



عنوان مقاله:

مسائل، چالش‌ها، و راهبردهای ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی در ایران

نویسنده:

نادر میدری<sup>۱</sup>

چکیده

ارزیابی وضع موجود نشان می‌دهد که در حال حاضر نرخ بهره‌برداری از منابع آب و خاک وضعیت مطلوبی نداشته و بهره‌برداری از این منابع با شیوه‌های سنتی، هدر رفتن منابع آب و افت کیفیت منابع خاک را به دنبال داشته است و تغییر بدون ضابطه کاربری منابع آب و خاک نیز تهدید جدی در مسیر حفظ سرمایه‌های طبیعی موجود شده است. تأمین غذای جمعیت موجود و رو به رشد کشور و همچنین وضعیت اقتصادی، اجتماعی کشور چشم‌انداز مهمی را برای آینده فعالیت‌های کشاورزی ترسیم می‌کند که اهمیت زیربخش آب و خاک نیز در این زمینه قابل انکار نمی‌باشد. در مدیریت منابع آب و خاک کشور به بحث جامع‌نگری و سطوح مختلف مدیریتی در این زمینه خیلی توجه نشده است. به عنوان مثال بهره‌برداری از بسیاری از پروژه‌های آبی منجر به بروز مشکلاتی نظیر تأثیرات بالا دست بر پایین دست، گسترش بی‌رویه اراضی تحت کشت، تغییرات الگوی کشت، کم‌آبی، تنش‌های اجتماعی، افت و آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی، و زهکشی و مسائل زیست محیطی و سایر مشکلات گردیده است. با توجه به منابع علمی جدید جهانی، مسائل و معضلات بخش آب و خاک باید بطور سیستماتیک در سطوح (یا مقیاس‌های) حوضه آبریز، شبکه آبیاری، مزرعه، و گیاه و با توجه به مسائل اقتصادی - اجتماعی - سیاستگذاری - تشکیلاتی مرتبط، به طور همزمان بررسی گردد. لذا در این بررسی نتایج یک سری هم‌اندیشی‌ها و نشست‌های تخصصی با کلیه ذینفعان حوزه آب و خاک کشور، شامل نمایندگان و صاحب‌نظران دستگاه‌های اجرایی، تحقیقاتی، مطالعاتی، و دانشگاهی و ... که در قالب تهیه و تدوین برنامه راهبردی «بهبود بهره‌وری آب کشاورزی» به روش مشارکتی به اجرا در

۱- استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی ۳۱۵۸۵-۸۴۵، دورنگار ۰۲۶۱-۲۷۰۶۲۷۷

آمدند، ارایه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج، مسائل بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس‌های گیاه، مزرعه و حوضه آبریز، و مسائل اقتصادی اجتماعی - سیاست‌گذاری - تشکیلاتی، به ترتیب ۹/۴، ۲۹/۴، ۲۴/۲، و ۳۷/۰ درصد از کل این مجموعه مسائل را شامل می‌شوند. همچنین مسائل «اقتصادی - اجتماعی - سیاست‌گذاری - تشکیلاتی» و مسائل مقیاس «مزرعه» بیشترین سهم این مسائل را به خود اختصاص می‌دهند و بعد از آنها مسائل مقیاس‌های حوضه آبریز و گیاه قرار می‌گیرند. در تقسیم‌بندی اهداف با اولویت خیلی زیاد تا زیاد مورد نیاز برای بهبود بهره‌وری آب کشور، اهداف صرفاً اجرایی ۴۴٪، اهداف صرفاً تحقیقاتی ۸٪ و اهدافی که به طور مشترک از نوع اجرایی و تحقیقاتی هر دو هستند، ۴۸٪ از کل اهداف را تشکیل می‌دهند.

