاورمیانه با محدودیت بیشتر آب مواجه هستند که در این کشورها نقش مدیریت آب از اهمیت بیشتری برخوردار است.

### ۱-۶- منابع آب در ایران

کشور ایران در بخش نیمه‌خشک کره زمین قرار دارد و با دارا بودن ۱ درصد از مساحت کره زمین تنها ۰/۳۶ درصد از کل منابع آب تجدید شونده جهان را دریافت می‌کند (میری و فرش، ۱۳۸۲). لذا خشکی و کمبود آب در ایران یک واقعیت اقلیمی است. پس خارج از ذهن نیست که آب از قدیم الایام ارزش بسیار والایی نسبت به دیگر مناطق داشته است. نظری به گذشته و تاریخ کهن کشور، نشان می‌دهد که برای تعدیل مشکلات ناشی از محدودیت منابع آب ابتکارات و ابداعات متنوعی در زمینه بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی در ابعاد سازه‌ای و مدیریتی مورد توجه

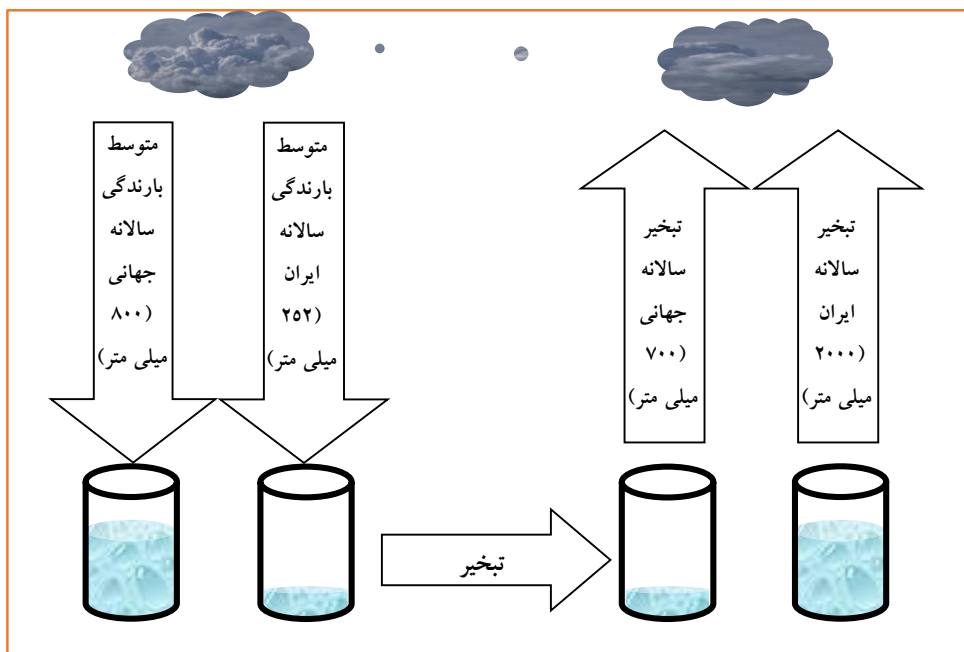


بوده است. طرح و اجرای سازه قنات و وجود بندهای انحرافی و یا مخازن ذخیره آب با هنر معماری و مهندسی منحصر به فرد در نقاط مختلف ایران از شاهکارهای ارزنده و کم نظیر مدیریت و معماری ایرانیان در اعصار دور بوده است. لذا پذیرش واقعیت اقلیمی خشک برای ایران و اتخاذ رویکرد سازگاری با آن تنها و اساسی‌ترین اصل انکارناپذیر در مواجهه با این شرایط اقلیمی است. کل منابع آب قابل دسترس در ایران از چند منبع مختلف شامل بارندگی، آب‌های مرزی، منابع آب ژرف، منابع آب نامتعارف قابل تامین است که نزولات جوی به شکل باران و برف منبع اصلی تامین آب در ایران را شامل می‌شود.

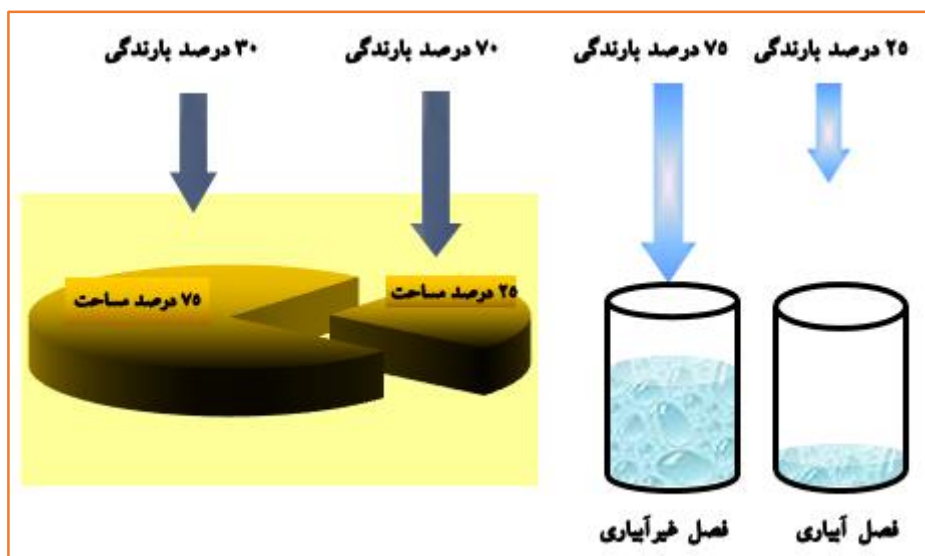
### ۱-۶-۱- نزولات جوی

مقدار متوسط دراز مدت نزولات جوی شامل باران و برف سالانه در ایران ۲۵۲ میلی‌متر است که نزدیک به ۷۰ درصد آن به صورت باران و مابقی بصورت برف صورت می‌گیرد. بدین ترتیب با در نظر گرفتن مساحت عرصه ایران در حدود ۱۶۵ میلیون هکتار، حجم نزولات جوی معادل ۴۱۳ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود. با توجه به اینکه حدود ۷۰ درصد از کل مقدار بارش یعنی ۲۹۰ میلیارد مترمکعب بصورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شود و حدود ۱۳ میلیارد مترمکعب از طریق رودخانه‌های مرزی به ایران وارد می‌شود، کل حجم آب تجدیدپذیر (در صورت تحقق حدود ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی در کشور) حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود. با توجه به ارقام فوق و پیش بینی جمعیت یکصد میلیونی برای سال‌های آتی نه چندان دور، سرانه آب تجدیدپذیر حدود ۱۰۰۰ الی ۱۳۰۰ مترمکعب خواهد بود که با شاخص جهانی وضعیت تنش آبی برای ایران حتمی است.

از سوی دیگر، آمارها نشان می‌دهد، میزان متوسط بارندگی و تبخیر سالانه کشور به ترتیب یک سوم و سه برابر متوسط جهانی آنهاست (شکل ۱۲). همچنین توزیع زمانی و مکانی نزولات جوی در ایران بسیار نامتوازن است. به طوری که از نظر توزیع مکانی ۷۰ درصد نزولات جوی در ۲۵ درصد اراضی و ۳۰ درصد آن در ۷۰ درصد اراضی کشور روی می‌دهد. ضمن اینکه توزیع زمانی نیز به نحوی است که تنها ۲۵ درصد بارندگی‌ها در فصول زراعی و ۷۵ درصد آن در فصول غیرزراعی رخ می‌دهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- مقایسه میزان متوسط بارندگی و پتانسیل تبخیر سالانه در ایران و جهان

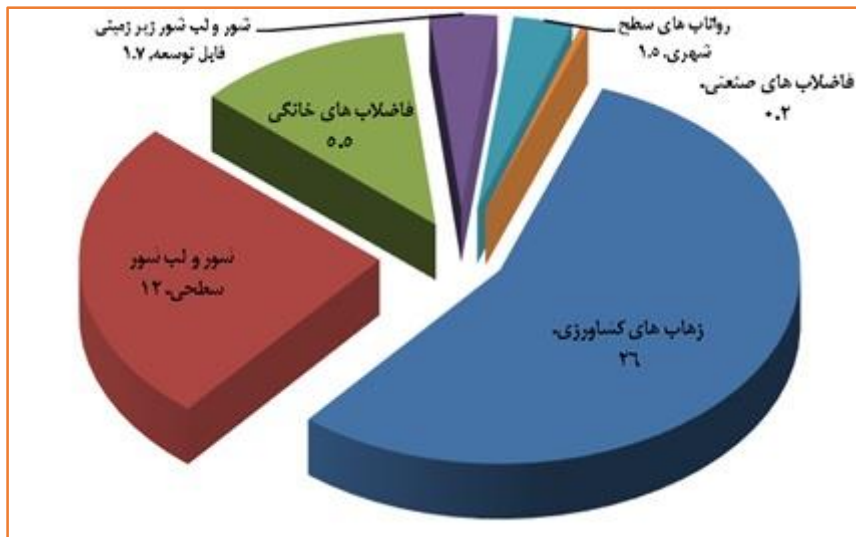


توزیع شکل ۱۳- نحوه توزیع مکانی و زمانی بارندگی در ایران

### ۱-۶-۲- منابع آب نامتعارف

منابع آب نامتعارف به مجموعه آب های شور، لب شور، آب های فسیلی، زهاب های کشاورزی، فاضلاب شهری، پساب های صنعتی و آب های حاصل از باروری ابرها اطلاق می شود. در این گزارش دامنه منابع آب نامتعارف شامل زهاب های کشاورزی، فاضلاب های شهری، پساب های صنعتی و منابع آب شور و لب شور می باشد. اعتقاد بر این است

که در شرایط حاضر با برنامه‌ریزی اصولی و لحاظ کردن جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی، بهره‌برداری از این منابع می‌تواند بعنوان یکی از گزینه‌های مهم برای جبران بخشی از کمبود آب در مصارف مختلف کشور، بویژه بخش کشاورزی مد نظر مدیران و برنامه‌ریزان کلان آب کشور باشد. مهمترین بخش این منابع شامل؛ آب‌های شور و لب شور سطحی و زیرزمینی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و زهاب‌های کشاورزی می‌باشند که حجم هر یک از این موارد در کشور به تفکیک در شکل ۱۴ ارائه گردیده است (یارقلی، ۱۳۷۹). همانگونه که مشاهده می‌شود این منابع در مجموع حجمی معادل ۴۵ میلیارد مترمکعب دارند که به جز بخش محدودی که مصارف زراعی دارد، عمدتاً بصورت غیراستاندارد مصرف گردیده و یا بدون هرگونه استفاده سودمندی وارد محیط شده و آلودگی منابع آب، خاک و تخریب محیط زیست را به همراه دارد. در حال حاضر با توجه به سطح تحت پوشش شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، تنها یک میلیارد مترمکعب از فاضلاب‌های خانگی جمع‌آوری و تصفیه می‌شود، ولی با توجه به برنامه‌ریزی‌های آب و فاضلاب کشور پیش‌بینی می‌گردد که در آینده حجم بیشتری از فاضلاب تصفیه شده خانگی حاصل شده و ضرورت توجه و برنامه‌ریزی در این خصوص نمایان می‌گردد (یارقلی، ۱۳۸۹).



شکل ۱۴- حجم منابع آب نامتعارف (میلیارد مترمکعب در سال)

در حال حاضر پساب خروجی از اغلب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور منطبق با استانداردها و الزامات زیست محیطی و بهداشتی نبوده و بواسطه استفاده غیراصولی آلودگی‌های زیادی را در محیط زیست به همراه دارند. با توجه به وسعت اراضی تحت پوشش شبکه‌های زهکشی تنها بخشی از ۲۶ میلیارد مترمکعب پتانسیل زهاب کشاورزی جمع‌آوری

شده و قابل مدیریت و برنامه‌ریزی می‌باشد. البته این حجم محدود نیز به درستی مدیریت نشده و با ورود به منابع آب سطحی باعث آلودگی این منابع و افزایش شوری، تجمع عناصر مغذی (نیترژن و فسفر) و بقایای سموم شیمیایی می‌شوند. در صورتی که این منابع آب می‌تواند با انجام روش‌های مختلف تصفیه و یا اتخاذ راهکارهای مدیریتی در کاربرد و یا ساختار و اجزاء شبکه‌های جمع‌آوری زهاب، با حداقل مخاطرات زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد (یارقلی، ۱۳۸۷).

### ۱-۶-۳- آب‌های مرزی

کشور جمهوری اسلامی ایران با کشورهای همجوار دارای مرزهای آبی مشترک و رودخانه‌هایی با ورودی و یا خروجی آب می‌باشد. نزدیک به ۲۲ درصد (۱۹۱۸ کیلومتر) از مرز مشترک کشور را ۲۶ رودخانه کوچک و بزرگ تشکیل می‌دهد. کل مرزهای کشور حدود ۸۷۵۵ کیلومتر است که از این مقدار ۲۷۰۰ کیلومتر از آن دریائی و ۴۱۳۷ کیلومتر نیز خشکی است. بزرگترین مرز رودخانه‌ای مربوط به رودخانه ارس به طول ۴۷۵ کیلومتر و کوچکترین مرز رودخانه‌ای مربوط به رودخانه دویرج به طول تنها ۲/۵ کیلومتر و قسمتی از مرز مشترک ایران با عراق می‌باشد. تنها رودخانه مرزی قابل کشتیرانی ایران، اروند رود به طول ۸۶ کیلومتر با کشور عراق می‌باشد.

### وضعیت مهمترین رودخانه‌های ورودی به کشور

به طور خلاصه مهمترین رودخانه‌های ورودی به کشور را می‌توان رودخانه‌های هیرمند و هریرود در شرق و ارس، ساریسو و قره‌سو در غرب دانست که در ادامه به آنها پرداخته خواهد شد.

#### • رودخانه هیرمند

رودخانه هیرمند با آورد تقریبی سالانه حدود ۸/۵ میلیارد مترمکعب از کوه‌های غرب کابل سرچشمه گرفته و پس از طی ۱۰۵۰ کیلومتر وارد ایران می‌شود. در حال حاضر سهم ایران از آب رودخانه هیرمند حدود ۲۶ مترمکعب در ثانیه با حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب در سال است. با توجه به اقدامات سال‌های اخیر در کشور افغانستان و احداث سد بر روی این رودخانه، حجم آب ورودی از این رودخانه به داخل ایران در سال‌های اخیر به شدت کاهش یافته است.

#### • رودخانه هریرود

هریرود رودخانه مشترک سه کشور افغانستان، ایران و ترکمنستان است. این رودخانه بین‌المللی، از ارتفاعات هندوکش در افغانستان سرچشمه می‌گیرد و پس از طی ۶۵۰ کیلومتر در نزدیکی شهرستان تایباد به مرزهای افغانستان و

ایران می‌رسد. در ایران پس از پیوستن چند رودخانه فصلی به آن تا تنگه ذوالفقار که محل تلاقی مرزهای ایران، افغانستان و ترکمنستان است خط مرزی ایران و افغانستان به طول ۱۰۷ کیلومتر را تشکیل می‌دهد. هریرود در پل خاتون با «کشف رود» تلاقی و از آن به بعد «تجن» نامیده می‌شود. تجن که ۱۱۷ کیلومتر مرز مشترک ایران و ترکمنستان را تشکیل می‌دهد پس از خروج از مرز در دشت قره قوم پخش و در حوالی شهر تجن محو می‌شود.

#### • رودخانه‌های ساری‌سو و قره‌سو

این رودخانه‌ها در غرب کشور و در مرز کشور ایران و ترکیه قرار دارند. پروتکل‌هایی در خصوص بهره‌برداری از آب آنها بین کشور ایران و ترکیه وجود دارد، ولی همواره بر سر اجرای آنها اختلافاتی با کشورهای مقابل وجود داشته است.

#### • رودخانه ارس

این رودخانه از کشور ترکیه سرچشمه گرفته و پس از طی ۱۰۷۰ کیلومتر به دریای خزر می‌ریزد که ۴۷۵ کیلومتر از آن مرز بین کشور ایران با ارمنستان و آذربایجان را تشکیل می‌دهد. حجم آورد سالیانه ارس در قسمت‌های مختلف رودخانه به دلیل اضافه شدن سرشاخه‌ها به آن متفاوت است. این مقدار در محل سد ارس طبق گزارشات موجود حدود ۸/۴ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد. بهره‌برداری از آب رودخانه ارس به نسبت مساوی بین ایران و کشورهای همسایه تقسیم شده است. بیشترین آب ورودی به کشور از طریق این رودخانه مرزی است.

#### مهمترین رودخانه‌های خروجی از کشور

در این بخش نیز مهمترین رودخانه‌های خروجی از کشور را می‌توان رودخانه‌های شمال استان خراسان رضوی، رودخانه اترک و رودخانه‌های غرب کشور دانست که توضیحات اجمالی پیرامون آنها در ذیل ارائه شده است.

#### • شمال استان خراسان رضوی

این رودخانه‌ها عمدتاً به صورت متوالی از ایران سرچشمه گرفته و با آورد سالیانه حدود ۱۲۰ میلیون مترمکعب از کشور خارج می‌شوند. حقایق ایران از آب این رودخانه‌ها طبق پروتکل‌های موجود عمدتاً مساوی و ۵۰ درصد می‌باشد. از وضعیت بهره‌برداری از آنها در حال حاضر اطلاع دقیقی وجود ندارد.

#### • رودخانه اترک

این رودخانه از بخش اترک خارجی که از خاک ترکمنستان سرچشمه گرفته و بزرگترین شاخه آن رودخانه سمبار است و اترک داخلی که در داخل کشور ایران جریان دارد، تشکیل یافته است. این دو شاخه در محلی که به نام چات

تلاقی کرده و پس از طی ۸۰ کیلومتر از مرز در کشور در محلی بنام داشلی برون به طرف خاک ترکمنستان تغییر مسیر داده و از طریق خاک ترکمنستان وارد دریای خزر می‌شود. حجم جریان سالیانه در محل چات حدود ۴۴۰ میلیون مترمکعب است که ۲۲۰ میلیون مترمکعب از آن سهم ایران بوده و ۸۵ میلیون مترمکعب در حال حاضر در دست بهره‌برداری است.

#### • رودخانه‌های غرب کشور

این رودخانه‌ها را به طور کلی می‌توان به دو دسته رودخانه‌های با آبدهی کم تا متوسط و رودخانه‌های با آبدهی زیاد تقسیم بندی کرد

در بخش رودخانه‌های با آبدهی کم تا متوسط رودخانه‌هایی چون قوره‌تو، کنگیر، میمه، دویرج و ... وجود دارند که عموماً از ایران سرچشمه می‌گیرند. در بخش رودخانه‌های با آبدهی زیاد رودخانه‌های زاب و سیروان قرار دارند. رودخانه‌های زاب و سیروان مجموعاً آورد متوسط سالیانه حدود ۳-۴ میلیارد مترمکعب را از کشور خارج کرده و هیچگونه پروتکلی برای بهره‌برداری از آب آنها با کشور مقابل وجود ندارد. با اجرای طرح رودخانه‌های مرزی و احداث سد بر روی این رودخانه‌ها، حجم آب خروجی از این رودخانه‌ها هم‌اکنون کنترل شده است.

#### • رودخانه آستارا جای

این رودخانه از ارتباطات مشترک در کشور ایران و آذربایجان در شمال غربی ایران سرچشمه گرفته، آورد سالیانه حدود ۷۰ میلیون مترمکعب را جمع‌آوری و به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه در قسمت اعظمی از طول کوتاه خود مرز دو کشور را تشکیل می‌دهد و تاکنون نیز پروتکل رسمی در خصوص بهره‌برداری از آب آن بین دو کشور منعقد نشده است.

در مجموع، بیلان حجم آب‌های ورودی و خروجی از کشور کمتر از ۱۰ میلیارد مترمکعب در سال است و این آب‌ها نقش زیادی در منابع آب تجدیدپذیر کشور بازی نمی‌کنند.