در این مقاله مسائل، اهداف، و چالش‌های بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، به همراه مروری بر تعاریف و مفاهیم بهره‌وری آب و چالش‌های مرتبط با ادبیات موضوع و استفاده و کاربرد این تعاریف و مفاهیم مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

**کلمات کلیدی:** بهره‌وری آب، مسائل، چالش‌ها، راهبرد

## مقدمه

همواره یکی از چالش‌ها و بحث‌های مرتبط با ضعف در کاربرد واقعی نتایج تحقیقات در عرصه واحدهای اجرایی کشور، بحث مرتبط نبودن/ یا برآورده نمودن تحقیقات انجام شده با نیازهای اجرایی کشور بوده است. برای وجود این نقیصه دلایل مختلفی ذکر گردیده، از جمله عدم شناخت مناسب بخش تحقیقات از فرایندها و نیازهای واقعی که پروژه‌های اجرایی کشور در عمل با آنها مواجه‌اند، عدم مشارکت و حمایت از بخش تحقیقات توسط واحدهای اجرایی، و عدم شناخت مناسب بخش تحقیقات از سوی بخش اجرا و انتقال مناسب نیازهای تحقیقاتی در این زمینه. براساس ماگویر (۲۰۰۷) بسیاری از یافته‌های تحقیقاتی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و انجمن‌های علمی در جهان بطور کامل و جامع توسط سیاست‌گذاران و مدیران آب و خاک مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. حداقل سه دلیل عمده در این خصوص وجود دارد که عبارتند از:

(۱) محققان ساختار مسایل و محدودیت‌هایی را که سیاست‌گذاران با آنها مواجه هستند را در نظر نمی‌گیرند.

(۲) سیاست‌گذاران در جریان یافته‌های تحقیقاتی نمی‌باشند.

(۳) فاصله زمانی قابل توجهی بین زمینه‌های تحقیقاتی و مسایل اجرایی و سیاست‌گذاری‌ها وجود دارد.

همواره این انتقاد صورت می‌گیرد که نظام تحقیقات کشاورزی، و بالطبع تحقیقات آب کشاورزی، متناسب با اهداف توسعه کشور حرکت نمی‌نماید و لذا پاسخگوی کاربران نتایج فعالیت‌های تحقیقاتی خود نیست و گهگاه نیز نتایج به صورتی است که فن‌آوری‌هایی را موجب می‌شود که تناسبی با ماهیت و ابعاد مسائل موجود در بخش کشاورزی را ندارند. به همین گونه بعضی نیز معتقدند، بسیاری از خطوط امید بخش تحقیقاتی نامشکوف باقی مانده و زمینه‌هایی که بهره‌دهی شان مردود شناخته شده است، همچنان مورد توجه بوده و متأسفانه ادامه می‌یابند.

تعامل و همکاری دستگاه‌های تحقیقاتی و اجرایی یکی از نیازهای اساسی و زیربنایی در پیشرفت کشور و حل مشکلات و معضلات فنی و اقتصادی آن می‌باشد. از این طریق بودجه‌های تحقیقاتی به صورت بهینه هزینه شده و دستاوردهای آن کمک به رفع مشکلات و نیازهای بخش اجرا خواهد نمود، لذا مشتری‌مداری در تحقیق و انجام تحقیقات سفارشی در سیستم رونق خواهد گرفت. از سوی دیگر دستگاه‌های اجرایی نیز با همکاری و فعالیت در کنار مجموعه‌های تحقیقاتی و محققین با مباحث علمی روز آشنا گردیده و تنگناها و نیازهای تحقیقاتی خود را به این مجموعه منتقل می‌نمایند و در مجموع از منابع فنی و مالی کشور به صورت بهینه در فعالیت‌های اجرایی استفاده بعمل خواهد آمد.