#### ۱-۶-۴- منابع آب‌های فسیلی

آب فسیلی (Fossil water) یا آب دیرینه به پهنه‌ای قدیمی از آب گفته می‌شود که برای هزاران سال در فضایی دست‌نخورده که معمولاً یک سفره آب زیرزمینی است، جای گرفته باشد. دریاچه زیریخی مانند دریاچه وستوک در جنوبگان و حتی آب‌های قدیمی در سیاره‌های دیگر را می‌توان از انواع دیگر آب‌های فسیل برشمرد. به بیانی دیگر

آب‌های فسیلی آب‌های زیرزمینی قدیمی یا خیلی قدیمی هستند که سنی بیش از چندین هزار سال داشته و در چرخه هیدرولوژی شرکت ندارند (مثل آب‌های محبوس و ساکن) و یا در صورت شرکت، مدت زمان بسیار زیادی برای تکمیل چرخه هیدرولوژی نیاز دارند. همچنین بر اساس تعریف یونسکو آب زیرزمینی فسیلی آبی است که معمولاً هزاران سال پیش و اغلب در شرایط اقلیمی متفاوت از امروز، در زیر زمین ذخیره شده‌است. برآورد می‌شود که بیشتر آب‌های فسیلی طی دوره‌های پلیستوسن و هولوسن (۴۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال پیش) در زمین نفوذ کرده‌اند. سن‌سنجی آب زیرزمینی با اندازه‌گیری میزان غلظت ایزوتوپ‌های پایدار مشخص شامل؛ تریتیوم و ایزوتوپ‌های اکسیژن و مقایسه مقدار آن‌ها با غلظت‌های مشخص آن در مقیاس زمانی زمین‌شناسی انجام می‌شود.

### سوابق اکتشاف و استفاده از آب‌های فسیلی

آب‌های فسیلی با توجه به گذشت زمان و میزان مدت ماندگاری در سیستم تعریف می‌شوند، و محدود به عمق مشخصی نبوده و می‌تواند در هر عمقی ایجاد شوند، اما با توجه به نحوه تشکیل، بیشتر این آب‌ها در اعماق زیاد تشکیل شده و پی‌جویی و اکتشاف شده‌اند. در دنیا و در کشورهای مختلفی نظیر؛ انگلیس، دانمارک، فرانسه، پرتغال، اسپانیا، هلند، بلژیک و استونی مطالعات مفصلی در مورد آب‌های فسیلی انجام شده است. همچنین مطالعاتی نیز در خاورمیانه و شمال آفریقا در زمینه آب‌های فسیلی و تجدیدنابذیر توسط سازمان یونسکو (Foster, 2006) به انجام رسیده است. مختصری از نتایج تحقیقات مذکور در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- برخی از آبخوان‌ها/آبخوان‌های فسیلی شناخته شده در شمال آفریقا، خاورمیانه، استرالیا و آمریکا

کشور	وسعت (Km <sup>2</sup> )	حجم کل قابل بهره‌برداری (میلیون متر مکعب)	حجم کل بهره‌برداری تاکنون (میلیون متر مکعب)
مصر، لیبی، سودان، چاد	۲۲۰۰۰۰	۱۴۴۶۰۰۰۰	۲۱۷۰۰۰۰
الجزایر، لیبی، تونس	۱۰۰۰۰	۱۲۸۰۰۰۰	۲۵۶۰
الجزایر، لیبی، نیجریه	۴۵۰۰۰۰	۶۰۰۰۰-۸۰۰۰۰	۱۷۵۰
موریتانی، سنگال، کلمبیا	۲۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰-۵۸۰۰۰۰	۲۵۶
مالی، نیجر، نیجریه	۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰	۲۲۵
نیجر، سودان، نیجریه، چاد، لیبی، کامرون	۶۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰-۲۵۰۰۰۰	۲۵۰
صحرای کالاهاری مرکزی	۸۰۰۰۰	۸۶۰۰۰	۲۸۹۰
عربستان، بحرین، قطر، امارات	۲۲۵۰۰۰-۲۵۰۰۰۰	۵۰۰۰۰-۲۱۸۵۰۰۰	۱۲۷۹۰
اردن	۲۰۰۰	۶۲۵۰	۱۷۰
استرالیا	۱۷۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰	۶۰۰

در ایران مطالعات شناسایی و اکتشاف آب های فسیلی بصورت کامل و مجزا انجام نشده است. بطوری که در تحقیقات و مطالعات منابع آب زیرزمینی کشور فقط به ذکر نام آب فسیلی اکتفا شده است. مثلاً علت شوری آبخوان های آبرفتی در مسیر ساری تا گرگان را اختلاط آب های فسیلی با کیفیت نامطلوب با آب شیرین آبخوان ها بیان کرده اند ولی از نوع، حجم، عمق و دیگر خصوصیات این آب ها مطلبی ارائه نشده است (نقل از میرعربی و حسینی، ۱۳۹۰). در مورد منشا چشمه های دالکی واقع در جنوب کشور به وجود آب های فسیلی در اعماق و ترکیب و اختلاط با مواد معدنی هیدروکربنی در طول مسیر انتقال به سطح زمین اشاره شده است. در بررسی خواص هیدروشیمی و مطالعات ایزوتوپی چشمه زیارت واقع در شهر گرگان، که دارای سیستم تغذیه و ورودی مخزن از نوع پراکنده و افشان و سیستم خروجی از نوع کانالی و سریع تحت فشار می باشد، وجود آب هایی با سن زیاد مورد تایید قرار گرفته است که آب آن در عمق زیاد جریان داشته و با چشمه های اطراف ارتباطی ندارد (رقیمی و یخکشی، ۱۳۸۱). با این حال طی سال های اخیر توجه متولیان مدیریت آب به این منابع استراتژیک معطوف گشته و فعالیت هایی در خصوص شناسایی، مطالعه و در صورت لزوم اکتشاف نیز در حال انجام است.

### **ویژگی های آب های فسیلی**

آب های فسیلی از نقطه نظر عوامل متعددی نظیر؛ زمان و شرایط تشکیل، لیتولوژی و محل تشکیل، هیدروژئولوژی، هیدروشیمیایی و کاربرد قابل بررسی می باشد.

#### **الف) زمان و شرایط تشکیل**

حداقل سن آب های فسیلی صدها تا هزاران سال می باشد. بررسی های ایزوتوپی نشان می دهد که شرایط تشکیل آب های فسیلی بسیار متفاوت نسبت به شرایط کنونی می باشد. به طوری که زمان تشکیل اکثر آبخوان ها آبخوان های فسیلی بررسی شده در سطح دنیا شرایط آب و هوایی بسیار مرطوب با بارندگی های شدید دوره پلیستوسن را نشان می دهند.

#### **ب) لیتولوژی و محل تشکیل**

آب های فسیلی عموماً در سازندهایی با نفوذپذیری بسیار کم قرار دارند. این امر می تواند یکی از علل تجدید ناپذیری این آب ها باشد. اغلب در آبخوان های تحت فشار و در حوزه های رسوبگذاری عمیق تشکیل می شوند. در نتیجه آبخوان این آب ها بیشتر در اعماق زمین توسعه می یابند. با توجه به نحوه تشکیل اغلب در مناطق خشک و نیمه خشک و



در اعماق بیش از ۱۰۰ متر دیده شده اند. به لحاظ گسترش مکانی عموماً این آبخوان‌ها در مناطق غیر فعال تکتونیکی مثل پی سنگ‌ها قرار گرفته اند.

### ج) هیدروژئولوژی

شیب هیدرولیکی آبخوان‌های فسیلی بسیار کم است و در نتیجه غالب آب‌های فسیلی ساکن و بی حرکتند و در صورت داشتن حرکت، سرعت جریان آنها بسیار اندک است. به همین دلیل دوره تجدید پذیری نداشته و یا بسیار طولانی می‌باشد. بنابراین معمولاً توسط بارش‌های فصلی تغذیه نمی‌شوند و سیستم گردش آنها در سیستم جریان‌های منطقه‌ای می‌باشد که فاصله تغذیه تا تخلیه آنها می‌تواند بالغ بر صدها کیلومتر باشد.

### د) هیدروشیمیایی

آب‌های فسیلی از نظر هیدروشیمیایی دارای پایداری نسبی شیمیایی بوده و یا تغییرات فیزیکی و شیمیایی کمی از خود نشان می‌دهند. علت آن را می‌توان در مدت زمان سکونت این نوع آب‌ها دانست. به دلیل قدمت و زمان ماندگاری بالا، غالباً شرایط شیمیایی حاکم بر این آب‌ها احیایی می‌باشد. این آب‌ها همانند سایر آب‌های زیرزمینی می‌توانند شیرین، لب شور، تلخ یا شور باشند و حتی در برخی موارد همانند آب‌های فسیلی مازندران بسیار شورتر از آب دریا باشند (جاماب، ۱۳۷۴). بررسی‌های ایزوتوپی نشان داده است که از ایزوتوپهای پایدار (اکسیژن ۱۸ و دوتریم) سبکتری نسبت به آب‌های جوان برخوردار هستند. با توجه به اینکه این آبخوان‌ها اکثراً در عمق تشکیل شده‌اند، به لحاظ بیولوژیکی از کیفیت بسیار مطلوبی بهره‌مند هستند. طیف تغییرات دمای این آب‌ها متفاوت است، ولی چون اکثر آب‌های فسیلی در اعماق قرار دارند، بنابراین از دمای بالایی برخوردار هستند. این ویژگی می‌تواند مزیتی برای آب‌های فسیلی برای استفاده از پتانسیل حرارتی آنها در مناطق سردسیر باشد. بنابراین برخی از آب‌های هیدروترمالی جزء آب‌های فسیلی محسوب می‌شوند.

### ه) کاربرد

آب‌های فسیلی قابلیت استفاده برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعتی و نیز استفاده‌های خاص دارند. در جزیره میدلند شرقی در انگلیس از ماسه سنگ‌های تریاس آب بسیار با کیفیت و با مقادیر پائین TDS استخراج می‌شود. به دلیل عدم خوردگی این آب، بعنوان آب خنک کننده در ایستگاه‌های تولید برق نیز استفاده می‌شود. در اسپانیا آب‌های فسیلی با کیفیت مطلوبی دیده شده است که بررسی‌ها و شواهد ایزوتوپی نشان داده است که این امر به دلیل ذوب شدن لایه‌های یخی زیرزمینی دوره کامبرین مربوط می‌باشد. اگر آب‌های فسیلی شور یا تلخ مزه به درستی

استخراج شوند و در حین استخراج از آلودگی شیمیایی صنعتی و بیولوژیکی در امان بمانند می توانند یک منبع مناسبی برای نمک زدایی و ایجاد آب شیرین باشند. در برخی مناطق خشک یا جزایری که با کمبود آب شیرین مواجه هستند از طریق استخراج آب فسیلی و نمک زدایی آن آب مصرفی خود را تامین می کنند. از آبخوان‌های فسیلی بسیار شور که قابلیت مصرف در هیچ زمینه ای ندارند جهت استحصال گازهای طبیعی استفاده شده است. بدین طریق که میکرو حباب‌های دی اکسید کربن به این نوع آبخوان‌ها تزریق شده و بر اثر این تزریق یک سری واکنش‌های شیمیایی در آبخوان فسیلی شور انجام می شود که نتیجه این واکنش‌ها، گازهایی طبیعی همچون متان از آبخوان استحصال می گردد.

### جایگاه و نقش آب‌های فسیلی در مدیریت منابع آب

امروزه بدلیل عدم کفایت تامین آب مصرفی از منابع آبی تجدیدپذیر، موضوع تامین آب از طریق منابع آبی تجدید ناپذیر و نامتعارف در سطح جهان بسیار جدی و مهم در حال پیگیری است. یکی از این منابع تجدید ناپذیر آب‌های فسیلی می باشد. با توجه به تجارب بدست آمده از مطالعه آبخوان‌های فسیلی در سراسر جهان مشخص گردیده است که در اکثر کشورها بخصوص کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه خشک قرار داشته و با مشکل آب مواجه هستند، استفاده از این منابع می تواند یکی از گزینه‌های تامین آب مطرح باشد. از اینرو در این مناطق از چندین دهه گذشته به آبهای فسیلی بعنوان یک منبع توجه گردیده است. گرچه مطالعه شناسایی، اکتشاف و بهره‌برداری این منابع استراتژیک به نوبه خود بسیار مشکل و هزینه بر می باشد ولی با توجه به خصوصیات آن (وسعت، حجم و کیفیت) این منبع آبی در شرایط خاص می تواند به عنوان یک گزینه تامین آب مطرح شود. امروزه در ایران اطلاعات کاملی از منابع آبی فسیلی در دسترس نیست و در این خصوص استفاده از تجربیات کشورهای دیگر و با شرایط مشابه می تواند بسیار مفید باشد. البته مطالعه آبخوان‌های فسیلی نیازمند به بررسی‌های دقیق در زمینه‌های مختلف از جمله هیدروشیمیایی، ایزوتوپی، ژئوفیزیکی و... است. علاوه بر روشهای ژئوفیزیکی یکی دیگر از روشهای اکتشاف آبهای فسیلی استفاده از تکنیک سنجش از دور می باشد. این تکنیک که یک روش نسبتاً نوپا بوده و از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از رادارها، اشعه مادون قرمز و تصاویر ماهواره ای مناطق دارای پتانسیل وجود آب فسیلی قابل اجرا است. برای مثال در شمال غرب منطقه دارفور در کشور سودان از طریق تحلیل نقشه‌های ماهواره‌ای یک آبخوان فسیلی کشف گردید و هم اکنون بعنوان یک منبع آبی ارزشمند در اختیار اهالی دارفور قرار دارد. بررسی‌های انجام شده نشان داده اند که پهنه عربستان دارای حجم عظیمی از آبهای فسیلی است و اکثر کشورهای قرار گرفته در این پهنه از جمله عربستان، اردن، قطر، امارات و بحرین از این آبها استفاده می نمایند (کیخایی و عباسی، ۱۳۹۸). این پهنه دارای تشابه زمین شناسی، سنگ شناسی،

تکتونیک با محیط‌های رسوبی ایران تا اواخر دوران دوم زمین‌شناسی می‌باشد. در واقع پس از سخت شدن پی سنگ پر کامبرین، از زمان پرکامبرین پسین تا تریاس میانی، شرایط حاکم بر محیط‌های رسوبی البرز، ایران مرکزی، زاگرس و عربستان یکسان بوده است (آقا نباتی، ۱۳۸۳). بنابراین با توجه به انطباق ستون چینه‌شناسی حوزه رسوبی ایران و عربستان و نیز با توجه به این نکته که آب‌های فسیلی در لابلای رخساره‌های ماسه سنگ‌های ضخیم دوران دوم در پلیت عربستان ذخیره شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر مطالعه سازندهای آهکی و کربناته در سراسر ایران با هر توالی و سنی که دارند (بوئزه کرتاسه و ژوراسیک)؛ می‌توان بطور متمرکز و با احتمال زیاد در خصوص پتانسیل وجود آب فسیلی سازندهای ضخیم ماسه سنگی دوران دوم (غیر سیمانی) در مناطق غیرفعال تکتونیک ایران را مورد پی‌جویی قرار داد. با توجه به این شواهد می‌توان علاوه بر مناطق زاگرس و البرز از ایران مرکزی و مناطقی چون طبس و یزد که دارای سازندهای ماسه ای و به لحاظ تکتونیک تقریباً غیر فعال هستند را بعنوان مناطق محتمل وجود آب فسیلی در نظر گرفت. البته توجه به این نکته بسیار حائز اهمیت است که آب‌های فسیلی همانند ذخایر نفتی، یک منبع زیرزمینی آبی بسیار مهم و تجدید ناپذیر می‌باشند. بطوریکه می‌توان آبخوان‌های فسیلی را آبخوان‌های یکبار مصرف نامید. لذا مزارع و شهرهایی که به این نوع منابع متکی باشند سرانجام با مشکل خشک شدن منابع مورد بهره‌برداری مواجه خواهند شد.

### ۱-۶-۵- منابع آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع آبی محسوب می‌شود و برای حیات انسانی و هم‌چنین توسعه اقتصادی در مناطق خشک و نیمه خشک همانند ایران ضروری می‌باشند. تا قبل از دهه ۱۳۲۰ بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی توسط سامانه‌های بومی به نام قنات صورت می‌گرفت. در حال حاضر حدود ۴۱۰۰۰ رشته قنات در کشور ثبت شده است. با این حال طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۵۰ تعداد چاه‌های ایران به شدت افزایش یافت به گونه‌ای که تعداد چاه‌های کشور از ۴۷۰۰۰ حلقه به بیش از ۷۸۹۰۰۰ حلقه رسیده است. تا سال ۱۳۹۶ حدود ۱۹۶۰۰۰ حلقه چاه عمیق و ۵۹۳۰۰۰ حلقه چاه نیمه عمیق در کشور با میانگین برداشت به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۰۲ میلیون مترمکعب در سال وجود دارد (نور، ۱۳۹۶). بر اساس نتایج، میزان مصرف آب‌های زیرزمینی (از طریق چاه، قنات و چشمه‌ها) از کم‌تر از ۱۸ میلیارد مترمکعب در دهه ۱۳۵۰ به بیش از ۷۹ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۸۵ رسید (نور، ۱۳۹۶). با این حال از این تاریخ به بعد میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی کاهش داشته، به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۴ به حدود ۶۱ میلیارد مترمکعب رسید. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده مصرف بالای آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی است، بر این اساس حدود ۹۰ درصد از این منابع در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. در نهایت، طی سال‌های اخیر میزان متوسط افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی کشور

حدود ۵۱ سانتی متر و اضافه برداشت ۵۰۸۶ میلیون مترمکعب در سال بوده است. در این راستا و در شرایط فعلی ۳۴۷ محدوده از مجموع ۶۰۹ محدوده جز مناطق ممنوعه می‌باشند (نور، ۱۳۹۶).

هم‌اکنون آبخوان‌های کشور، سالانه با میانگین کسری مخزن معادل ۵ میلیارد مترمکعب مواجه هستند. در ۴۷ سال اخیر مخازن آب زیرزمینی با کسری مخزن ۱۲۵ میلیارد مترمکعبی مواجه شده‌اند که بیش از ۹۰ میلیارد مترمکعب آن در بیست سال اخیر، ۸۰ میلیارد مترمکعب آن در پانزده سال اخیر و ۳۸ میلیارد مترمکعب آن مربوط به دوره کوتاه هفت سال گذشته است که این موضوع آینده‌ای چالش برانگیز را برای بخش‌های وسیعی از کشور رقم زده و خواهد زد. منابع آب زیرزمینی در تأمین آب بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب کشور سهم موثر و عمده‌ای دارد و تمدن و حیات بخش وسیعی از کشور به آن وابسته است. در وضعیت کنونی سهم منابع زیرزمینی در تأمین آب کشور (کشاورزی، صنعت و شرب در کشور) بالغ بر ۵۵ درصد نسبت به کل منابع آب می‌باشد. نکته حائز اهمیت نقش مهم منابع آب زیرزمینی در تأمین نیاز آب شرب آحاد جامعه است که ۶۳ درصد آن از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین شده و آب‌های سطحی سهم ۳۷ درصدی را به خود تخصیص می‌دهند. البته در بخش تأمین آب شرب روستایی سهم آب‌های زیرزمینی بالغ بر ۸۰ درصد است. وابستگی صرف یا حداکثری بخش‌های زیادی از کشور مثل استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، کرمان، یزد، اصفهان، فارس و استان‌های حاشیه سواحل جنوبی، زنجان، مرکزی، لرستان، قزوین، کردستان و حتی استان‌هایی نظیر چهارمحال و بختیاری و گلستان به آب‌های زیرزمینی، خود از الزامات توجه به این مهم است (صادقی، ۱۳۹۷).

## ۲- مصارف آب در ایران

در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی - اجتماعی و به عنوان نیاز اولیه انسان محسوب می‌شود. هرچند آب یکی از منابع تجدید شونده به شمار می‌رود، اما مقدار آن محدود است. با توجه به رشد جمعیت، گسترش صنعت، بالا رفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی، سرانه منابع تجدید شونده رو به کاهش می‌باشد (تجربشی و ابریشم‌چی، ۱۳۸۳). مصرف آب بر اساس شاخص‌های بین‌المللی به سه بخش اصلی شرب، کشاورزی و صنعت تقسیم می‌شود. البته نیازهای زیست محیطی به آب نیز از بخش‌های عمده و اجتناب ناپذیر مصارف آب می‌باشد که در سالیان گذشته به این موضوع کمتر توجه شده است. بدین ترتیب می‌توان گفت که در سهم‌بندی منابع آب برای مصرف چهار گروه شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست باید در نظر گرفته شود. بنابر اطلاعات سالنامه آماری کل کشور بخش کشاورزی مصرف کننده

اصلی آب در کشور است. با نگاهی گذرا به آمار و اطلاعات در این زمینه ملاحظه می‌شود که مدیریت مصرف آب کشور بیش از هر چیز نیازمند مدیریت کشاورزی و سرمایه‌گذاری در این بخش است. طی سال‌های اخیر نیز بخش کشاورزی قسمت عمده‌ای از کل مصرف آب کشور را به خود اختصاص داده‌است. با توجه به افزایش جمعیت نیاز به تولید غذای بیشتر و توسعه زیر ساخت‌های صنعتی سهم مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت رو به افزایش بوده و همزمان با این مسئله محیط زیست مورد تهدید جدی قرار گرفته است. این موضوع به روشنی ضرورت تامین حداقل نیازهای هر بخش را نمایان می‌سازد. به عبارتی دیگر آگاهی از سهم مصرف آب در بخش‌های مختلف و تامین حداقل نیازهای آنها برای برنامه‌ریزی در افق‌های توسعه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در ایران نیز همانند سایر کشورهای جهان، بخش قابل توجهی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی برای تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود. تعیین مقدار نیاز و حجم آب مصرفی در هر یک از بخش‌های مذکور به ویژه بخش کشاورزی همواره از دغدغه‌های اصلی متولیان و برنامه‌ریزان صنعت آب کشور بوده و است. تعیین حجم آب مصرفی در بخش شرب و صنعت تا حدودی ساده‌تر و مشخص است ولی در بخش کشاورزی و محیط زیست اعداد و ارقام ارائه شده بسیار متفاوت بوده و در خصوص صحت و سقم آن‌ها نیز تردیدهای جدی وجود دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد میزان آب حاصل از بارش در کشور در سال ۱۳۲۸ توسط مهندسين مشاور ماوراء بحار حدود ۵۰۰ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. این برآورد حتی بیش‌تر از حجم بارش سالانه در دشت و ارتفاعات کشور می‌باشد. پس از آن، در سال ۱۳۳۰ گزارش ناقصی توسط مهندسين مشاور پارسونزجانسون برآورد آب زیرزمینی منتشر گردید. اولین بررسی مدون در مورد میزان آب مصرفی در کشور، حدود پنجاه سال پیش (۱۳۴۲) توسط وزارت آب و برق سابق در گزارش "توسعه منابع آب ایران: مشکلات و راه حل‌ها" منتشر شده است (قدرت‌نما، ۱۳۷۷). در سال ۱۳۴۵ سازمان برنامه گزارشی از وضعیت منابع و مصارف آب کشور منتشر نموده که با گزارش منتشر شده در سال ۱۳۴۲ تفاوت اساسی در حجم منابع و مصارف آب در کشور داشت (قدرت‌نما، ۱۳۷۷). پس از آن، نشریه‌های شماره دو، هشت و شانزده کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، در تمام یا بخشی از این نشریه‌ها به مبحث منابع و مصارف آب در کشور پرداخته‌اند. در نشریه شماره هشت کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، میانگین حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور حدود ۳۸۰ میلیارد مترمکعب گزارش شده و نوسانات سالانه آن بین ۲۸۰ تا ۵۲۰ میلیارد مترمکعب و آب مصرفی هر هکتار از زمین‌های کشاورزی فاریاب حدود ۹۵۲۴ متر مکعب در هکتار بود. حدود ۸۶ میلیارد مترمکعب از حجم آب با منشاء بارش به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم برای زراعت آبی، دیم، مراتع و جنگل‌ها استفاده می‌شده است. در سال ۱۳۵۶، گزارش طرح جامع (تحقیق و توسعه)

مجموعه بررسی‌های نسبتاً جدی در مورد جمع‌آوری و تحلیل آمار منابع و مصارف آب در کشور را دنبال کرد که مقادیر مطمئنی برای حجم آب مصرفی در کشور به دست نیامد. در سال ۱۳۵۷ گزارشی توسط سازمان برنامه و بودجه در مورد بیلان منابع آب تا اوایل سال ۱۳۵۲ منتشر گردید. یکی از مشاوران حوزه معاونت وزارت نیرو، معصومی الموتی منابع و مصارف آب کشاورزی را استخراج نموده است (به نقل از قدرت نما، ۱۳۷۷). قدرت نما در سال ۱۳۷۷ منابع و مصارف و نیازهای آبی در کشور را از سال ۱۳۴۲ تا ۱۳۷۲ بررسی نموده و تغییرات مصرف آب در سال‌های گذشته را گزارش نمود (جدول ۱۵). برای اولین (۱۳۴۲) و آخرین (۱۳۷۲) سال بررسی، درصد مصرف آب کشاورزی از کل مصرف آب به ترتیب برابر ۹۹ و ۹۴ درصد در نظر گرفته شده است. مقدار مصرف آب کشاورزی از کسر نیازهای شرب و صنعت از کل مصرف آب، حاصل شده است.

جدول ۱۵- تغییرات حجم مصرف آب (میلیارد مترمکعب) بر حسب نوع مصارف (قدرت نما، ۱۳۷۷)

سال	کشاورزی	شرب و صنایع	کل
۱۳۴۲	۴۴	۰/۴۲	۴۴/۴۲
۱۳۴۵	۴۵	۰/۵۴	۴۵/۵۴
۱۳۵۰	۴۹	۰/۷۵	۴۹/۷۵
۱۳۵۵	۵۳/۶	۱/۲۷	۵۴/۸۷
۱۳۵۷	۵۵/۶	۱/۵۱	۵۷/۱۰
۱۳۶۰	۵۸/۹	۱/۹۵	۶۰/۸۵
۱۳۶۲	۶۰/۵	۲/۸۹	۶۳/۴
۱۳۶۵	۶۵/۳	۲/۹۷	۶۸/۳۰
۱۳۷۰	۷۳/۳	۴/۵۵	۷۷/۸۵
۱۳۷۲	۷۸/۲	۴/۷۷	۸۲/۹۷

اغلب مقادیر اعلام شده برای مصارف مختلف به ویژه در بخش کشاورزی، داده‌های اندازه‌گیری شده نبوده و از طریق برآزش بر مبنای برخی مقادیر تخمینی حاصل شده‌اند. بدیهی است که صحت این داده‌ها جای بحث و بررسی دارد. در خصوص مقدار حجم آب حاصل از بارندگی در پهنه کشور نیز آمارهای موجود بسیار متفاوت می‌باشد. مقادیر حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور بر اساس منابع مختلف به شرح جدول ۱۶ ارائه شده است (عباسی، ۱۳۹۶). موحددانش (۱۳۷۳) حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور را حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب و مصرف آب در بخش

کشاورزی را ۷۰ میلیارد مترمکعب گزارش نموده است. محمد ولی سامانی (۱۳۸۴) مصرف آب در کشور را در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۰ به ترتیب برابر ۸۶/۸ و ۹۳/۱ میلیارد مترمکعب و مصرف آب در بخش کشاورزی را ۸۱/۴ و ۸۶ میلیارد مترمکعب گزارش نموده و برای سال ۱۴۰۰ مصرف آب در کشور و بخش کشاورزی را به ترتیب برابر ۱۱۳/۲ و ۱۰۳ میلیارد مترمکعب پیش‌بینی نموده است.

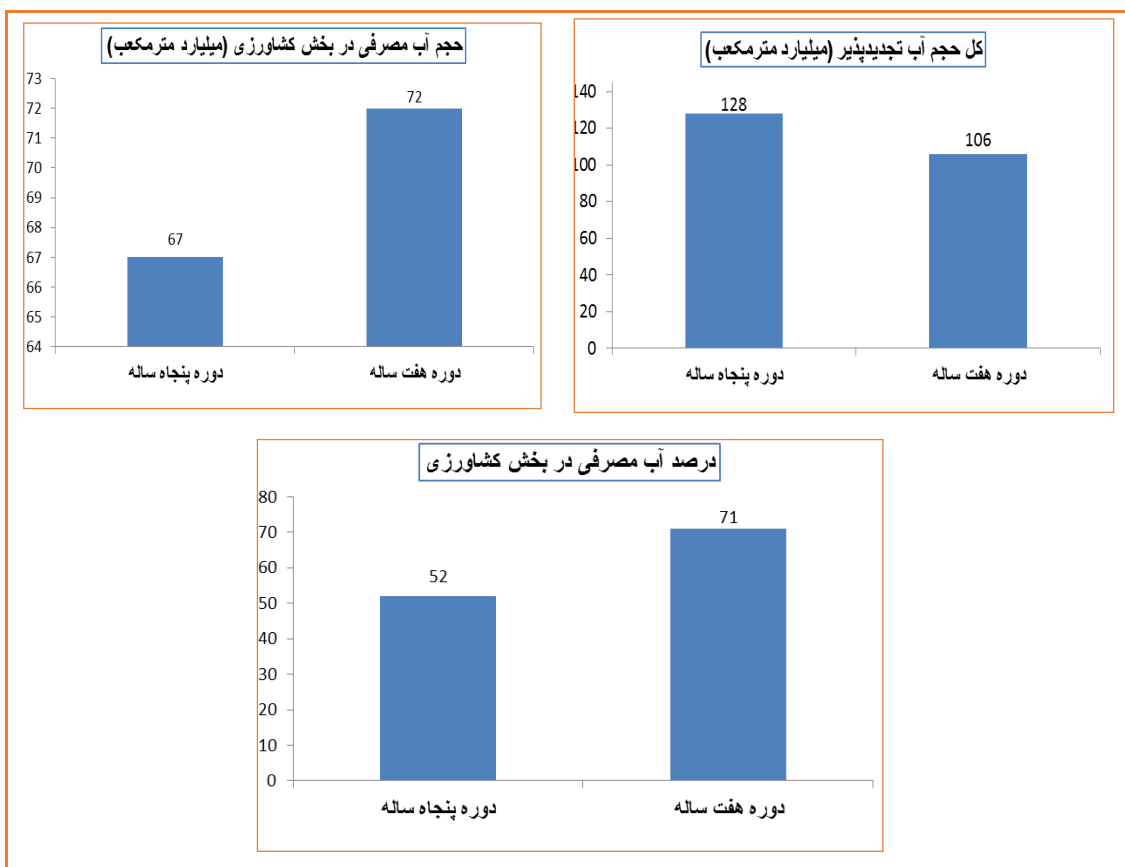
جدول ۱۶- مقدار حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور به استناد منابع مختلف

منبع	حجم آب (میلیارد مترمکعب) (میلیارد مترمکعب)	ردیف
مهندسین مشاور ماوراء بحار (۱۳۲۸)	۵۰۰	۱
نشریه شماره ۸ کمیته ملی آبیاری و زهکشی گنجی (۱۳۵۳)	۵۲۰ تا ۲۸۰	۲
وزارت نیرو (۱۳۵۵)	۴۹۰	۳
وزارت نیرو (۱۳۵۶)	۳۶۹	۴
Bureau of Water Planning and Development and Resources Corporation (1357)	۳۶۵	۵
کوچک پور (۱۳۵۹)	۴۴۰	۶
عطرچین (۱۳۵۹)	۴۰۰	۷
ایقانیان (۱۳۶۰)	۴۰۰	۸
قطبی (۱۳۶۰)	۴۰۰	۹
وزارت نیرو (۱۳۶۰)	۳۶۵	۱۰
موحدانش (۱۳۷۳)	۴۰۰	۱۱
قدرت‌نما (۱۳۷۷)	۴۰۰	۱۲
کشاورز و صادق زاده (۱۳۷۸)	۴۱۶	۱۳
محمد ولی سامانی (۱۳۸۴)	۴۱۳	۱۴
	۴۰۰	۱۵

بدین ترتیب ملاحظه می‌شود در خصوص حجم آب حاصل از بارش و حجم آب مصرفی در بخش‌های مختلف به‌ویژه در بخش کشاورزی اعداد و ارقام ارائه شده بسیار متفاوت بوده و در صحت و سقم آن‌ها نیز تردیدهای جدی وجود دارد. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی در سال‌های اخیر با توجه به اهمیت موضوع یاد شده برنامه‌ریزی گسترده‌ای برای تعیین حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی انجام داده است. در این راستا ابتدا اقدام به برآورد مولفه‌های بیلان آب در چرخه هیدرولوژی کشور و تعیین حجم مصرف آب در بخش کشاورزی بر اساس آن

نموده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴). سپس با بررسی محدودیت‌های روش بیلان آب در تخمین حجم مصرف آب در بخش کشاورزی، روش‌های دیگر انجام این مهم در دستور کار موسسه قرار گرفته است. بر اساس نتایج ناصری و همکاران (۱۳۹۴، ۱۳۹۶) برای دو دوره ۵۰ (بلند مدت) و هفت ساله (کوتاه مدت) مصرف آب در بخش کشاورزی به ترتیب ۵۲ و ۷۱ درصد از کل آب استحصال شده، بوده است. همان‌طور که اشاره شد، در پژوهش‌های گذشته حجم آب مصرفی همواره با روش‌های تخمینی مثل روش بیلان آب برآورد شده است. بدیهی است که روش‌های تخمینی دقیق نبوده و با خطا همراه هستند. لذا، اندازه‌گیری مستقیم حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در حال انجام است که ضمن برآورد دقیق‌تر حجم آب مصرفی، اطلاعات آن برای واسنجی و تدقیق روش‌های غیرمستقیم از جمله روش RS و بیلان آب هم کاربرد خواهد داشت. روش‌های تعیین یا برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی می‌شوند. از جمله روش‌های غیرمستقیم می‌توان به روش بیلان آب و برآورد آب مصرفی براساس نیاز خالص آب مورد نیاز گیاهان و راندمان کاربرد آب اشاره نمود. در روش مستقیم نیز میزان آب مصرفی محصولات زراعی و باغی در مزرعه با وسایل اندازه‌گیری دبی تعیین می‌شود. میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی با روش بیلان آب برای دوره درازمدت پنجاه‌ساله و کوتاه‌مدت هفت‌ساله (اخیر) بررسی و نتایج نشان داده است، میانگین پنجاه‌ساله و هفت‌ساله بارش در کشور به ترتیب  $249 \pm 53$  و  $206 \pm 33$  میلی‌متر است لذا میانگین حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی، برای دوره‌های آماری ۵۰ ساله و ۷ ساله به ترتیب معادل  $67 \pm 18$  و  $72 \pm 5$  میلیارد مترمکعب برآورد شد که به ترتیب حداکثر ۵۲ و ۷۱ درصد آب تجدیدپذیر را شامل گردید (شکل ۱۵). سناریوی دیگر، اندازه‌گیری مستقیم میزان آب مصرفی محصولات زراعی و باغی است که این مهم توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در حال انجام است. نظر به اهمیت و نقش آمارهای مرتبط با نحوه و میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، ایجاد مرکز آمار آب کشاورزی ایران در وزارت جهاد کشاورزی ضروری است.





شکل ۱۵- مقادیر حجم آب تجدیدپذیر، حجم و درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی  
(ناصری و همکاران، ۱۳۹۴؛ ۱۳۹۶)

### ۳- وضعیت شاخص‌های مدیریت منابع آب

#### ۳-۱- وضعیت سدهای ایران

سدسازی از جمله پروژه‌های عمرانی است که در سال‌های گذشته مورد توجه و اهتمام خاص مسئولین کشور بوده و اقدامات درخوری نیز در این خصوص در کشور انجام شده است. بطوری که امروزه کشور ایران با داشتن بالغ بر ۱۳۳۰ سد در دست مطالعه، اجرا و بهره‌برداری شده از جمله معدود کشورهای دارای تکنولوژی سدسازی و بهره‌برداری در این خصوص محسوب می‌شود. بر اساس آمارنامه شرکت مدیریت منابع آب ایران تعداد سدهای در حال بهره‌برداری، در دست اجرا و در حال مطالعه کشور به تفکیک دستگاه‌های اجرایی در جدول ۱۷ و شکل ۱۶ ارائه شده است (بی‌نام، ۱۳۹۷-الف). توزیع استانی تعداد سدها نشان می‌دهد استان‌های آذربایجان شرقی و غربی به ترتیب با ۱۱۸ و ۶۲ مورد بیشترین تعداد سد را در میان بقیه استان‌ها دارند. اگرچه سدسازی تا حد زیادی می‌تواند در مدیریت منابع آب موثر باشد، ولی عدم توسعه اصلی و عدم جامع‌نگری در این گونه پروژه‌ها می‌تواند اثرات سوء دیگری نظیر بحران زیست محیطی

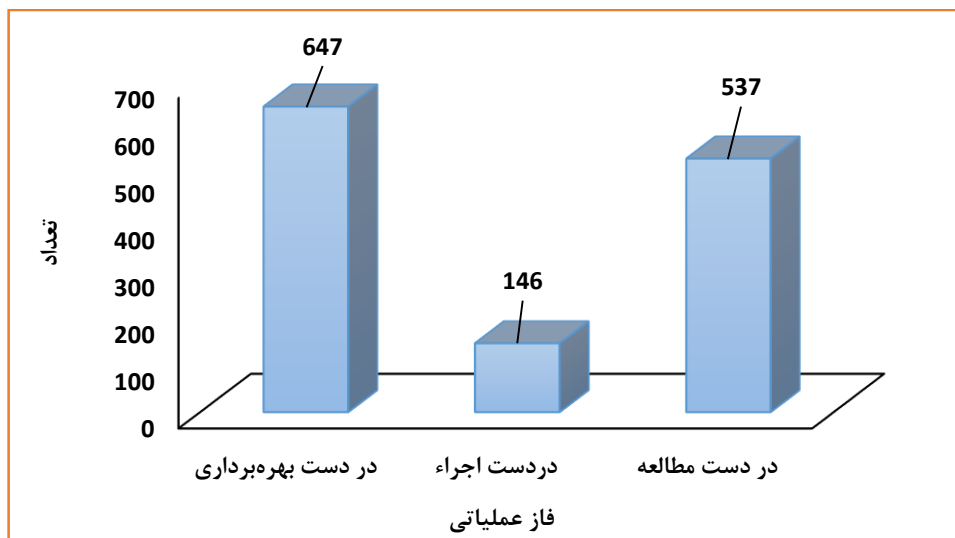
داشته باشد. همچنین مطابق جدول ۱۸ بررسی‌های انجام شده در این خصوص نشان می‌دهد ایران در صنعت سدسازی در چند دهه اخیر اقدامات زیادی انجام داده است و در مقایسه با سایر کشورهای جهان از رشد و توسعه بیشتری برخوردار بوده است. بطوری که این موضوع مطابق شکل ۱۷ در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ از شدت بیشتری برخوردار بوده است (بی‌نام، ۱۳۹۷-الف).