در راستای رفع مشکلات و چالش‌های فوق و هم‌سویی بیشتر بخش‌های تحقیقاتی و اجرایی برای پرداختن به امر مهم بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، تلاش گردید تا اجزای مرتبط با بهره‌وری آب کشاورزی در تمامی سطوح آن مشخص و مسایل و مشکلات، اهداف و اولویتهای تحقیقاتی و اجرایی مرتبط با موضوع افزایش بهره‌وری آب به طور سیستماتیک تدوین و ارایه گردد. لذا اقدام برای تهیه برنامه راهبردی تحت عنوان «برنامه راهبردی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی» مورد تأیید و تصویب قرار گرفت<sup>۱</sup>. این برنامه راهبردی با مشارکت کلیه دستگاههای ذیربط و ذینفع و با انجام نشست‌های تخصصی با حضور کارشناسان اجرایی و محققین در قالب کمیته‌های تخصصی مختلف، تهیه و تدوین گردید. بر اساس روش تحقیق در ابتدا کلیه نهادها و سازمانهای مرتبط با موضوع برنامه به عنوان صاحب نظران و ذینفع‌های موضوع تعیین گردیدند و هماهنگی‌ها و مکاتبات رسمی با این دستگاهها به منظور معرفی نماینده مطلع جهت عضویت و شرکت در جلسات تخصصی گروه کاره بعمل آمد. در این خصوص با تعداد بیش از ۲۲ مؤسسه/ مرکز/ سازمان/ دفتر/ مشاور/ دانشگاه و ... مکاتبه بعمل آمده و آنها نمایندگانی جهت شرکت در جلسات معرفی نمودند. با معرفی نمایندگان دستگاهها و سایر کارشناسان و صاحب نظران، نسبت به تشکیل کمیته (گروه کار) تخصصی مرتبط اقدام گردید. در مجموع در این برنامه راهبردی با بهره‌گیری از منابع علمی موجود، بحث‌ها و جلسات تخصصی کارشناسی با مشارکت کلیه ذینفعان مدیریت آب کشور، مسائل، چالش‌ها، و راهبردهای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی تبیین و تعریف گردیدند. نتایج تحقیق به صورت سیستماتیک و در قالب درخت‌های مسائل و اهداف و اولویت‌ها و برنامه‌ها و پروژه‌های محوری راهبردی دارای اولویت برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، ارایه و تشریح شده‌اند.

در این مقاله رئوس و اهم نتایج حاصل از این برنامه راهبردی به همراه تجزیه و تحلیل‌های مرتبط، به منظور شناخت مسائل، چالش‌ها، و راهکارهای لازم برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در کشور، به همراه چالش‌های مرتبط با مفاهیم و تعاریف شاخص‌های بهره‌وری آب و کاربردهای آنها ارایه گردیده است.

۱- در اجرای رویکردهای جدید سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی مبنی بر هدایت فعالیت‌ها و طرح‌های تحقیقاتی سازمان به سمت چهارچوب برنامه‌های راهبردی محصولی و موضوعی و پیش بینی نقش مؤثر این برنامه‌ها در کاربردی نمودن بیش از پیش برنامه‌های تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی، شورای عالی سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی در تاریخ ۱۲/۲/۸۵ نسبت به تصویب و ابلاغ الگوی تدوین تعداد بیش از ۸۰ برنامه راهبردی محصولی و موضوعی مختلف، از جمله برنامه راهبردی موضوعی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی (به محوریت موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و با مسئولیت نگارنده این مقاله)، با مشارکت موسسات تحقیقاتی ذیربط، اقدام نمود.

## تعاریف و مفاهیم شاخص‌های بهره‌وری آب

در علوم آب، تعاریف و شاخص‌های مختلفی برای تبیین و اندازه‌گیری نحوه استفاده بهینه از آب بیان گردیده است. در علوم مرتبط با استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی، در ابتدا شاخص راندمان آبیاری<sup>۱</sup> (I<sub>a</sub>) مطرح گردید و به دنبال آن در دهه اخیر مفهوم بهره‌وری آب نیز به این عرصه وارد شد و به تدریج شاخص راندمان آبیاری جای خود را به این شاخص جدید داد.

راندمان آبیاری، در واقع نسبت حجم آب مورد استفاده قرار گرفته به حجم کل آب به کار برده شده می‌باشد. راندمان آبیاری دارای اجزای مختلفی است. در واقع از منبع اصلی آب تا محل مصرف آن توسط گیاه، می‌توان راندمان‌های مختلفی را تعریف نمود. این راندمان‌ها به طور کلاسیک عبارتند از راندمان تأمین، انتقال، توزیع، کاربرد، و ذخیره در منطقه ریشه گیاه و مصرف آب. راندمان کل سیستم از حاصل ضرب راندمان‌های مذکور محاسبه می‌گردد. بدیهی است در این زنجیره اجزاء راندمان، وزن هر یک از اجزاء و اثرگذاری آن در مقدار راندمان کل یکسان نمی‌باشد. در سیستم‌های آبیاری معمولاً راندمان‌های تأمین، انتقال، و توزیع نسبتاً بالا بوده (به عنوان نمونه ۷۰٪ و یا بیشتر) ولی راندمان‌های کاربرد و ذخیره<sup>۲</sup> پایین می‌باشند (حدود ۴۰٪ و یا کمتر). بنابراین عدد راندمان کل بسیار متأثر از این راندمان می‌باشد و اقدامات انجام شده برای بهبود این راندمان‌ها تأثیر زیادی در راندمان کل آبیاری دارد.