جدول ۱۷ - وضعیت کلی سدها در حوزه‌های آبریز اصلی کشور (بی‌نام، ۱۳۹۷-الف)

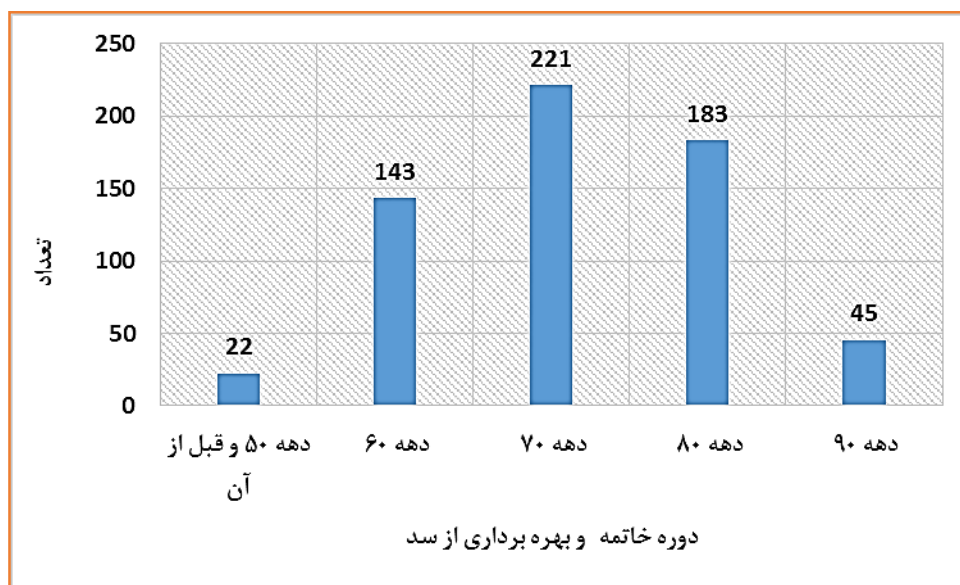
مجموع	تعداد سد			نام دستگاه اجرایی
	در دست بهره‌برداری	در دست اجراء	در دست مطالعه	
۸۹۲	۳۳۴	۱۲۴	۴۳۴	۲۹ شرکت آب منطقه‌ای استانها
۳۳	۷	۵	۲۰	سازمان آب و برق خوزستان
۴۲	۷	۱۱	۲۵	توسعه منابع آب و نیروی ایران
۳۶۱	۲۹۸	۶	۵۸	سازمانهای جهاد کشاورزی استانها
۱۳۳۰	۶۴۷	۱۴۶	۵۳۷	مجموع

جدول ۱۸ - مقایسه تعداد سدهای در حال اجرا و بهره‌برداری در جهان و ایران

ردیف	قاره	تعداد سد
۱	آفریقا	۷۲۶
۲	آسیا	۱۹۰۶
۳	اروپا	۲۵۳
۴	آمریکای شمالی	۱۴۲۴
۵	آمریکای جنوبی	۲۰۹۴
۶	استرالیا	۴۵۹
۷	ایران	۷۹۳

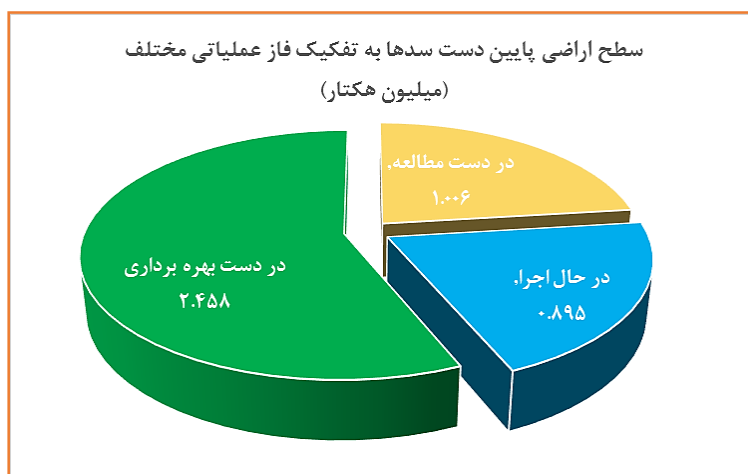


شکل ۱۶- تعداد سدهای ایران به تفکیک مراحل مختلف مطالعه، اجرا و بهره‌برداری



شکل ۱۷- روند توسعه سد سازی در کشور طی دهه‌های مختلف (سال خاتمه و شروع بهره‌برداری)

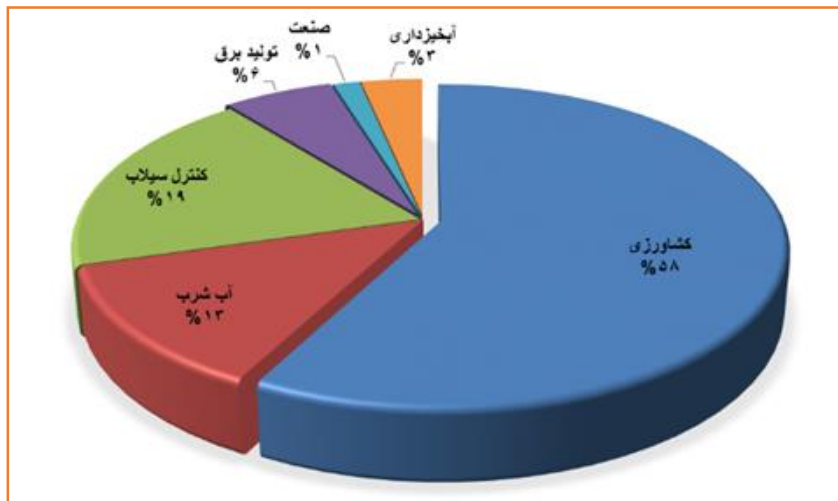
همچنین شکل ۱۸ وسعت اراضی پائین دست سدهای در دست بهره‌برداری، در دست ساخت و در دست مطالعه را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار که برگرفته از سایت شرکت مدیریت منابع آب می‌باشد کل اراضی پائین دست سدهای ملی ۴/۳۶ میلیون هکتار می‌باشد که از این مقدار ۲/۵ میلیون هکتار در حال بهره‌برداری، ۰/۸۶ میلیون هکتار پائین دست سدهای در دست اجرا و حدود ۱/۰۱ میلیون هکتار نیز پائین دست سدهای در دست مطالعه است.



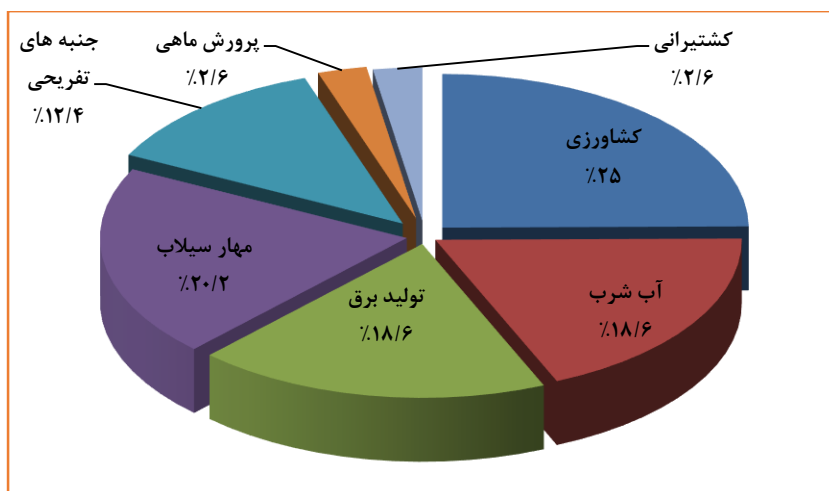
شکل ۱۸- وسعت اراضی پائین دست سدهای کشور (میلیون هکتار)

ارقام ارائه شده در شکل های ۱۶ و ۱۸ نشان می دهد که به طور کلی زمین های پایاب در حال مطالعه فعلی و آتی کوچکتر خواهند بود. همچنین سایت های مناسب برای احداث سد کاهش می یابند و بنابراین توسعه فیزیکی شبکه های مدرن زیر سد با محدودیت مواجه خواهد شد. عبارت دیگر با اتمام عملیات اجرائی سدهای در حال ساخت و در حال مطالعه و تکمیل شبکه های اصلی و فرعی آنها، کل اراضی زیر شبکه های مدرن نزدیک به ۴/۵ میلیون هکتار خواهد رسید. این بدان معنی است که حدود ۴ میلیون هکتار دیگر از کل اراضی آبی کشور از منابع آبی دیگر نظیر چاه، چشمه، قنوات و.. استفاده خواهند نمود. بدین ترتیب ملاحظه می گردد علیرغم پتانسیل زیاد در افزایش کمی شبکه ها و لزوم تکمیل شبکه های اصلی و فرعی ناقص توجه جدی به بهسازی شبکه های سنتی نیز ضروری است. با این حال مطابق شکل های ۱۹ و ۲۰، مقایسه اهداف سدسازی در ایران و جهان نشان می دهد اهداف اصلی سدسازی در ایران بیشتر بر تامین آب کشاورزی و گسترش اراضی آبی بوده است. در حالی که در سایر کشورها سایر اهداف سدسازی نظیر شرب، کنترل سیلاب، تامین برق و حتی ایجاد مناطق تفریحی و تفرجگاه نیز همسان با اهداف کشاورزی در الویت بوده است. در واقع صرف نظر از سایر اهداف و مزایای سدها در رابطه با تامین آب مورد نیاز شرب، صنعت، کشاورزی و تولید انرژی پاک برق آبی، جلوگیری از بروز خسارت های پر هزینه سیلاب نیز در واقع در این کشورها از دیدگاه اقتصادی و امنیتی مورد توجه بوده است. در کشور ژاپن که تقریباً ۵۰ درصد مردم در دشت های سیلابی زندگی می کنند، با احداث سدهای مخزنی تجربه بسیار موفقی در مهار سیلاب دارند. با توجه به تعداد زیاد سدها در کشور ایران، تنها از ۶ درصد کل سدها به منظور تولید انرژی برق آبی استفاده می شود که نسبت به جهان (تقریباً ۱۹ درصد) اختلاف قابل ملاحظه ای دارد. در حال حاضر انرژی موجود در آب، سهل الوصول ترین و تجدیدشونده ترین منبعی است که به منظور تولید برق

می‌توان از آن استفاده کرد. بنابراین یکی از روش‌های مهار بحران تقاضای انرژی کشور، استفاده از منابع تجدیدپذیر است که توصیه می‌شود به عنوان یکی از برنامه‌های توسعه کشور در نظر گرفته شود. با توجه به اهداف سدسازی در ایران و جهان و با مقایسه آن‌ها با هم مشاهده می‌شود، سهم توجه به جنبه‌های تفریحی در کشور ایران بسیار ناچیز است. بیشترین اختلاف بین اهداف سدسازی در ایران و جهان، به این موضوع برمی‌گردد. در ایران به دلیل اقلیم خشک سدسازی با اولویت تأمین آب شرب و کشاورزی صورت می‌گیرد در حالی که بهره‌برداری تفریحی از سدها علاوه بر تأمین هزینه‌های نگهداری آن‌ها، به توسعه اقتصادی منطقه نیز کمک می‌کند. در این راستا شناسایی سدهای پر جاذبه ایران و برنامه‌ریزی و توجه مسئولین گردشگری و وزارت نیرو به این مهم مورد تأکید قرار گرفته است.



شکل ۱۹- توزیع سدها بر اساس اهداف اصلی ساخت در ایران



شکل ۲۰- توزیع سدها بر اساس اهداف ساخت در دنیا

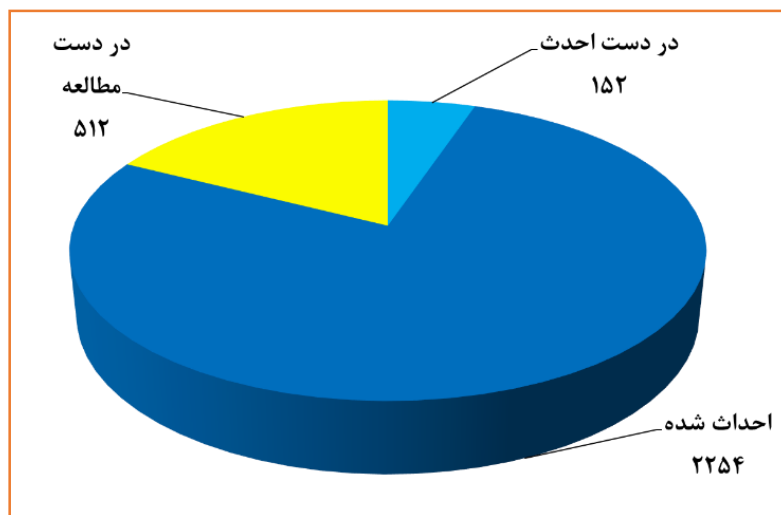
### ۳-۲- توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی

احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن در کشور بعنوان یکی از راهکارهای اساسی سازگاری با وضعیت بحرانی منابع آب و استفاده بهینه از منابع محدود آب همواره مورد توجه بوده است. خوشبختانه در سال‌های اخیر اهتمام جدی و اقدامات قابل توجهی در خصوص مدیریت تامین، انتقال و مصرف آب صورت گرفته است. به طوری که در این راستا، تاکنون بیش از ۲ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت آبی به شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی مجهز شده است. این در حالی است که براساس برنامه‌های توسعه‌ای کشور و پتانسیل‌های موجود این رقم به حدود ۴ میلیون هکتار قابل افزایش است. بدین ترتیب هنوز از نظر کمی توان بالقوه زیادی در افزایش سطح زیر شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی وجود دارد و با انجام این مهم حجم زیادی از منابع آب و خاک کشور در چرخه تولید قرار می‌گیرد. از طرف دیگر بررسی‌های انجام شده در خصوص عملکرد و وضعیت بهره‌برداری این شبکه‌ها نشان داده‌اند که اغلب آنها در مراحل مختلف بهره‌برداری دچار مسائل و مشکلات عدیده‌ای می‌گردند که در اثر این مشکلات اهداف اولیه این طرح‌ها مورد مخاطره قرار می‌گیرد. این مسائل که اغلب بصورت تخریب سازه‌ها بروز می‌نمایند، معلول عوامل متعددی نظیر مسائل مربوط به طراحی، اجراء، کیفیت مصالح مورد استفاده، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری، مسائل اجتماعی و فرهنگی و شرایط ژئوتکنیکی بستر و تکیه‌گاه سازه‌ها می‌باشند. نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده در این خصوص نشان داده‌اند که عدم توجه به مسائل کیفی در کنار توسعه کمی نه تنها باعث تخریب سازه‌ها در سال‌های اول بهره‌برداری گردیده، بلکه امر اصلاح و بازسازی را مشکل و غیراقتصادی می‌کند. با عنایت به مباحث کوتاه عنوان شده می‌توان دریافت که همزمان با توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی توجه و اهتمام ویژه به شاخص‌های کیفی و ارزیابی مستمر اثربخشی این گونه پروژه‌ها امری لازم و اجتناب‌ناپذیر است.

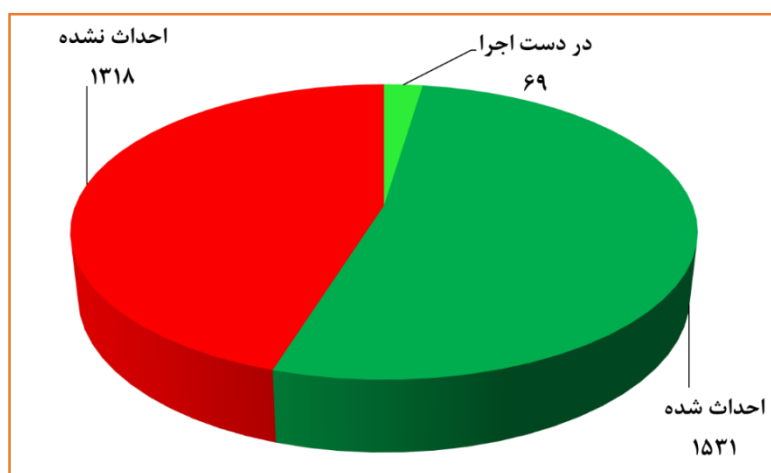
### وضعیت شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی

به دنبال توسعه سدهای و همزمان با بهره‌برداری از سدهای ساخته شده اغلب آن‌ها به شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی مجهز شدند. بر اساس آمار ارائه شده در سایت رسمی شرکت مدیریت منابع آب ایران تا اواخر سال ۱۳۹۷ حدود ۲/۹۱۸ میلیون هکتار از اراضی زراعی پایاب سدهای در حال بهره‌برداری تحت پوشش شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی قرار گرفته است. این شبکه‌ها از لحاظ وسعت بسیار متفاوت و از حدود ۳۰۰ هزار هکتار (اراضی پایاب سد کرخه) تا شبکه‌های کوچک با وسعتی کمتر از ۱۰۰ هکتار متغیر است. وسعت اراضی تحت پوشش شبکه‌های اصلی و

فرعی آبیاری و زهکشی در پایاب سدها به تفکیک فازهای عملیاتی مطابق شکل ۲۱ و ۲۲ بوده که در صورت تکمیل کلیه سدهای در دست اجرا و مطالعه، وسعت این شبکه‌ها در مجموع به حدود ۴ میلیون هکتار خواهد رسید.



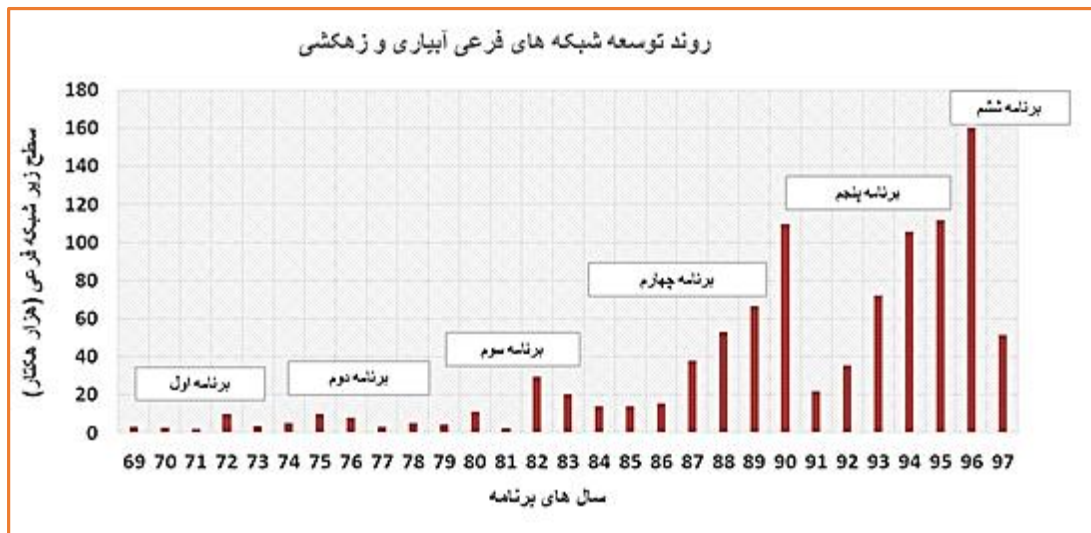
شکل ۲۱- وضعیت شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی به هزار هکتار (بی نام، ۱۳۹۷ - الف)



شکل ۲۲- وضعیت شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی به هزار هکتار (بی نام، ۱۳۹۷ - ب)

همزمان با احداث شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی که مسئولیت اجرایی آن بر عهده وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه می‌باشد، وظیفه توسعه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی مشتمل بر کانال‌های انتقال و توزیع درجه ۳ و ۴، تجهیز و نوسازی اراضی، پوشش انهار سنتی و عمومی نیز بر عهده وزارت جهاد کشاورزی بوده و در این راستا اقداماتی نیز توسط این وزارتخانه طی سال‌های اخیر صورت گرفته است. روند توسعه شبکه‌های فرعی آبیاری طی سال‌های مختلف

برنامه‌های توسعه‌ای کشور از ابتدای برنامه اول ( سال ۱۳۶۹) تا میانه برنامه ششم (سال ۱۳۹۷) در شکل ۲۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۳- روند توسعه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی طی برنامه‌های مختلف توسعه (بی‌نام، ۱۳۹۷-ب)

### ۳-۳- وضعیت راندمان‌های آبیاری در ایران

با توجه به پتانسیل‌ها و نیازهای روزافزون بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و حفاظت از سایر منابع زیستی، تامین آب مورد نیاز این بخش‌ها بسیار مشکل و روز به روز در حال حادتر شدن است. در این شرایط، یکی از راهکارهای مؤثر و عملی، استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است. در این میان، مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی که بخش عمده‌ای از مصارف آب در ایران و جهان را نیز شامل می‌شود، می‌تواند بسیار مؤثر و راهگشا باشد. بسیار روشن است که برای دستیابی به این موضوع مهم، شناسایی شاخص‌های اصلی مدیریت مصرف آب و تعیین این شاخص‌ها به روش‌های مناسب از ضروریات اجتناب‌ناپذیر است. راندمان‌های آبیاری، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی در برنامه-ریزی‌های کلان‌تأمین، تخصیص و مصرف اصولی آب در بخش‌های مختلف از جمله بخش کشاورزی به شمار می‌رود. در این راستا تعیین راندمان سامانه‌های آبیاری موجود و ارزیابی نحوه کار آن‌ها، از اقدامات لازم برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی‌های مرتبط با مصرف بهینه آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری است.

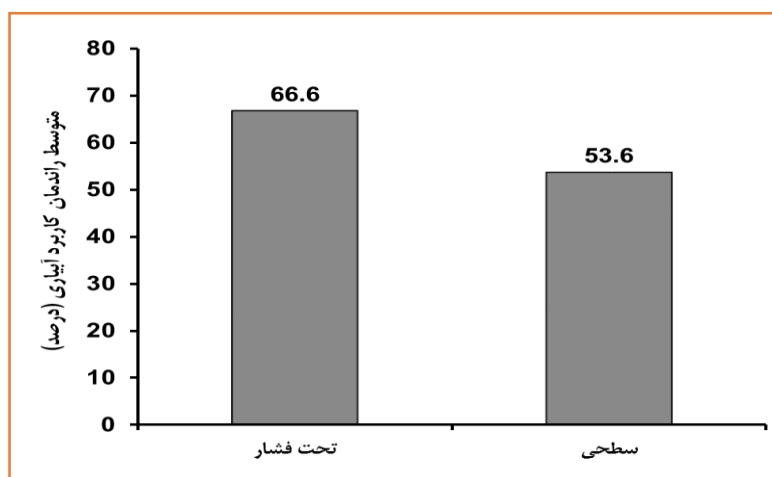
تاکنون مطالعات و تحقیقات زیادی در خصوص ارزیابی و تعیین راندمان آبیاری در کشور صورت گرفته است. بر اساس پژوهش‌هایی که اخیراً توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی صورت گرفته است، راندمان‌های



کاربرد، انتقال و توزیع و راندمان کل آبیاری در کشور در ۲۵ سال گذشته بررسی و روند تغییرات آن در بازه زمانی مورد مطالعه تحلیل شده است. در این مطالعه با بررسی جامع نتایج مطالعات و تحقیقات گذشته در سطح ملی و بین المللی، بیش از ۲۰۰ مورد مطالعه منتشر شده در خصوص راندمان‌های آبیاری در سطح کشور (حدود ۱۹۰۰ نوبت آبیاری اندازه‌گیری شده در مزرعه) طی سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ جمع‌آوری و بررسی و تجزیه و تحلیل شده است که در ادامه به ارائه نتایج بدست آمده از این پژوهش پرداخته شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴a و ۱۳۹۵). داده‌های جمع‌آوری شده در پژوهش مذکور نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در سطح کشور در موسسات تحقیقاتی، دانشگاه‌ها، وزارت نیرو، شرکت‌های مشاور و ... بوده است که در مزارع کشاورزان و با مدیریت آنها اندازه‌گیری شده‌اند. با توجه به کمیت و کیفیت داده‌های موجود، می‌توان دریافت که تاکنون گام‌هایی در خور و قابل توجه برای تعیین مقادیر راندمان‌های آبیاری در سطح کشور برداشته شده است. این داده‌ها دارای پراکنندگی موضوعی، مکانی و زمانی زیادی هستند و برای ارزیابی دقیق و جامع وضعیت راندمان‌های آبیاری، به اطلاعات جامع و کافی نیاز خواهد بود، ولی تحلیل مناسب همین اطلاعات موجود نیز می‌تواند تصویر اولیه و روشنی در اختیار متولیان صنعت آب کشور قرار دهد. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶/۰ درصد است؛ به طوری که متوسط این راندمان در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۵۵/۳، ۵۲/۹ و ۵۲/۵ درصد است. از بین روش‌های بارانی نیز روش رول‌لاین (آبفشان غلطان) و کلاسیک ثابت به ترتیب بیشترین (۶۶/۹ درصد) و کمترین (۵۲/۱ درصد) راندمان کاربرد را دارند و در آبیاری قطره‌ای این کمیت ۷۱/۱ درصد است. متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی به ترتیب ۶۶/۶ و ۵۳/۶ درصد است. با مقایسه روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار مشاهده می‌شود میانگین راندمان کاربرد آب در روش‌های آبیاری بارانی ۶۲/۱ و در روش‌های آبیاری قطره‌ای ۷۱/۱ درصد است (شکل‌های ۲۴ و ۲۵).



شکل ۲۴- مقایسه متوسط راندمان کاربرد در روش‌های آبیاری بارانی و موضعی

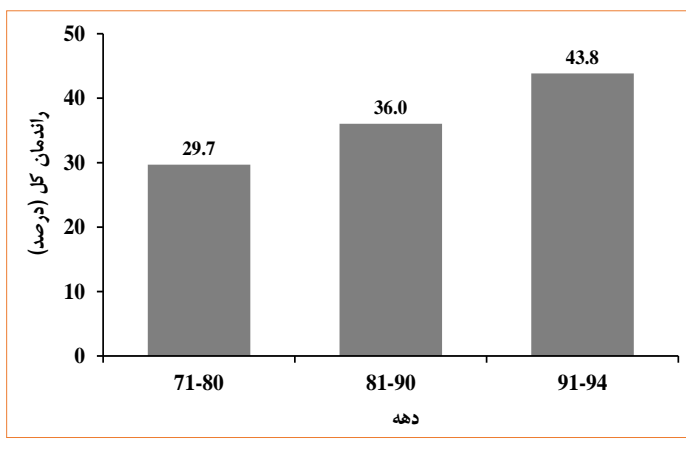
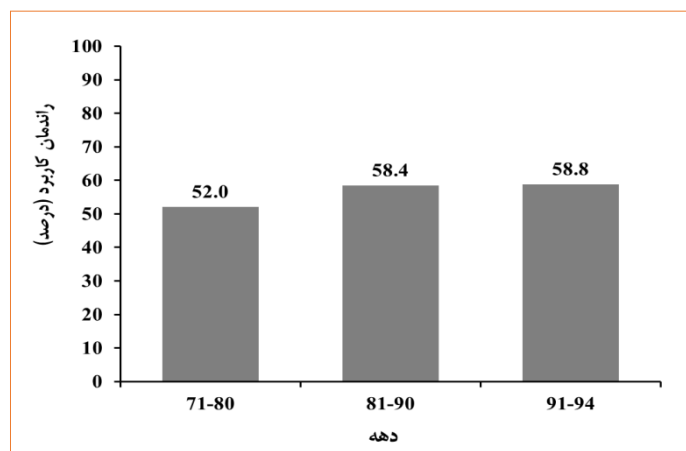
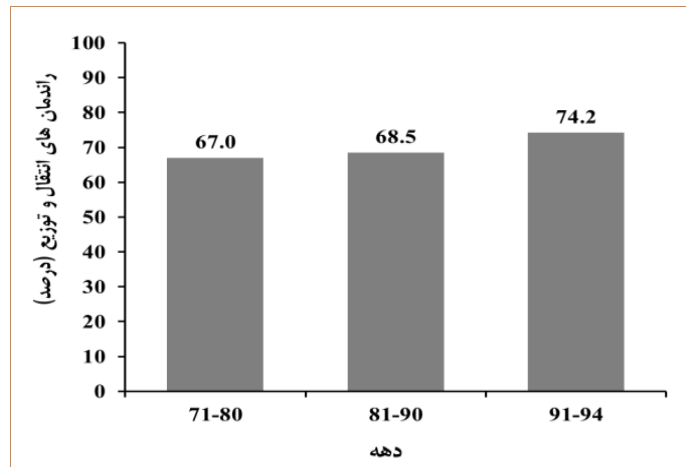


شکل ۲۵- مقایسه متوسط راندمان کاربرد در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی

با در نظر گرفتن پتانسیل راندمان کاربرد آب آبیاری در هر یک از سامانه‌های آبیاری در سطح کشور (سطحی، بارانی و موضعی به ترتیب برابر با ۶۵، ۸۵ و ۹۰ درصد)، متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری سامانه‌های فوق از راندمان پتانسیل کمتر است. فاصله وضعیت موجود تا پتانسیل در سامانه‌های سطحی حدود ۱۰ درصد و در سامانه‌های بارانی و موضعی حدود ۲۰ درصد است.

به طور کلی، آبیاری تحت فشار از روش‌های مؤثر در کاربرد آب است، هر چند میانگین راندمان کاربرد آن کمتر از حد انتظار است. علیرغم اینکه تا ۱۳۹۸ حدود ۲ میلیون هکتار از اراضی آبی مجهز به سامانه‌های آبیاری تحت فشار شده‌اند، ولی اغلب سامانه‌های اجرا شده با مشکلات مواجه بوده‌اند. بی‌توجهی به مسائل فنی در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از سیستم‌ها از دلایل عمده مشکلات موجود است. داده‌ها نشان می‌دهد که توسعه روش‌های آبیاری

تحت فشار منجر به افزایش حدود ۱۳ درصد در راندمان کاربرد آب آبیاری شده است. البته با اصلاح سامانه‌های سنتی نیز می‌توان راندمان آبیاری را با سرمایه‌گذاری خیلی کمتر تا حدود ۱۰ درصد افزایش داد. جمع‌بندی مطالعات نشان می‌دهد که روش آبیاری تأثیر مهمی بر یکنواختی توزیع آب در مزرعه دارد. در نزدیک به ۳۴ درصد از اندازه‌گیری‌ها، یکنواختی توزیع آب کمتر از ۶۷ درصد است. از میان سامانه‌های آبیاری سطحی، روش جویچه‌ای بیشترین یکنواختی توزیع آب را دارد. متوسط یکنواختی توزیع آب در روش‌های جویچه‌ای و نواری به ترتیب ۷۴ و ۶۶/۱ درصد است. در میان روش‌های آبیاری تحت فشار، آبیاری بارانی (عقره‌ای و خطی) با یکنواختی توزیع ۷۷/۷ درصد، بیش‌ترین و روش کلاسیک نیمه‌ثابت با متوسط ۵۹/۲ درصد، کمترین یکنواختی را دارد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، میانگین یکنواختی توزیع آب سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی به ترتیب ۷۲/۲ و ۷۰/۱ درصد و ضریب تغییرات در روش‌های فوق به ترتیب ۲۵/۳ و ۲۴/۳ درصد است. مقایسه دو روش آبیاری سطحی و تحت فشار نشان می‌دهد که اختلاف یکنواختی توزیع آب دو سامانه ناچیز است. بررسی روند تغییرات راندمان آب آبیاری طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد که راندمان کاربرد آب آبیاری در دو دهه ۸۰-۷۱ و ۹۰-۸۱ و سال‌های ۹۴-۹۱ به ترتیب ۵۸/۸ و ۵۸/۴ درصد بوده است. همچنین، راندمان انتقال و توزیع نیز در دهه‌های مذکور به ترتیب ۶۷/۰، ۶۸/۵ و ۷۴/۲ درصد بوده است. بدین ترتیب، مطابق شکل ۲۶ راندمان کل در دهه‌های یاد شده به ترتیب ۲۹/۷، ۳۶/۰ و ۴۳/۸ درصد برآورد شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). بدین معنی که از سال ۱۳۷۵ (نیمه دهه ۸۰-۷۱) به بعد راندمان کل آبیاری، هر سال حدود یک درصد رشد داشته است. به عبارتی، از سال ۱۳۷۵ به بعد روند افزایشی راندمان آبیاری مطابق مقادیر پیش‌بینی شده در برنامه‌های توسعه‌ای کشور (حدود ۱ درصد) بوده است.



شکل ۲۶- مقایسه راندمان کاربرد آب آبیاری، راندمان انتقال و توزیع آب و راندمان کل آب آبیاری به تفکیک سه دهه (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵)

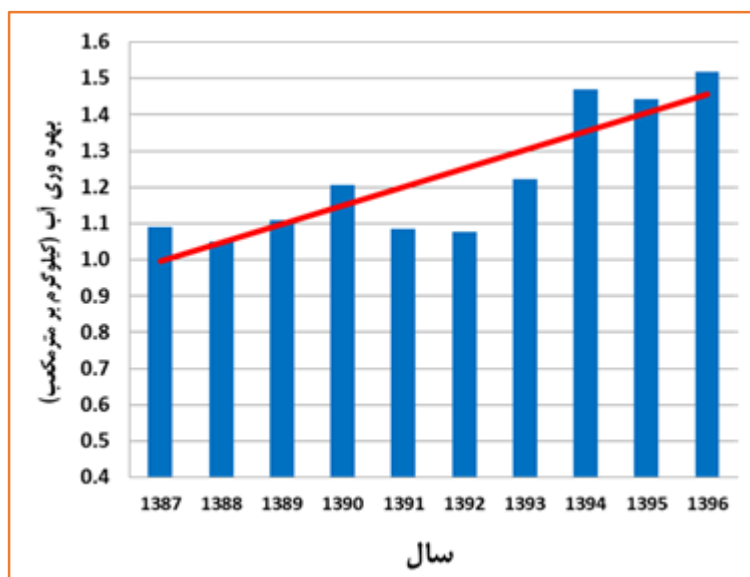
از علل مهم افزایش راندمان طی دهه اخیر، می توان به تجهیز و نوسازی اراضی، افزایش میزان آگاهی های بهره برداران در باره مسائل آب و خاک، گسترش شبکه های آبیاری، توسعه سامانه های نوین آبیاری، و ترویج و انتقال یافته های تحقیقاتی به بهره برداران اشاره کرد. نتایج ارزیابی راندمان کل آب آبیاری نشان می دهد که این مقدار راندمان

آب آبیاری با راندمان کل آبیاری در کشورهای در حال توسعه (۴۵ درصد)، فاصله چندانی ندارد که این فاصله ناچیز هم با توجه به روند رو به رشد، در آینده نزدیک به آن کشورها خواهیم رسید. اما در مقایسه با کشورهای توسعه یافته (که راندمان آب آبیاری در آن کشورها حدود ۶۰ درصد است) مقدار راندمان کل فاصله بیشتری دارد. هر چند شرایط اقلیمی کشور ما از نظر بارندگی و پتانسیل تبخیر، با شرایط اقلیمی خیلی از کشورهای دیگر متفاوت است. اندازه گیری‌های میدانی انجام شده توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی نشان می‌دهد که در اغلب مناطق کشور به دلیل کم-آبیاری اجباری محصولات زراعی و باغی، راندمان کاربرد آب آبیاری بیشتر از مقدار متوسط ۵۸/۸ درصد گفته شده در بالا است. این بدان معنا است که راندمان کل آبیاری کشور هم بیشتر از رقم ۴۳/۸ درصد فعلی (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) کشور است.

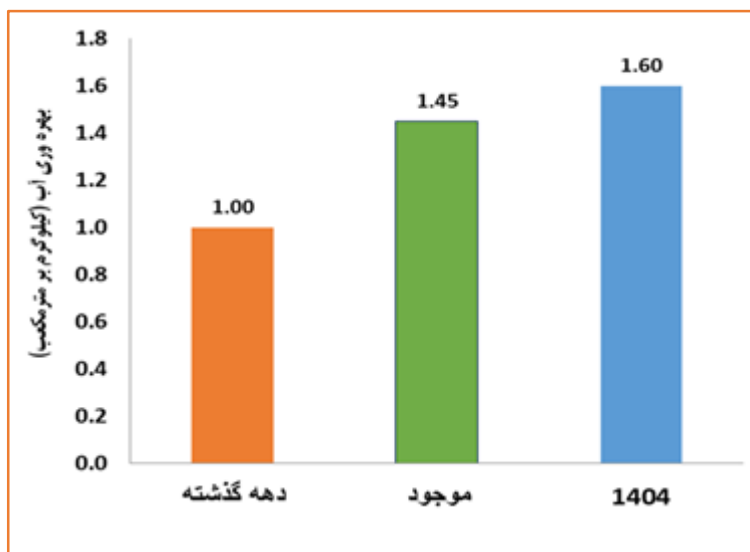
### ۳-۴- وضعیت بهره‌وری آب در کشور

بهره‌وری آب یکی از شاخص‌های مصرف بهینه آب آبیاری است. مطابق با تعریف کلی بهره‌وری آب، نسبتی است که در مخرج کسر آن آب کاربردی (آب آبیاری، بارش) و در صورت آن موارد زیادی از مفاهیم کمی قرار می‌گیرد. این موارد مشتمل بر عملکرد محصول، میزان درآمد (سود) خالص، میزان انرژی تولیدی، میزان ارزش افزوده و .... می‌شود. عموماً دو مفهوم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، کاربرد بیشتری داشته و در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق تعریف، بهره‌وری فیزیکی آب عبارت از مقدار محصول تولید شده به ازای واحد حجم آب مصرفی است که بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود. در بهره‌وری اقتصادی ارزش محصول تولید شده یا میزان سود مدنظر قرار می‌گیرد. به عبارتی، بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند، چقدر در آمد کسب می‌نماید. در این گزارش بهره‌وری فیزیکی آب که از این پس به‌طور ساده بهره‌وری گفته می‌شود، برای محصولات زراعی و باغی برآورد شده است. تعیین مقدار محصول تولیدی معمولاً ساده‌تر و براساس آمارهای رسمی قابل برآورد است ولی در خصوص میزان آب مصرفی، آمارها بسیار متفاوت است. در نتیجه کمیت بهره‌وری به شدت وابسته به آمار مربوط به حجم آب مصرفی بوده و تعیین بهره‌وری همواره با تردیدهایی همراه است. این شاخص در ابتدای برنامه توسعه چهارم بین ۰/۸ تا ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله نیز این شاخص ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب هدف گذاری شده استاس.

حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب، اخیراً توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برآورد شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶). همچنین براساس ارقام برآورد شده برای حجم آب مصرفی و آمار مربوط به تولید محصولات زراعی و باغی کشور در سال‌های مختلف، مقادیر بهره‌وری مصرف آب به تفکیک سال‌های مختلف تعیین شده است (شکل ۲۷). از آنجایی که در این بررسی بهره‌وری محصولات آبی مدنظر بوده است، تولیدات زراعی و باغی در اراضی آبی در تعیین بهره‌وری آب لحاظ شده است. شاخص بهره‌وری آب در کشور در سال‌های گذشته روند صعودی با شیب ۰/۰۴۵ کیلوگرم در سال داشته و از حدود ۱/۰ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۸۷ به حدود ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۶ رسیده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۸). این بدان معنی است که بهره‌وری آب در دو برنامه توسعه چهارم و پنجم بطور متوسط در هر سال ۰/۰۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش پیدا کرده که به معنای اثربخشی فعالیت‌های انجام شده در کشور است. در مجموع، فعالیت‌های انجام شده در کشور در خصوص "افزایش تولید" و "کاهش حجم آب مصرفی" دو دلیل اصلی افزایش بهره‌وری آب در کشور بوده است. با ادامه این روند افزایشی، امکان تحقق هدف گذاری انجام شده در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله برای این شاخص (۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) نیز میسر خواهد بود (شکل ۲۸).



شکل ۲۷- روند تغییرات بهره‌وری آب در سال‌های ۱۳۸۷-۹۶



شکل ۲۸- مقایسه وضعیت گذشته و موجود بهره‌وری آب با مقدار هدف گذاری شده در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله

اگرچه عدد هدف گذاری شده (۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) یک برآورد کلی و حجمی است اما بر اساس نگاه تخصصی و درک عمیق مباحث مربوط به بهره‌وری آب، باید به دنبال هویت‌شناسی بهره‌وری آب و تعیین اجزای آن برای هر یک از محصولات بود. بدیهی است آنچه که مبنای تصمیم‌گیری برای اصلاح الگوی کشت و تدوین الگوی تولید پایدار و اقتصادی است، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی هر یک از محصولات خواهد بود و نه بهره‌وری کل؛ به نحوی که لازم است عدد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی اختصاصی برای تک تک محصولات تعیین و تحلیل شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). این مهم از سال ۱۳۹۵ در دستور موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی قرار گرفته و بهره‌وری فیزیکی محصولات زراعی و باغی در مناطق مختلف در حال اندازه‌گیری است که نتایج آن متعاقباً در گزارش‌های بعدی ارائه خواهد شد.