یکی از شاخص‌های اساسی در تعیین استفاده کارا از آب جهت تولید محصولات کشاورزی شاخص کارایی مصرف آب<sup>۳</sup> (WUE) می‌باشد. این شاخص نشان دهنده میزان تولید (عملکرد محصول) در ازای واحد حجم آب آبیاری مصرفی در واحد هکتار است. یعنی کارایی مصرف آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب بدست می‌آید و معمولاً به واحد کیلوگرم بر متر مکعب آرایه می‌گردد. لازم به ذکر است که در تعریف شاخص کارایی مصرف آب، اجزای تشکیل دهنده این شاخص (صورت کسر عملکرد و مخرج کسر آب مصرفی) به شکل‌های مختلف آرایه شده‌اند. مثلاً صورت کسر می‌تواند عملکردتر یا خشک محصول، بیوماس، پروتئین تولیدی، کالری ایجاد شده و غیره باشد. مخرج کسر نیز می‌تواند حجم آب خالص، حجم آب ناخالص، و یا میزان آب تبخیر و تعرق شده از گیاه باشد.

در واقع کارایی مصرف آب بیانگر رابطه کمی میان نهاده‌ها و ستاده‌های سیستم تولید می‌باشد و از دیدگاه متخصصان آبیاری، آگرونومی، فیزیولوژی، اقتصاد و همچنین کاربرها، دارای مفاهیم مختلفی است (انتصاری و همکاران، ۱۳۸۶). متخصصان پیشرو، کارایی مصرف آب را معادل با نیاز آبی گیاه می‌دانستند. آگرونومیست‌ها کارایی مصرف آب را نسبت ماده خشک تولید شده به ازای واحد آب مصرف شده تعریف می‌کنند. از آنجا که اساس تولید و مصرف در گیاهان، فتوسنتز و تعرق می‌باشد، لذا فیزیولوژیست‌های گیاهی، کارایی مصرف آب را «نسبت فتوسنتز به تعرق به ازای واحد سطح برگ یا واحد بوته گیاه در یک دوره زمانی معین» تعریف می‌نمایند (انتصاری و همکاران، ۱۳۸۶).

### 1- Irrigation efficiency

۲- راندمان کاربرد نسبت آب نفوذ یافته به خاک به کل آب ورودی به مزرعه و داندمان ذخیره نسبت آب ذخیره شده در منطقه ریشه گیاه به آب نفوذ یافته در خاک می‌باشد. در راندمان اول تلفات رواناب و نفوذ عمقی و نحوه پیشروی آب در مزرعه منظور شده، حال آنکه در دومی فقط به ذخیره مفید آب در خاک پرداخته و بر روی تلفات نفوذ عمقی آب در خاک تکیه دارد.

### 3- Water use efficiency

کارایی مصرف آب برای اولین بار در سال ۱۹۵۸ به صورت نسبت میزان عملکرد گیاه (برحسب کیلوگرم) به میزان تعرق گیاه (برحسب مترمکعب) بیان شد (به نقل از حیدری و همکاران، ۱۳۸۸). بعد از آن مولدن برای تحلیل آب مورد استفاده در سطوح مختلف زراعی، تعریف بهره‌وری آب (WP)<sup>۱</sup> را ارائه کرد که بر اساس آن شرایط مصرف آب در محدوده‌های مختلف مزرعه، سیستم تأمین آب، و حوضه آبریز (مصارف مختلف) مورد بررسی قرار می‌گیرد (به نقل از حیدری و همکاران، ۱۳۸۸). بر همین اساس بهره‌وری آب عبارتست از نسبت عملکرد و یا سود خالص حاصل از زراعت، جنگل داری، آبی‌پروری، دامپروری و یا یک سیستم ترکیبی کشاورزی به میزان آب مصرفی برای رسیدن به آن سود خالص است. در واقع در بهره‌وری آب نقش هر واحد آب در تولید ناخالص ملی یا تولید ناخالص داخلی مطرح است که مشاهده می‌شود مفهومی به مراتب متفاوت از راندمان آبیاری و یا حتی کارایی مصرف آب دارد.

بهره‌وری آب معرف تولید غذای بیشتر، در آمد بالاتر و بهبود معیشت با کمترین هزینه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای واحد آب مصرف شده می‌باشد. از دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری آب عبارت است از مقدار ماده کشاورزی تولید شده به مقدار آب مصرفی، و از دیدگاه اقتصادی آن مقدار بهره اقتصادی حاصله از مقدار آب مصرفی است. بهره‌وری آب همچنین برای تولیدات کشاورزی (بهره‌وری آب کشاورزی) و برای تولید محصولات دامی (بهره‌وری مصرف آب برای دام) به کار می‌رود. علاوه بر مقدار آب، بهره‌وری آب بستگی به عامل‌های دیگری شامل مصرف کود و نیروی کارگری نیز دارد.

بنابراین بحث کارایی مصرف آب و یا بهره‌وری آب بسیار وابسته به مقیاس و محدوده‌ای<sup>۲</sup> دارد که ما به آن پرداخته‌ایم و بسته به مقیاس‌های مدیریتی گیاه، مزرعه، شبکه آبیاری، و یا حوضه آبریز اجزای این شاخص می‌تواند متفاوت باشد ولی یک اصل در همه این تعابیر و مفاهیم مختلف وجود دارد، یعنی در آن صورت کسر تولید<sup>۳</sup> و مخرج کسر آب مصرفی است.

### مسائل و چالش‌های مرتبط با کاربرد تعاریف مختلف شاخص‌های مدیریت و بهره‌وری آب

راندمان آبیاری یک شاخص کمی مناسب برای تعیین استفاده مطلوب و کارایی ما از آب در یک سیستم آبیاری و یا اجزای یک شبکه آبیاری می‌باشد. کاربرد این شاخص بیشتر برای سیستم‌های آبیاری (سطحی، تحت فشار...) و یا برای یک قطعه مشخص (یک تکه از طول کانال، واحد آبیاری و ...) می‌باشد. لذا نتیجه‌گیری‌ها و تصمیمات و اقدامات فنی و اجرایی ما نیز محدود به همین جزء می‌شود. با بزرگ شدن مقیاس کار و وسیع تر شدن کاربرد آن (و در نهایت حصول به راندمان کل که از ضرب راندمان‌های مختلف به دست می‌آید) عدد راندمان کل به تنهایی گویای چیزی نمی‌باشد، چون در سیستم بازچرخانی آب وجود داشته و وزن عوامل تأثیرگذار یکسان نبوده و از طرفی آن مشخص نمی‌نماید که برای آن قسمت از آبی که از نظر ما هدر رفته و جزء تلفات به حساب آمده چه اتفاقی افتاده است؟

این شاخص می‌تواند شاخص خوبی برای مقایسه فنی سیستم‌های مزرعه از لحاظ کارایی آنها در استفاده موثر

1- Water Productivity (WP)

2- Domain

3- Production

از آب باشد. ولی در خصوص استفاده بهینه از آب برای تولید محصول که همانا کارایی مصرف آب است، پاسخگو نمی‌باشد. یعنی اگر بخواهیم عوامل کشاورزی، اقلیم، خاک، آب و مدیریت کشاورزی را وارد مسئله کنیم شاخص کارایی مصرف آب شاخص مناسب‌تری است.

راندمان آبیاری، وقتی که از مقیاس مزرعه وارد مقیاس‌های شبکه و حوضه آبریز می‌شویم، اصولاً تعریف نشده است. زیرا در یک حوضه آبریز (به خصوص حوضه‌های آبریز بسته) راندمان آبیاری می‌تواند ۱۰۰ درصد باشد، حال آنکه راندمان آبیاری مزرعه شاید ۳۰ درصد محاسبه گردد. این امر با توجه به بحث در نظر گرفتن مقیاس برای شاخص بهره‌وری آب صادق است. یعنی اگر در دشت‌های یک حوضه آبریز بسته (نظیر حوضه آبریز زاینده‌رود) راندمان آبیاری مزارع کشاورزان به طور مجزا اندازه‌گیری شود، اعداد راندمان مانند ۴۰٪، ۳۵٪، ۱۸٪، ۵۰٪، و ۱۰٪ و غیره ممکن است حاصل شود، ولی با توجه به اینکه در این حوضه‌ها بازچرخانی آب وجود دارد و تلفات آب مزارع بالادست در واقع با آب ورودی به مزارع پایین دست تلفیق می‌شوند، بخش اندکی از آب در مقیاس بزرگتر تلف شده و عمده آن مورد مصرف قرار گرفته و راندمان مصرف آب در این مقیاس می‌تواند بسیار بالا باشد.