شاخص بهره‌وری آب، اگرچه معیار بسیار مهمی در تصمیم‌گیری و تعیین مزیت کشت محسوب می‌شود، اما گاهی قيودات حاکم بر ساختار کشاورزی، مثل کیفیت آب، جنبه‌های زیست‌محیطی، ریسک تولید و بازار، فرآوری و حتی مسائل اجتماعی و سیاسی، سبب می‌شود که تصمیمات مدیریتی متناسب با شرایط گرفته شود. شاخص بهره‌وری آب صرفاً متأثر از برنامه و سامانه آبیاری نبوده و عوامل مهم و فراوانی در آن دخالت دارند که عبارتند از: آب و آبیاری (کیفیت و کمیت آب، منبع آب، نظام و روش آبیاری، نیاز آبی و آبیاری، برنامه آبیاری، ماشین‌های آبیاری، نوسانات

سطح ایستابی و زهکشی، مدیریت زراعی، کم آبیاری، پارامترهای اقلیمی، آبیاری تکمیلی و تک آبیاری، استحصال و جمع آوری آب باران)، خاک و تغذیه، گیاه، اقلیم، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، اقتصاد و بازار، فرآوری و بسته‌بندی، قوانین و برنامه‌ریزی، ماشین‌های کشاورزی، الگوی تولید و الگوی کشت.

توسعه مکانیزاسیون یکی از عوامل اصلی و تاثیر گذار در افزایش تولید و بهره‌وری مصرف نهاده‌های حوزه کشاورزی از جمله آب به شمار می‌رود. مباحثی چون کارکرد ماشین‌های کشاورزی (تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت)، مدیریت آب و خاک در کشاورزی حفاظتی، مدیریت و بهبود کارآیی انرژی، مدیریت تنش‌های محیطی از موارد موثر در بهبود تولید و افزایش بهره‌وری محسوب می‌شود. امروزه تولید انواع محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل شده، به دلیل امکان فراهم ساختن شرایط مناسب برای تولید حداکثر و حتی خارج از فصل و نیز کنترل میزان مصرف نهاده‌های کشاورزی و سعی در کاهش مصرف آن‌ها به ویژه آب، مورد توجه خاص قرار گرفته است. افزایش عملکرد توأم با کاهش مصرف آب و در نتیجه افزایش قابل توجه در بهره‌وری آب، از جمله مواردی هستند که در گلخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. اگرچه برای غلبه بر چالش امنیت غذایی راه‌حلی مانده، افزایش سطح زیر کشت و عملکرد، افزایش نهاده‌های کشاورزی، کنترل جمعیت و رشد مصرف، افزایش واردات و ... ارائه شده است اما هر یک از این موارد با محدودیت‌های اجرایی خاص خود مواجه‌اند.

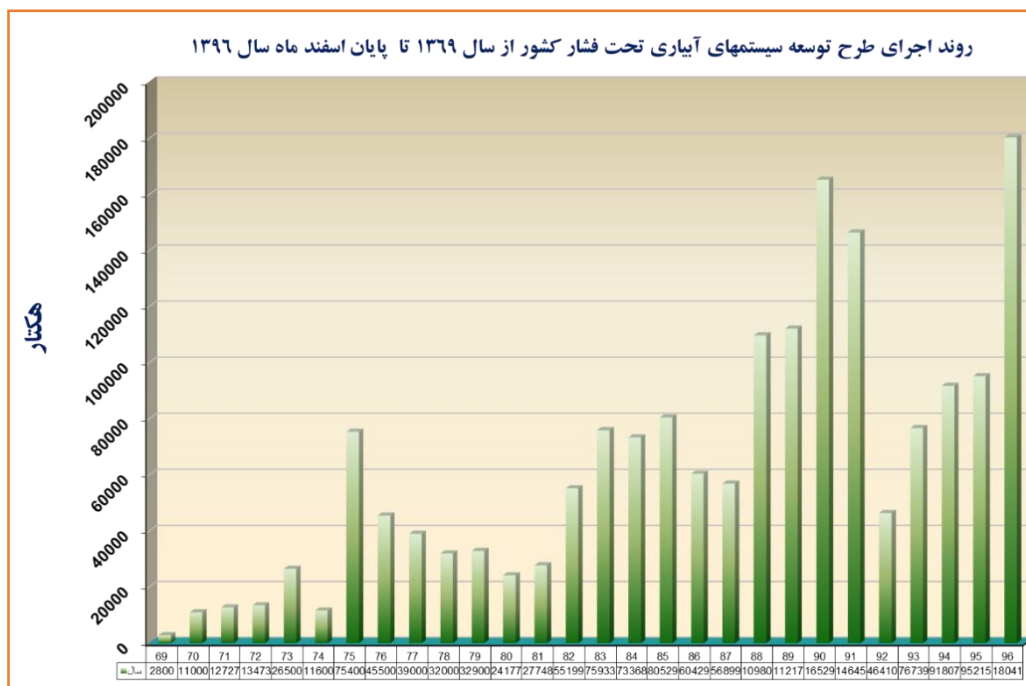
نکته مهم در خصوص ارتقای بهره‌وری آب که باید در برنامه‌های آتی کشور مدنظر قرار گیرد آن است که برای ارتقای بهره‌وری آب دو راهبرد کلی شامل روش‌های مستقیم و روش‌های غیرمستقیم وجود دارد. در روش‌های مستقیم با افزایش صورت کسر بهره‌وری، کاهش مخرج کسر و یا با روش‌های تلفیقی همزمان با کاهش مخرج کسر، صورت کسر نیز افزایش یابد. در روش‌های غیرمستقیم، اساساً به فرآیندهایی پرداخته می‌شود که اگرچه بسیار اهمیت دارد و برای آن نهاده‌های مختلف مصرف شده، اما کمتر مورد توجه واقع شده‌اند. کاهش ضایعات محصول از زمان برداشت تا رسیدن بدست مصرف کننده، کاهش تلفات انرژی ماشین‌های کشاورزی و آبیاری، کاهش آبشویی کودها و خسارات ناشی از مخاطرات بخش کشاورزی از جمله این اقدامات هستند که بطور غیرمستقیم در بهبود بهره‌وری آب موثر می‌باشند. با توجه به وضعیت موجود مقادیر شاخص‌های راندمان آبیاری و بهره‌وری مصرف آب و روند افزایشی آنها، به نظر می‌رسد که کشور در آینده نزدیک به مقادیر هدف گذاری شده در برنامه‌های بالادستی (مقادیر پتانسیل) نزدیک شده و راهبردهای مستقیم دیگر تاثیر چندانی در ارتقای شاخص‌های ذکر شده نخواهند داشت. از این رو، پیشنهاد می‌شود راهبردهای غیرمستقیم از جمله کاهش ضایعات محصولات کشاورزی در اولویت قرار گیرد. لذا عملی‌ترین راه، استفاده



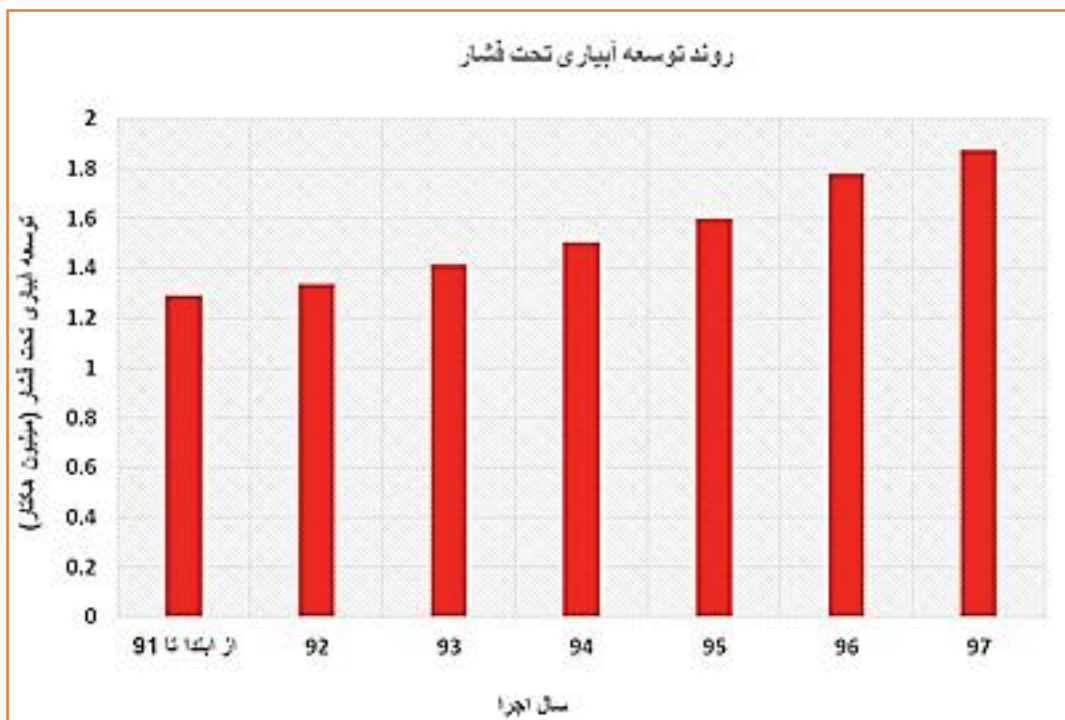
بهینه از تولیدات موجود، و در رأس آنها کاهش ضایعات است. فرآوری و کاهش ضایعات در حقیقت نوعی افزایش بهره‌وری منابع تولید است.

### ۳-۵- توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در ایران

یکی از اقدامات زیربنایی مهمی که در حوزه آب و خاک طی سال‌های مختلف برنامه‌های توسعه‌ای کشور در راستای بهبود بهره‌وری مصرف آب صورت گرفته توجه خاص به توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار است. به طوری که تاکنون حدود ۲ میلیون هکتار از اراضی کشور به انواع سامانه‌های آبیاری تحت فشار مجهز شده است. عملکرد سالانه توسعه این سامانه‌ها طی سال‌های مختلف برنامه‌های توسعه‌ای کشور از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۶ در شکل ۲۹ و عملکرد کلی اجرای سامانه‌های آبیاری مطابق شکل ۳۰ ارائه شده است (بی نام، ۱۳۹۷). همانطوری که از شکل‌های ۳۰ و ۳۱ قابل ملاحظه است، طی سال‌های گذشته بطور متوسط سالانه حدود ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی آبی به سامانه‌های مختلف آبیاری تحت فشار مجهز گردیده است. این روند در سال‌های اخیر از روند رشد بیشتری برخوردار بوده است بطوری که در سال ۱۳۹۶ عملکرد اجرایی این سامانه‌ها بیش از ۱۸۰ هزار هکتار بوده است. همچنین بر اساس برنامه‌های پیش بینی شده از جمله بندهای الف و ب ماده ۳۵ برنامه ششم توسعه کشور، وزارت جهاد کشاورزی مکلف به توسعه سامانه‌های نوین آبیاری گردیده است.



شکل ۲۹- روند توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار (بی نام، ۱۳۹۷)



شکل ۳۰- عملکرد کلی توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار تا آذرماه ۱۳۹۷ (بی‌نام، ۱۳۹۷)

### انواع سامانه‌های نوین آبیاری اجرا شده در کشور

اعداد و ارقام ارائه شده در شکل‌های ۳۰ و ۳۱ مربوط به مجموع انواع مختلف سامانه‌های آبیاری تحت فشار می‌باشند. در این سامانه‌ها انواع مختلفی با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هر یک از سامانه‌های آبیاری خصوصیات ویژه‌ای دارند که کاربردهای عام و یا خاصی بر آن‌ها مترتب است و بحث‌های اقتصادی به تنهایی نمی‌تواند تعیین کننده باشد. در این بخش و در ادامه مختصری از ویژگی‌های هر یک از این روش‌ها ارائه شده است.

### سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

بطور کلی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه سیستم‌های قطره‌ای بیشتر از سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی است. بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغات (در صورت استاندارد بودن لوازم) حداقل تا ۲۰ سال بدون نیاز به هزینه خاصی انجام می‌پذیرد. اما در آبیاری قطره‌ای محصولات زراعی، به دلیل نیاز به جایگزینی سالانه نوارهای آبیاری، هزینه بسیار زیادی به کشاورز تحمیل می‌کند که این امر باعث می‌شود، کشاورزانی که امکانات و تمکن مالی کمی دارند، با استفاده از اعتبارات رایگان دولتی، نسبت به احداث سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در زراعت اقدام نموده و در

سال‌های بعدی به دلیل عدم توانایی مالی و یا تمایل به جایگزینی نوارها، در برخی موارد بهره‌برداری از سیستم آبیاری در زراعت‌ها متوقف شود.

### ماشین‌های آبیاری

ماشین‌های آبیاری به سیستم‌های آبیاری تحت فشاری اطلاق می‌شوند که در زمان حرکت قادر به آبیاری بوده و مانند سنتریوت و لینیئر سازه‌های آنها عمدتاً از فولاد تشکیل شده است. اگرچه هزینه تجهیزات اولیه آنها در اراضی کوچک زیاد است ولی هزینه بهره‌برداری از آنها کم بوده و طول عمر بهره‌برداری از آنها می‌تواند دراز باشد. ضمن اینکه بالاترین راندمان آبیاری را در بین سایر سیستم‌های بارانی دارند. هرچند لازم است حداقل سطح، به لحاظ داشتن توجه اقتصادی تعریف گردد، هزینه انرژی مصرفی این سیستم‌ها هم با توجه به پاشنده‌های جدید و ارتفاع قابل تنظیم آنها، در اغلب موارد بر سایر سیستم‌ها رجحان دارد.

### سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک و رول لاین

هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمتری نسبت به برخی از سامانه‌های بارانی دارند ولی هزینه‌های کارگری و بهره‌برداری آنها زیادتر از سایر سامانه‌ها بوده و استهلاک زیادی نیز دارند. همین مشکل باعث شده است که این سامانه‌ها که در دهه قبل با استقبال کشاورزان مواجه بود، به تدریج محبوبیت خود را از دست داده و تعداد قابل توجهی از کشاورزان اقدام به جمع‌آوری آنها نمایند.

### آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آپاش‌های جابجا شونده

به رغم سرمایه‌گذاری اولیه و نیاز به انرژی زیاد (بیشتر از سایر سیستم‌های بارانی)، به دلیل سهولت در بهره‌برداری و عدم مصنویت در برابر سرقت لوازم، در سال‌های اخیر خواهان زیادی پیدا کرده است. ولی این سامانه در آینده‌ای نه چندان دور با افزایش و واقعی شدن هزینه انرژی محبوبیت خود را از دست خواهد داد و به سرنوشت سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک متحرک و رول لاین دچار خواهد شد.

### آبیاری بارانی قرقره ای یا گان

این سامانه در سایر نقاط دنیا بیشتر برای آبیاری‌های تکمیلی استفاده می‌شود و از دو بخش بوم و گان تشکیل شده است. قسمت بوم با استفاده از آپاش‌های نوع اسپریر برای سبز کردن بذر استفاده می‌شود و پس از سبز شدن بذر و استقرار بوته، آبیاری با استفاده از آپاش گان (با فشار و دبی زیاد) ادامه پیدا می‌کند. برای کارکرد این سامانه نیاز به یک موتور دیزل و یا تراکتور می‌باشد و همانند روش کلاسیک ثابت رایزر متحرک نیاز به انرژی بیشتری است. این سامانه

آبیاری در ابتدای طرح گسترش سطح تحت پوشش آبیاری‌های تحت فشار در کشور، بدون دستگاه بوم وارد کشور شد و شرکت‌های سازنده داخلی نیز همین روش را برای تولید، سرلوحه کار خویش قرار دادند. سازمان‌های جهاد کشاورزی نیز در برخی موارد بدون مطالعه این سامانه را با استفاده از یارانه‌های دولتی و بدون توجه به امکانات فنی کشاورزی، دبی در اختیار طرح، نوع و مرحله کشت گیاه و آموزش بهره‌بردار (مخصوصاً در استان‌های غربی کشور) در اختیار کشاورزان قرار دادند. کشاورزان در اولین مراحل آبیاری متوجه خسارت این سامانه ناقص (بدون بوم) به گیاه، مخصوصاً در مرحله سبز شدن شده و بارها کردن آن به سراغ سیستم‌های آبیاری سطحی روی آوردند. البته در سال‌های اخیر، شرکت‌هایی (واردات یا ساخت داخل کشور) مجدداً برای فروش سیستم‌های آبیاری قرقره‌ای همراه با بوم، اقدام به بازاریابی کرده و آنرا به عنوان یک سامانه آبیاری جدید معرفی می‌کنند.

### مقایسه کلی انواع روش‌ها

هر یک از سامانه‌های آبیاری تحت فشار به طور بالقوه دارای مزایایی هستند که اگر نکات لازم و اختصاصی آن‌ها در طراحی، اجرا و بهره‌برداری رعایت گردد، می‌توانند بسیار مفید و موثر واقع گردیده و موجبات بهبود کیفی و کمی محصول، افزایش کارایی مصرف آب و کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی را فراهم آورند. اما متأسفانه حرکت شتاب زده در مسیر گسترش سطح تحت پوشش سامانه‌های آبیاری تحت فشار و فقدان یک سیستم دقیق آموزشی، اجرایی، نظارت و ارزیابی و نیز ارائه اعتبارات رایگان بدون کنترل‌های لازم، و ... منجر به جمع‌آوری این سامانه‌ها در برخی موارد و یا تغییر سامانه آبیاری اجرا شده به سیستم سطحی شده و علیرغم هزینه‌های زیاد کارایی لازم و قابل قبول را نداشته باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴b).

### ارزیابی وضع موجود سامانه‌های نوین آبیاری

با توجه به اعداد و ارقام ارائه شده در شکل‌های ۲۷ و ۲۸، اگرچه از نظر کمی هنوز راه نرفته زیادی در این زمینه در پیش رو است، اما بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که به لحاظ کیفی در برخی موارد، اهداف اولیه پروژه‌ها، به طور کامل محقق نشده است. در اغلب نقاط دنیا و یا کشورهای پیشرو در زمینه آبیاری تحت فشار، نوع سیستم آبیاری و سازگاری آن در یک منطقه، بر اساس شاخص‌های متعددی از قبیل؛ سرعت باد، دما، کیفیت و کمیت آب، پارامترهای هیدرودینامیکی و فیزیکی خاک، توپوگرافی و مشخصات زراعی گیاه و .... تعیین می‌شود. در صورتی که در ایران دقت کافی در توسعه این روش‌ها به عمل نیامده و در اکثر موارد در عمل به این جنبه‌های فنی کمتر توجه شده و توسعه فیزیکی

- در اولویت اصلی بوده است. این امر موجب شده است در برخی مناطق، اهداف مورد انتظار محقق نگردد که نمونه‌هایی از این موارد به شرح ذیل، مورد اشاره قرار می‌گیرند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴b):
- در طراحی‌ها به سرعت باد کمتر توجه شده و صرفاً ممکن است به عنوان مشخصات اقلیمی در دفترچه‌های طراحی قید شده باشد، در حالی که در انتخاب سامانه‌های بارانی، باد نقش بسیار تعیین کننده‌ای دارد.
  - کیفیت آب، تاثیر قابل توجهی در گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای، مسمومیت گیاه در سامانه بارانی، افزایش شوری در پروفیل خاک و تجمع املاح در سطح خاک دارد. این عامل در بسیاری از مناطق کشور برای آبیاری‌های تحت فشار، خارج از استانداردهای بین‌المللی بوده و استاندارد خاصی نیز برای درجه تناسب سیستم‌های آبیاری نوین با کیفیت آب تدوین نشده است.
  - از نظر کمیت آب نیز به خاطر برخورداری از تسهیلات بلاعوض بیشتر، قریب به اتفاق طراحی‌ها عمدتاً بر اساس دبی پروانه چاه‌ها انجام شده است. در حالی که ممکن است امکان برداشت دبی معادل پروانه از چاه وجود نداشته باشد. این امر نیز باعث شده است که سامانه‌های آبیاری تحت فشار تاثیری بر کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی و کاهش بحران آب اکثر دشت‌ها نداشته باشد. حتی منجر به افزایش سطح زیر کشت و برداشت از سفره آب زیرزمینی شده است که هر دو اتفاق مذکور بر خلاف اهداف اولیه توسعه سطح آبیاری تحت فشار و مغایر با سیاست‌های وزارت متبوع در عدم توسعه سطح زیر کشت است.
  - مشخصات هیدرودینامیکی و فیزیک خاک نیز در همه طراحی‌ها بطور کامل رعایت نشده است. در قریب به اتفاق طرح‌های آبیاری تحت فشار، طراحان صرفاً دیدگاه هیدرولیکی داشته و مسائل مربوطه رعایت شده است که اثرات این عوامل در شروع بهره‌برداری نمایان می‌گردد. در حالی که اثرات سایر عوامل در دراز مدت ظهور پیدا می‌کند.
  - علاوه بر مسائل فوق، در طراحی سیستم‌های آبیاری (شبکه، کانال، لوله و ...) دیدگاه حفظ خاک‌ها، محیط زیست و مسائل مرتبط با حیات وحش موجود کمتر مورد توجه بوده است که اثرات مخرب آن بر کشاورزی و محیط زیست در آینده نمایان‌تر خواهد شد.