البته نباید این غلط مصطلح را نیز از نظر دور نداشت که بهره‌وری آب با کارایی مصرف آب تفاوت می‌نماید. آنچه که معمولاً به بهره‌وری آب در مزرعه اطلاق می‌گردد، همان کارایی مصرف آب است. وقتی که مقیاس کار از مزرعه فراتر می‌رود یعنی وارد بحث استفاده بهینه از آب در شبکه و یا حوضه آبریز می‌شویم، دیگر شاخص کارایی مصرف آب نیز معنی نخواهد داشت، چون محصولات مختلفی خواهیم داشت و جریان آب از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر و یا از واحدی از شبکه به واحد دیگر جریان دارد و تفاوت می‌نماید.

در واقع شاخص کارایی مصرف آب شاخص کمی است که قابل اندازه‌گیری است (کیلوگرم محصول تولید شده در مزرعه به آب تحویلی در ابتدای مزرعه) ولی شاخص بهره‌وری آب اصولاً شاخص کیفی است و عددی برای آن وجود ندارد. عوامل بسیار زیادی بر این شاخص می‌توانند تأثیرگذار باشند که خیلی از آنها را نمی‌توان کمی نمود. مثلاً قوانین و سیاست‌های آب، بازار آب، نظام عرضه و تقاضای آب. حتی مسائلی نظیر خشکسالی، ترسالی، تغییر اقلیم و ... نیز بر بهره‌وری آب تأثیرگذارند. ما فقط می‌توانیم در هر شبکه یا حوضه آبریز بگوییم که با توجه به میزان تولیدات کشاورزی، دامی، شیلات و غیره حاصل از کل آب مصرفی سالانه (که در مخازن سدهای احداث شده کشور سالانه ذخیره می‌گردند) وضعیت بهره‌وری آب آن شبکه و یا حوضه آبریز خوب یا نامناسب است. اصولاً این شاخص، شاخصی مجازی است و ما وقتی بهبود شاخص‌های دیگر را می‌بینیم می‌توانیم قضاوت کنیم که این شاخص نیز بهبود یافته و یا علی‌القاعده باید بهبود یابد. لذا در اینجا ضرورت تعریف شاخص‌های محلی مبین بهره‌وری آب در کشور نیز نمایان می‌گردد.

لذا در مجموع می‌توان گفت که هر دو شاخص راندمان و کارایی مصرف آب فقط در مقیاس مزرعه معنی دارند و اگر صرفاً بحث استفاده بهینه از آب با استفاده از سیستم آبیاری خاصی باشد، شاخص راندمان شاخص خوبی است ولی اگر می‌خواهیم تأثیرات اقدامات فنی و اجرایی و زراعی، اقلیمی و ... که ورای فقط کاربرد آب است را در تولید محصول و استفاده بهینه از آب (آن هم در مقیاس مزرعه) ببینیم، باید شاخص کارایی مصرف آب را استفاده نمود.

در مقیاس‌های شبکه و حوضه آبریز، اصولاً استفاده از شاخص راندمان برای تصمیم‌سازی برای عملیات و

اقدامات آب و خاک اصولاً بی معنی و اعداد به دست آمده نیز گویای چیزی نیستند. کاربرد شاخص کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شده از آزمایشات نقطه‌ای مزرعه‌ای نیز همین نتایج را دربردارد. ولی کاربرد روش‌ها و معیارهای بزرگ مقیاس (نظیر سنجش از دور و ماهواره) می‌تواند تا حدی برآورد مناسبی از شاخص کارایی مصرف آب شبکه و حوضه آبریز را ارائه نموده و بتوان از آن برای تصمیم‌سازی‌ها و اقدامات فنی، سازه‌ای و مدیریتی برای بهبود کارایی مصرف آب بزرگ مقیاس (نه آن هم بهبود بهره‌وری آب) انجام داد.