#### ۴- چالش و تهدیدها منابع و مصارف آب در ایران

علیرغم فرصت‌ها و ظرفیت‌های بسیار زیاد و مناسب کشور از نظر منابع طبیعی و خدادادی از جمله؛ تنوع اقلیمی، وضعیت ژئوپلیتیکی، تنوع گونه‌های جانوری و گیاهی، دشت‌ها، جنگل‌ها، کوه‌ها، رودها و دریاچه‌ها، و حتی کویرهای

به ظاهر خشن ولی مستعد برخورداری از انرژی خورشیدی و ... که به برخی از آنها در بخش‌های قبلی گزارش اشاره شد، مسائل و چالش‌هایی نیز وجود دارند که نیازمند نگاه خردمندانه و مدیریت هوشمندانه است. عمده‌ترین چالش‌های بنیادی در رابطه با منابع آب در ایران را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- محدودیت ذاتی آب،
- توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارش‌ها،
- افزایش جمعیت و تقاضا در بخش‌های مختلف مصرف آب،
- کاهش کیفیت آب،
- تغییر اقلیم و خشکسالی
- نبود داده‌های آماري پایه دقیق و قابل اعتماد
- حکمرانی غیراصولی و مدیریت غیریکپارچه منابع آب
- مسائل سیاسی و اجتماعی
- عدم اجرای سیاست‌ها و قوانین مربوط به آب در کشور
- عدم/ضعف نظارت بر اجرای سیاست‌ها و قوانین در حوزه آب
- تعداد زیاد بهره‌برداران، سن بالا و کم سوادى آنها
- تعداد زیاد چاه‌های غیرمجاز

ایران سرزمینی کوهستانی است که بخش اعظم آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد. مهم‌ترین معیار برای تعیین درجه خشکی در یک منطقه، رابطه‌ی بین مقدار بارندگی (سالانه) و تبخیر (توان تبخیری محیط) است. هر اندازه مقدار باران نسبت به توان تبخیر کمتر باشد درجه خشکی آن منطقه بیشتر است. به جز نواحی محدودی از ایران (حاشیه ی دریای خزر) در سایر مناطق توان تبخیر به مراتب بالاتر از مقدار واقعی بارندگی است. مثلاً در یزد میانگین سالانه ی بارندگی ۶۰ میلی‌متر است حال آنکه در این منطقه توان تبخیری محیط ۳۹۰۰ میلی‌متر می‌باشد. لذا خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و بر اساس تقسیم‌بندی سازمان‌های جهانی منابع آب، اکثر نقاط کشور ایران دارای شرایط بحران فیزیکی آب بوده و این امر همواره به عنوان یک عامل محدود کننده فعالیت‌ها در کشور مطرح است.

برداشت بی رویه آب از آب‌های زیرزمینی یکی دیگر از مسایل اساسی کشور در بخش آب به شمار می‌آید که در حال حاضر مشکلات جدی را در کشور پدید آورده است. به همین دلیل نیز در بسیاری از نواحی کشور سطح سفره‌های

آب زیر زمینی افت کرده و با توجه به خشکسالی‌های اخیر، افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی تشدید شده که خسارت‌های غیر قابل جبرانی را بر منابع آبی زیرزمینی کشور وارد آورده است (بی نام، ۱۳۸۷).

در کنار کاهش کمیت منابع آب، انتشار پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری نیز از دیگر عوامل تهدید کننده منابع محدود آب کشور محسوب می‌شوند. علاوه بر عوامل محیطی (شامل میزان بارش، نوع بارش، تغییر اقلیم و نیز تغییر نوع بارش)، عوامل متعددی دیگری نیز وجود دارند که در راستای تشدید عوامل محیطی عمل می‌نمایند. جمعیت و مصرف هر دو عواملی هستند که همواره در حال تغییر بوده و با رفتارهای بشری قابل کنترل، اصلاح و مدیریت می‌باشند. این عوامل در صورت بی توجهی می‌توانند عوامل محیطی را به شدت تشدید نمایند. افزایش جمعیت، به طور طبیعی افزایش نیاز به غذا، شرب و بهداشت، تکنولوژی و صنعت را به دنبال دارد. این عوامل هر یک به نوبه خود آهنگ رشد تقاضا برای انواع مصارف آب را دارند؛ به گونه‌ای که امروزه نزدیک به ۷۰ الی ۸۰ درصد از منابع تجدید شونده آب مورد مصرف قرار می‌گیرد. این در حالی است که بر اساس استانداردهای جهانی این شاخص حداکثر ۴۰ درصد می‌باشد. بخش‌های صنعت و خدمات نیز هر کدام سهم ویژه‌ای چه در میزان مصرف و چه در بعد کیفیت آب دارند. مصرف آب بخش صنعت کشور حدود یک میلیارد مترمکعب در سال است که حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد آن به صورت فاضلاب‌های صنعتی در محیط زیست تخلیه می‌شود. بر اساس اطلاعات مرکز آمار ایران، غالب صنایع در بخش‌هایی از کشور متمرکز شده که این موضوع زمینه ساز مشکلات زیست محیطی متعدد در این نواحی بوده است.

پیش بینی‌ها نشان می‌دهد، پیامدهای افزایش مصرف آب در بخش صنعت باعث بروز آلودگی‌های پیچیده‌تری است که مستلزم تصفیه‌های تکمیلی و پیشرفته‌تری خواهد بود. ضعف فناوری و فرسوده بودن صنایع و همچنین دولتی بودن عمده صنایع کشور که امکان برخورد با صنایع آلاینده به ویژه صنایع آلاینده منابع آبی را با مشکل مواجه می‌نماید، از دیگر نارسایی‌های این بخش است.

در مجموع می‌توان گفت علاوه بر محدودیت‌های محیطی و اقلیمی، ضعف مدیریت نیز در تشدید اوضاع نابسامان موثر بوده‌اند. برخی از این عوامل را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- با اینکه اقدامات و زحمات زیادی طی سالیان اخیر در مهندسی آب صورت گرفته است ولی اثربخشی اقدامات در حد انتظار نبوده است.
- در اقدامات توسعه‌ای تفکر سیستمی حاکم نبوده است.
- امروزه بسیاری از مسایل و مشکلات جوامع بشری و سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از جزء نگری می‌باشد.

- بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها و تصمیم‌سازی‌ها بر مبنای تمایلات سیاسی، صنفی، قومیتی، و روابط خارج از ضوابط فنی و اقتصادی بوده است.

## ۵- تحلیل وضعیت منابع و مصارف آب

### ۵-۱- سازگاری با طبیعت

خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و بر اساس تقسیم‌بندی سازمان‌های جهانی منابع آب، اکثر نقاط کشور ایران دارای شرایط بحران فیزیکی آب است. با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، آسیب‌های خشکسالی در سال‌های آینده جدی‌تر نیز خواهد شد. به طوری که بر اساس گزارش موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، کشور ایران برای حفظ وضعیت موجود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید. این امر با توجه به پتانسیل منابع آب و نیازهای روزافزون بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و حفاظت از سایر منابع زیستی بسیار دشوار و حتی ناشدنی است. بنابراین، در چنین شرایطی اصولی‌ترین و خردمندانه‌ترین راهبرد، سازگاری با طبیعت و برنامه‌ریزی بر اساس پتانسیل‌های طبیعی و آمایش سرزمین است.

### ۵-۲- توسعه سد و شبکه

با توجه به آمار و اطلاعات ارائه شده در خصوص وضعیت موجود شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی کشور، نکات فنی و مدیریتی متعددی به شرح زیر قابل استنتاج می‌باشند:

- تعداد سدها در کشور ایران، بیشتر از سایر کشورها است. این موضوع باعث ایجاد مسائل زیست محیطی شده است.
- سدسازی از اولویت‌های اصلی برنامه‌های توسعه‌ای کشور بوده بطوریکه در دهه هفتاد از رشد بسیار چشمگیری نسبت به سال‌های قبل برخوردار بوده است. البته از سال ۱۳۹۰ به بعد توسعه سدسازی در کشور روند کاهشی داشته است.
- به طور کلی، در کشور ایران و جهان با افزایش جمعیت و نیازهای اساسی جامعه بشری، روند توسعه سدسازی ابتدا افزایش و سپس با گسترش و توسعه اثرات زیست محیطی سدها، کاهش یافته است.
- در مورد اهداف سدسازی در کشور ایران و جهان می‌توان گفت به دلیل بحران آب در سراسر جهان و به منظور مدیریت بهینه منابع محدود آبی، ذخیره آب‌های سطحی و تأمین نیازهای اساسی (شرب و غذا)، سدسازی ابتدا با هدف تأمین آب کشاورزی و شرب صورت گرفته، سپس با توجه به توانایی بالای سدها برای مهار سیلاب و حفظ امنیت



اقتصادی و جانی به منظور کنترل سیلاب احداث شده است. از بین اهداف سدسازی، کشور ایران از نظر تولید انرژی برق آبی و جنبه‌های تفریحی و زیست محیطی سدسازی با کشورهای دیگر در جهان اختلاف دارد.

- نوع سد (از نظر مصالح ساخت) در کشور ایران به دلایلی از جمله هزینه کمتر ساخت و سازگاری بیشتر با وضعیت اقلیمی عمدتاً خاکی است. از این نظر سدهای خاکی نسبت به سدهای سنگریزه‌ای و بتنی و سنگی در صدر قرار دارند. ساخت سدهای خاکی در جهان نیز از دوران اولیه تمدن بشری تا به امروز رواج دارد.

- حجم مخزن بیش از نیمی از سدهای بهره‌برداری شده در کشور ایران بیشتر از ۱ میلیون مترمکعب است. حجم مخازن برای ذخیره آب در اکثر سدهای کشور بیشتر از حجم لازم برای کنترل سیلاب می‌باشد. بنابراین بهره‌برداری از مخازنی که برای اهداف مختلف احداث شده‌اند، به منظور مهار سیلاب، با مدیریت فعال مخازن، پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی و خصوصیات فصلی و جدیدترین تکنولوژی‌ها مانند ماهواره‌ها امکان‌پذیر است.

- ۸۱ درصد از سدهای ایران، ارتفاعی بیشتر از ۱۵ متر دارند و جز سدهای بلند محسوب می‌شوند. در حالی که است که بیش از نیمی از سدهای ساخته شده در کشور آمریکا جز سدهای کوتاه هستند. به طور کلی ارتفاع سدها در کشور ایران بسیار بیشتر از سایر کشورهای جهان است که بیانگر توجه ناچیز ایرانیان به جنبه‌های زیست محیطی سدها است.

### ۳-۵- توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی

علیرغم اقدامات و خدمات شایانی که تاکنون در ساماندهی بهره‌برداری و توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی صورت گرفته است، اثربخشی اقدامات انجام شده بنا به دلایل متعددی کمتر از حد انتظار بوده است. برخی از این موارد را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- توسعه شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی با هدف استفاده بهینه و پایدار از منابع محدود آب یکی از راهکارهای اصولی برای سازگاری با شرایط بحرانی آب ایران است.

- علی‌رغم جدیت در توسعه پروژه‌های سدسازی، احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی متناسب با توسعه سدها صورت نگرفته است.

- توسعه شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی هرچند هماهنگ و همزمان با توسعه سدها نبوده است ولی به لحاظ کمی از پیشرفت خوبی برخوردار بوده است.

- احداث شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی نسبت به شبکه‌های اصلی از عقب افتادگی فاحشی برخوردار است.

- عقب افتادگی قابل ملاحظه‌ای در احداث کل شبکه‌ها نسبت به سدسازی وجود دارد.
- بطور کلی می‌توان گفت: توسعه سدها و شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی هم از نظر زمانی و هم از نظر مکانی ناهماهنگ بوده است. بطوریکه در بسیاری از موارد شبکه اصلی تکمیل شده ولی هنوز شبکه فرعی اجرا نشده است و برعکس. حتی در مواردی نیز شبکه‌های اصلی و فرعی اجرا شده ولی تامین آب از سد ممکن نیست.
- در مجموع با وجود اقدامات شایان و سرمایه‌گذاری‌های کلان صورت گرفته، هدف اصلی این پروژه که همان بهره‌برداری از این تاسیسات و استفاده بهینه از منابع آب و افزایش تولید به ازای واحد حجم آب است، محقق نشده است.
- با تکمیل کل طرح‌های سدسازی حداکثر نیمی از اراضی آبی کشور زیر سدها و شبکه‌های مدرن خواهد بود و حدود نیمی دیگر از اراضی آبی کشور، زیر دست سایر منابع (چاه، چشمه، و...) و بصورت سنتی باقی خواهد ماند.

#### ۵-۴- توسعه سامانه‌های نوین آبیاری

با وجود تلاش‌ها و خدمات دلسوزانه سیاستگذاران و کارشناسان کشور در سال‌های اخیر در توسعه روش‌های نوین آبیاری، اثر بخشی این اقدامات کمتر از حد انتظار بوده است. لذا ضروری است در ادامه راه با تکیه بر تجربیات سه دهه فعالیت اجرایی و پژوهشی، توجه شایسته‌ای به ارتقاء سطح کیفی اجرای سیستم‌ها در کنار توسعه کمی آن‌ها مبذول داشت. در این راستا و به منظور تداوم توسعه پایدار روش‌های آبیاری و ارتقاء اثربخشی آن‌ها، راهبردها و پیشنهادهای مورد نظر در سه بخش فنی و اجرایی، سیاست‌گذاری و عملیاتی به شرح زیر ارائه می‌شود:

#### پیشنهاد های فنی

- با اجتناب از جهت‌گیری‌های یک‌سویه، ضروری است به الزامات طراحی و اجرای صحیح انواع سامانه‌ها و روش‌های آبیاری (اعم از ثقلی، تحت فشار و...) توجه جدی و کافی صورت گیرد.
- در انتخاب سامانه‌های آبیاری، بر استفاده از سامانه‌های کم انرژی بر، تاکید گردد.
- برای جانمایی سامانه‌ها، علاوه بر سلیقه کشاورز، بر مطالعه دقیق امکانات محلی، اثرات باد، دما، انرژی، پایداری خاک، مسائل زیست محیطی و حق آبه حیات وحش تاکید گردد.
- در مقابل اعتبارات رایگان، ترتیبی اتخاذ گردد تا طراحی‌ها بر اساس کسری از دبی موجود (تا سقف پروانه برداشت) و بدون افزایش سطح زیر کشت قبلی انجام شود.
- قانون تحویل حجمی آب اجرایی شود.

- شرکت‌های مجری موظف به آموزش و کمک به راهبری سامانه آبیاری به مدت حداقل دو سال زراعی باشند.
- در طرح‌های بزرگ پایش سیستم‌ها بطور مستمر انجام شود.

### **پیشنهادات اجرایی و سیاست گذاری**

- مدیریت یکپارچه عرضه و تقاضای آب کشاورزی از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر در اجرای موفق سیاست‌ها است. در این ارتباط ضرورت ایجاد هماهنگی بیشتر بین وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی مورد تاکید می‌باشد.
- به منظور جلوگیری از خرد شدن بیشتر اراضی، اعتبارات یارانه‌ای سامانه‌های آبیاری، فقط به اراضی تحت پوشش یک منبع آبی (چاه) و بصورت یکپارچه داده شود و از دادن این اعتبارات به قسمتی از اراضی تحت پوشش یک منبع آبی خودداری شود تا کشاورزان تشویق به تشکیل تعاونی‌های آب‌بران گردند.
- ترویج روش‌های صحیح بهره‌برداری از این سامانه‌ها در رسانه‌های همگانی، به ویژه صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران می‌تواند مفید و موثر واقع شود.
- مدیریت یکپارچه تامین انرژی برای توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار و هماهنگ‌سازی سیاست‌های بخش‌های آب و برق کشور از ضرورت‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد.
- بازنگری در قوانین و دستورالعمل‌های استفاده از تسهیلات دولتی ضروری به نظر می‌رسد. چرا که ناپایداری روش‌ها و راه‌کارهای تامین اعتبار سامانه‌های آبیاری در قوانین بودجه کشور و عدم تحلیل کارآمدی یا ناکارآمدی این روش‌ها، به ویژه سرمایه‌گذاری‌ها و یارانه‌های پرداخت شده تاکنون، از مشکلات اساسی در کاهش موفقیت بهره‌برداری از این سامانه‌ها بوده است.
- ضمن تاکید بر کارآمد بودن و ضرورت توجه بیشتر به تحویل حجمی آب به بهره‌برداران، اعتقاد بر این است که تامین زیرساخت‌های لازم در این زمینه نیاز به توجه و اهتمام جدی دارد، هم‌چنین حصول موفقیت در این زمینه مستلزم هماهنگی در سیاست گذاری‌های تعیین آب‌بها می‌باشد.
- با تاکید مجدد بر توجه به پی‌آمدهای دوره جدید خشکسالی در ایران، پیشنهاد می‌شود؛ سیاست گذاری‌های برنامه ششم توسعه عمرانی کشور با محوریت مدیریت آب انجام شود.

- توجه به مسایل و مشکلات اجتماعی و ترویج و آموزش روش‌های علمی برای بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، اعم از ثقلی و تحت فشار و سایر روش‌ها، به عنوان حلقه مفقوده‌ی مدیریت و سیاست‌گذاری‌های انجام شده تاکنون بوده است و انتظار می‌رود در برنامه‌ریزی‌های جدید به صورت جدی و موثرتر مورد توجه و تأکید قرار گیرد.
- ضمن تأکید بر ضرورت افزایش اختیارات و فعالیت‌های شورای عالی آب، انتظار دارد در این فعالیت‌ها راه‌کارهای لازم برای حضور سایر بخش‌های موثر در سیاست‌گذاری‌های آب کشور، به ویژه استفاده مستقیم از نظرات بدنه کارشناسی و بهره‌برداران آب کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

### ۵-۵- منابع آب زیرزمینی

برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی یکی از چالش‌های اصلی کشور در بخش آب است. با توجه به اینکه میزان بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در سال‌های گذشته کاهش نداشته، تحلیل روند تخلیه با توجه به روش‌های تأمین آب، شامل چاه عمیق، چاه نیمه عمیق، قنات و چشمه کاملاً مشهود است. بطوری که میزان خروجی آب از منابع یاد شده بسیار کاهش پیدا کرده است. به عبارتی دیگر، میزان مجاری خروجی آب طی ۱۸ سال از ۴۲۴۰۱۰ مورد به ۹۸۵۳۰۸ مورد رسیده یعنی ۲/۳ برابر شده است. این موضوع نشان از افت شدید آب‌های زیرزمینی و تخلیه آن در راستای اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی طی سالیان گذشته گردیده است.

در حال حاضر در بسیاری از نواحی کشور سطح سفره‌های آب زیرزمینی افت کرده و با توجه به خشکسالی‌های اخیر افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی تشدید شده و خسارات غیرقابل جبرانی را بر منابع آب زیرزمینی کشور وارد آورده است. فرونشست زمین و کسری مخازن آب‌های زیرزمینی و کاهش حجم ذخیره آبخوان‌ها با وضعیت بی‌بازگشت از عمده‌ترین مشکلات حادث شده می‌باشد. بطوری که هم‌اکنون آبخوان‌های کشور، سالانه با میانگین کسری حجم مخزن معادل ۵/۷ میلیارد مترمکعب مواجه هستند. در ۴۷ سال اخیر مخازن آب زیرزمینی با کسری مخزن ۱۲۵ میلیارد مترمکعبی مواجه شده‌اند که بیش از ۹۰ میلیارد مترمکعب آن در بیست سال اخیر، ۸۰ میلیارد مترمکعب آن در پانزده سال اخیر و ۳۸ میلیارد مترمکعب آن مربوط به دوره کوتاه هفت سال گذشته است که این موضوع آینده‌ای چالش برانگیز را برای بخش‌های وسیعی از کشور رقم زده و خواهد زد. منابع آب زیرزمینی در تأمین آب بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب کشور سهم موثر و عمده‌ای داشته و تمدن و حیات بخش وسیعی از کشور به آن وابسته است. در وضعیت کنونی سهم منابع زیرزمینی در تأمین آب کشور (کشاورزی، صنعت و شرب در کشور) بالغ بر ۵۵ درصد

نسبت به کل منابع آب می‌باشد. نکته حائز اهمیت نقش مهم منابع آب زیرزمینی در تامین نیاز آب شرب آحاد جامعه است که ۶۳ درصد آن از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین شده و آب‌های سطحی سهم ۳۷ درصدی را به خود تخصیص می‌دهند. البته در بخش تامین آب شرب روستایی سهم آب‌های زیرزمینی بالغ بر ۸۰ درصد است. وابستگی صرف یا حداکثری بخش‌های زیادی از کشور مثل استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، کرمان، یزد، اصفهان، فارس و استان‌های حاشیه سواحل جنوبی، زنجان، مرکزی، لرستان، قزوین، کردستان و حتی استان‌هایی نظیر چهارمحال و بختیاری و گلستان به آب‌های زیرزمینی، خود از الزامات توجه به این مهم است. بی‌توجهی به اقدامات و برنامه‌های مورد نیاز حفاظت از این منابع، باعث مشهود شدن پیامدهای کنونی و بحرانی شدن وضعیت آبخوان‌های کشور شده است، به طوری که هم اکنون در کشور کسری مخزن و افت شدید سطح آب باعث کمبود آب و عدم قطعیت در تأمین آب کلان‌شهرهای کشور از جمله تهران و حتی تأمین آب پنج هزار و ۵۰۰ روستای کشور با تانکر گردیده است.

## ۵-۶- راندمان‌های آبیاری

جمع‌بندی وضعیت موجود راندمان‌های آبیاری در ایران نشان می‌دهد که روند کلی تغییرات راندمان آب آبیاری در کشور مثبت و افزایشی است. با توجه به مقادیر راندمان روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار، پیشنهاد می‌شود توسعه سامانه‌های آبیاری بارانی، به ویژه کلاسیک ثابت، به دلیل همراه بودن با یکنواختی کمتر در توزیع آب و مصرف انرژی بیشتر، در آینده با بررسی و دقت بیشتری بخصوص در مناطق با پتانسیل تبخیر زیاد دنبال شود. همچنین، با عنایت به سطح وسیع اراضی تحت آبیاری سنتی، ضروری است که در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور اصلاح و بهبود سامانه‌های آبیاری سطحی نیز مورد توجه و حمایت کافی قرار گیرد. به‌رغم موارد عنوان شده، تدقیق و تکمیل اطلاعات مربوط به راندمان آب آبیاری نیازمند بررسی‌های بیشتری است. کمبود داده‌های گزارش شده در برخی از استان‌های کشور از جمله استان آذربایجان شرقی، ایلام، مازندران، مرکزی، کردستان، کرمانشاه و کهگیلویه و بویراحمد موجب شده که راندمان کاربرد آب آبیاری در این استان‌ها دقت مناسب را نداشته باشد. از طرفی، در برخی از استان‌ها از جمله استان‌های تهران، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، قم، لرستان و یزد داده‌های گزارش شده آنقدر اندک است که نمی‌توان ارزیابی دقیقی از مقادیر راندمان آب آبیاری در این استان‌ها ارائه کرد. در تعدادی از استان‌های کشور نظیر بوشهر، خراسان شمالی و هرمزگان نیز به دلیل فقدان داده، امکان ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری میسر نشد. در این استان‌ها، برای ارزیابی وضعیت موجود راندمان آب آبیاری باید برنامه‌ریزی شود. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، عمده داده‌های

موجود در زمینه راندمان آب آبیاری در کشور در مزارع و روی محصولات زراعی است و از این رو لازم است در مطالعات آتی به ارزیابی راندمان آب آبیاری در باغ‌های کشور توجه بیشتری شود و ارزیابی راندمان‌های انتقال و توزیع در شبکه‌های سنتی و مدرن نیز بیشتر شود.

## ۵-۷- توسعه کشت‌های گلخانه‌ای

به علت مزایای موجود در کشت‌های گلخانه‌ای مانند افزایش بهره‌وری آب، اشتغال بیشتر، عملکرد بالاتر، تولید محصول با کیفیت‌تر، تهیه محصول خارج از فصل و تنظیم برنامه کشت مطابق نیاز بازار، در سال‌های اخیر توسعه این نوع کشت بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور کلی برای توسعه گلخانه‌ها در دنیا دو رویکرد شامل؛ انتخاب اول کنترل غیرفعال اقلیم<sup>۱</sup> و انتخاب دوم کنترل فعال اقلیم<sup>۲</sup> وجود دارد. در رویکرد اول با وجود تولید نامنظم و مقطعی و عملکرد پایین‌تر، هزینه‌های تولید محصول نسبت به انتخاب دوم، پائین‌تر است. برای تولید اقتصادی، یک گلخانه باید دارای شرایطی باشد که بتوان آن را گلخانه‌ای استاندارد نامید. ویژگی‌های یک گلخانه استاندارد عبارتند از؛ برخوردار بودن از حجم و فضای کافی برای رشد گیاه، مقاومت کافی در مقابل بارهای وارده (باد، برف، وزن محصول و ...)، تطابق‌پذیری با انواع گیاهان، تهویه مناسب و برخوردار بودن از نور کافی. با عنایت به بحث‌های انجام شده در این نوشتار، برای توسعه پایدار کشت‌های گلخانه‌ای پیشنهاد می‌شود:

- اولین اقدام مهم در ساخت گلخانه، انتخاب محل مناسب از نظر تناسب اقلیمی برای احداث آن است. برنامه‌های پیش‌بینی شده برای افزایش کمی و کیفی محصول همراه با کاهش هزینه‌ها، منوط به انتخاب محل صحیح برای احداث گلخانه است. به همین دلیل است که حدود ۴۵ هزار هکتار گلخانه در منطقه آنتالیای ترکیه و حدود ۵۰ هزار هکتار گلخانه در منطقه آلمریای اسپانیا متمرکز بوده و در حال تولید محصولات متنوع کشاورزی و صادرات آن‌ها به کشورهای اروپایی هستند. براساس ضوابط و معیارهای عمومی مکان‌یابی، محدوده طرح مورد نظر باید دارای شرایط مناسب برای احداث گلخانه باشد. همچنین، گلخانه باید در جایی احداث شود که راه‌های حمل و نقل در نزدیکی آن قرار داشته باشند.

- محل احداث گلخانه اغلب عامل تعیین‌کننده نوع سوخت مصرفی است (گاز طبیعی و یا گازوئیل). در بعضی از مناطق به دلیل امکان دسترسی به گاز طبیعی، هزینه سوخت مصرفی ارزان‌تر است.

1- Passive Climate Control  
2- Active Climate Control

- قبل از انتخاب محل گلخانه، منبع تامین آب نیز بایستی از نظر کیفیت و کمیت آزمایش شود و در صورت مطلوب بودن آن، اقدام به احداث گلخانه نمود.
- انتخاب جهت مناسب گلخانه نیز برای ورود تابش خورشید بسیار مهم است. اسکلت گلخانه‌ها سایه ایجاد می‌کنند. اندازه سایه ایجاد شده به زاویه تابش نور خورشید، فصل سال و نوع سازه گلخانه‌ای بستگی دارد. تأثیر سایه بر رشد گیاه در زمستان و زمانی که اغلب شدت نور کم است، بسیار زیاد می‌باشد.
- اگر چه بخش کشاورزی و گلخانه در ایران، مصرف‌کننده بزرگی در بخش انرژی کشور نیستند و در نتیجه انتشار آلاینده‌ها از آن در حال حاضر در سطح بالایی قرار ندارد، ولی ضروری است که با توجه به مدیریت مصرف انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن از انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی کاست.
- توسعه گلخانه‌ها در اقلیم‌های مناسب، مستعد و دارای مزیت نسبی.
- استفاده از گلخانه‌هایی با شدت مصرف انرژی پایین‌تر.
- استفاده از سیستم‌های ذخیره انرژی (پوشش‌های دو لایه، پرده‌های حرارتی و سیستم‌های غیرفعال ذخیره انرژی در گلخانه‌ها).
- استفاده از تجهیزات گرمایشی با راندمان بالاتر.
- تغییر در حامل‌های انرژی مصرفی در گلخانه و جایگزینی بخشی از آن با منابع انرژی تجدیدپذیر.
- استفاده از ارقام و محصولات که نیاز گرمایی کمتری داشته باشند.

## ۵-۸- ارتقای بهره‌وری آب

- به منظور بهبود بهره‌وری مصرف آب لازم است توجه کافی به ارتقای وضعیت موجود دو مولفه اصلی بهره‌وری یعنی میزان آب مصرفی و میزان تولید به ازای واحد حجم آب مصرف شده به عمل آید. در این راستا برخی نکات فنی و کاربردی به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:
- تشکیل کمیته تخصصی آمار و ارقام آب کشاورزی در وزارت جهاد کشاورزی به منظور یکسان‌سازی و تدقیق آمار و ارقام مربوط به مصرف آب در بخش کشاورزی براساس یافته‌های تحقیقاتی و سایر مستندات علمی موجود در سطح کشور
  - اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی

- توجه خاص و ویژه به مکانیزه کردن روش‌های آبیاری سطحی به در نظر گرفتن تسهیلات و مشوق‌های لازم همانند روش‌های آبیاری تحت فشار

- توجه کافی به مبانی علمی و اجرایی صحیح با توجه به ظرفیت‌ها و پتانسل‌های هر منطقه در توسعه روش‌های مختلف آبیاری

- توجه به مسائل زیست محیطی و اصل پایداری منابع آب و خاک در توسعه روش‌های مختلف آبیاری سطحی و تحت فشار

- مدیریت مصرف آب با رویکرد کاهش مصارف غیرمفید آب کاربردی
- توجه به مسائل به‌نژادی و به‌زراعی با رویکرد کاهش مصرف آب
- توسعه خاک‌ورزی و کشاورزی حفاظتی
- تدوین و اجرای برنامه پایش و کاهش تبخیر به منظور کاهش مصارف غیرمفید. کاهش تبخیر باید اولویت اول کشور باشد و وزارتخانه باید مثل طرح‌های دیگر مجری و تشکیلات برای آن ایجاد نماید.

- توجه ویژه به مباحث آبخیزداری و منابع آب کوچک
- کاهش ضایعات محصولات در مراحل مختلف فرآیند تولید، برداشت، انتقال و توزیع، بسته‌بندی، انبارداری
- استفاده از ظرفیت‌های گلخانه‌ای در تولیدات کشاورزی و مدیریت آب و انرژی
- تعیین و تحلیل شاخص بهره‌وری آب از تامین، انتقال، توزیع، مصرف و پسمصرف آب
- ارتقای بهره‌وری آب با تبیین ساختار روابط آب، خاک، گیاه، اتمسفر، انسان، ماشین و بازار

## منابع

آقاباتی، س. ع. ۱۳۸۳. کتاب زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران. شماره کتاب‌شناسی ملی. ۸۳-

۵۷۸۰

ایقانیان، ر. ۱۳۶۰. اثر مواد تشکیل‌دهنده زمین در کیفیت منابع آب ایران. سومین سمپوزیوم زمین‌شناسی ایران. انجمن نفت ایران. شرکت نفت ایران. ۲۲ تا ۲۴ اسفند ماه ۱۳۶۰.

احمدی، ک. ح. عبادزاده، ف. حاتمی، ر. حسینپور، و. ه. عبدشاه، ه. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶. جلد دوم و

سوم، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات



بی نام، ۱۳۸۷. نگاهی به وضعیت منابع آب در ایران و جهان. دفتر معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

بی نام، ۱۳۹۱. دستورالعمل تقسیم بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور، نشریه ۳۱۰، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، وزارت نیرو.

بی نام، ۱۳۹۷. الف، سایت رسمی اطلاع رسانی شرکت مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو.

بی نام، ۱۳۹۸. سایت رسمی اطلاع رسانی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، وزارت جهاد کشاورزی.

بی نام، ۱۳۹۷-ب، گزارش عملکرد و برنامه‌های معاونت آب و خاک، وزارت جهاد کشاورزی.

تجربشی، م. و ا. ابریشم چی، ۱۳۸۳، مدیریت تقاضای منابع آب در کشور، اولین همایش روشهای پیشگیری از اتلاف منابع ملی، تهران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران،

جعفری، ع. ۱۳۷۹. گیتاشناسی ایران، جلد سوم دایره المعارف جغرافیای ایران، لیتوگرافی و چاپ موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی ایران.

خلیلی، ع. ۱۳۸۳، تدوین یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۷۵ صفحه‌های ۱۴-۵.

رقیمی، م. و م. ا. یخکشی، ۱۳۸۱. بررسی منشا چشمه آب گرم زیارت گرگان از طریق مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی. دو ماهنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۹، شماره ۳، صفحه‌های ۴۰-۲۹.

صادقی، ر. ۱۳۹۷. نگاهی به آخرین وضعیت طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی. پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو (پاون)

عباسی، ن. ۱۳۹۶. تحلیل‌های فنی در مدیریت و مهندسی کشاورزی ایران. جلد اول. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۸۵ صفحه.

عباسی، ف.، ف. سهراب، و ن. عباسی، ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۱۷ شماره ۶۷، صفحه‌های ۱۲۸-۱۱۳.

عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی، ۱۳۹۴a. راندمان‌های آبیاری: تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. گزارش فنی شماره ۴۸۴۹۶، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۴۵ صفحه.

- عباسی، ف.، ا. ناصری، ف. سهراب، ج. باغانی، ن. عباسی، م. اکبری، ۱۳۹۴ب. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. نشریه ۳۴/۹۴ ک مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۵ صفحه.
- عباسی، ف.، ن. عباسی، ن.، ا. ناصری، ۱۳۹۸. ارتقای چشمگیر بهره‌وری آب در کشور در یک دهه اخیر و پیاده‌سازی دانش و فناوری در مزارع. نشریه بازتاب تات، جلد ۲، شماره ۱.
- عباسی، ف.، ن. عباسی، ع.ر. توکلی، ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار، جلد ۴، شماره ۱، صفحه‌های ۱۴۴-۱۴۱.
- عطرچین. م.، ۱۳۵۹. تفسیر سیاست آبی دولت و اولویت‌های موجود. سمینار آب کشور. وزارت نیرو. صفحات ۲۰-۲۴. دی ماه ۱۳۵۹. تهران
- قدرت‌نما، ق. ۱۳۷۷. منابع، مصارف و نیازهای آبی در ایران: حال و آینده. آب و توسعه (فصلنامه امور آب وزارت نیرو). سال ۶، شماره ۲ و ۳. صفحه ۲۰ تا ۴۶.
- قطبی، م.ص. ۱۳۶۰. نارسایی‌های ملی آب کشور در ارتباط با خودکفایی کشاورزی، وزارت نیرو. امور آب. دفتر بررسی‌های منابع آب، بخش آب‌های سطحی. بهمن ۱۳۶۰.
- کشاورز، ع. و ک. صادق‌زاده. ۱۳۷۸. وضعیت موجود، چشم‌اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی آن. دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. صفحات ۳۷۷-۳۹۸.
- کوچک‌پور، آ. ۱۳۵۹. گزارش اجمالی امکانات منابع آب کشور. سمینار آب کشور. وزارت نیرو. دی ماه ۱۳۵۹. تهران
- کیخایی، ف. و ف. عباسی، ۱۳۹۸. منابع آب ژرف: فرصت‌ها و چالش‌ها. نشریه آب و توسعه پایدار. سال ششم شماره اول.
- گنجی، م.ح. ۱۳۵۳. سی و دو مقاله جغرافیایی. انتشارات موسسه کارتوگرافی سحاب.
- محمد ولی سامانی، ج. ۱۳۸۴. مدیریت منابع آب و توسعه پایدار. دفتر مطالعات زیربنایی مجلس شورای اسلامی. شماره گزارش ۷۳۷۴. ۳۵ صفحه
- موحد دانش، ع. ۱۳۷۳. هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها. ۳۷۹ صفحه.
- محمدجانی، ا. ن. یزدانیان، ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. فصلنامه روند، شماره سال بیست و یکم، شماره‌های ۶۵ و ۶۶، صفحات ۱۱۷ - ۱۴۴

میرعربی، ع. و حسینی، س.ا. ۱۳۹۰. آبهای فسیلی ذخایر استراتژیک جهان. پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، تهران.

میرئی، م.ح.س. و ع.ا. فرشی ع.ا. ۱۳۸۲. چگونگی مصرف و بهره وری آب در بخش کشاورزی. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران

ناصری، ا.، ف. عباسی، و م. اکبری، ۱۳۹۴. برآورد مصرف آب در بخش کشاورزی بر مبنای بیلان آب در چرخه هیدرولوژی کشور و محدودیت‌های آن. گزارش فنی شماره ۴۸۰۲۱، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

ناصری، ا.، ف. عباسی، و م. اکبری، ۱۳۹۶. برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۱۸ شماره ۶۸، صفحه‌های ۳۲-۱۷.

نور، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی روند مصرف منابع آب زیرزمینی و وضعیت کنونی آن در ایران. مجله علمی و ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، دوره پنجم، جلد ۱۵، صفحات ۲۹-۳۸.

یارقلی، ب. ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها. دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو. نشریه شماره ۳۴۵.

یارقلی، ب. ۱۳۷۹. اثرات زیست محیطی و برنامه پایش در طرح‌های تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی پایدار. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱۸.

یارقلی، ب. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات کمی- کیفی و میزان خود پالایی نهر فیروز آباد. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی.

FAO. 2015. Total Renewable Water Resources per Inhabitant in 2014 . QUASTAT Main Database. [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/TRWR.Cap\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/TRWR.Cap_eng.pdf).

Foster S. and Loucks D. 2006. Non-renewable groundwater resources: a guidebook on socially-sustainable management for water-policy makers. UNESCO, IHP-VI, Series on Groundwater No.10. 103p.

Omrani, A. 2013. The management of water in Iran. Master of Science in Business Administration Program Thesis. Faculty of Economics & Management Commercial Sciences & Management Field of Study. Hogeschool Universiteit Brussels, Belgium.

Shiklamanov I., (1993). World Fresh Water Resources, Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resource, Cambridge.



Ministry of Jihad-e Agriculture  
Agricultural Research, Education and Extension Organization  
Agricultural Engineering Research Institute

---

Title: Perspective of Water Resources and its Consumption in Iran

Researchers: N. Abbasi, F. Abbasi

Co-Authors: Javad Baghani

Edittors: Skandar Zand and Mojtaba Akram

Graphist: Somayeh Vatandoust

Publisher: Agricultural Engineering Research Institute (AERI)

Date of Issue: 2020





Islamic Republic of Iran  
MINISTRY OF JEHAD-E AGRICULTURE  
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION AND EXTENSION ORGANIZATION  
AGRICULTURAL ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE

## Perspective of Water Resources and its Consumption in Iran

By:  
Nader Abbasi and Fariborz Abbasi