بهبود بهره‌وری آب هدفی است که تمامی اقدامات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری بر روی آن تأثیرگذار بوده ولی به‌رحال شاخص‌های کمی مختلفی (بسته به مقیاس‌های مدیریت آب مختلف) برای برای آن وجود دارد و این شاخص‌ها به دلیل پیچیدگی‌های آنها نمی‌توانند مستقیماً برای سیاستگذاری‌های مدیریت آب کشور مورد استفاده قرار گیرند. مثلاً یکی از این پیچیدگی‌ها آن است که برای عملکرد محصول آیا عملکردتر ملاک باشد یا عملکرد خشک؟ آیا میزان کالری و یا پروتئین محصول ملاک باشد یا صرفاً میزان فیبر تولید شده و غیره.

اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است. در حال حاضر بهره‌وری آب کشاورزی، به خصوص در مقیاس حوضه آبریز، در ایران در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. تعیین و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب حوضه در بسیاری از موارد کار ساده‌ای نیست. زیرا در یک حوضه آبریز، آب فقط برای تولیدات کشاورزی به کار نمی‌رود و به مصارف دیگری نظیر شرب، صنعت، و نیازهای زیست محیطی نیز می‌رسد. از طرفی دیگر در یک حوضه آبریز تفکیک بهره‌وری آب باران (آب سبز) و آب ذخیره شده برای مصارف آبی حوضه (آب آبی) با توجه با ارتباط هیدرولوژیکی منابع آب سطحی و زیرزمینی، و در بررسی بیلان آبی حوضه نیز، کار بسیار مشکلی است. لذا باید از فناوری‌های خاصی نظیر استفاده از فناوری‌های تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور و از ابزار مرتبط یعنی زمین آمار بهره جست.

به طور معمول برآوردهای بهره‌وری آب (WP) در مقیاس فراتر از مقیاس مزرعه معمولاً انجام نشده و یا خیلی انگشت شمار می‌باشند. دلیل این امر موجود نبودن داده‌های مورد لزوم در مقیاس‌های بزرگتر می‌باشند. به عبارت دیگر در این حالت برآوردهای میزان منابع و مصارف به طور معمول در مقیاس‌های هیدرولوژیک زیر حوضه و یا حوضه بوده، در حالی که منافع و عملکرد فیزیکی و اقتصادی حاصله از مصرف منابع آب به طور معمول در مقیاس‌های تقسیمات اداری و استانی می‌باشند.

حال اگر بخواهیم از بحث بهره‌وری فیزیکی آب، یعنی مقدار جرم ماده تولید شده به ازای حجم یا جرم آب مصرف شده (تبخیر) شده در حوضه آبریز فراتر رفته و به بحث بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی بپردازیم، مسئله بسیار پیچیده شده و آن به مسائلی نظیر منابع آب و سودمندی حاصل از آن، بحث آب مجازی، و مزیت نسبی آب در بخش‌های مختلف مصرف کننده آب ارتباط می‌یابد و بسیاری از پارامترها در این مبحث کیفی بوده و قابل اندازه‌گیری نیستند و یا مسائل اقتصادی - اجتماعی و سیاستگذاری دیگری نیز دخیل می‌باشند.

مسئله درخور توجه برای بررسی بهره‌وری آب این است که اطلاعات پایه‌ای لازم برای محاسبه شاخص‌های نقدی و غیر نقدی بهره‌وری آب کشاورزی به اندازه کافی فراهم نیست و جا دارد که در این زمینه کار زیادی انجام شود. لذا برای سیاستگذاری کلان آب کشور، باید بیشتر به دنبال تعیین این شاخص از طریق

شاخص‌های اقتصادی (دلار یا ریال بر متر مکعب آب استحصالی) باشیم. یعنی در بحث بهره‌وری آب، اقتصاد تولید و اقتصاد آب شبکه و یا حوضه آبریز باید مطالعه و بررسی شده و معیار تصمیم‌سازی‌های ملی برای بحث صرفه‌جویی و استفاده بهینه از آب قرار گیرد.

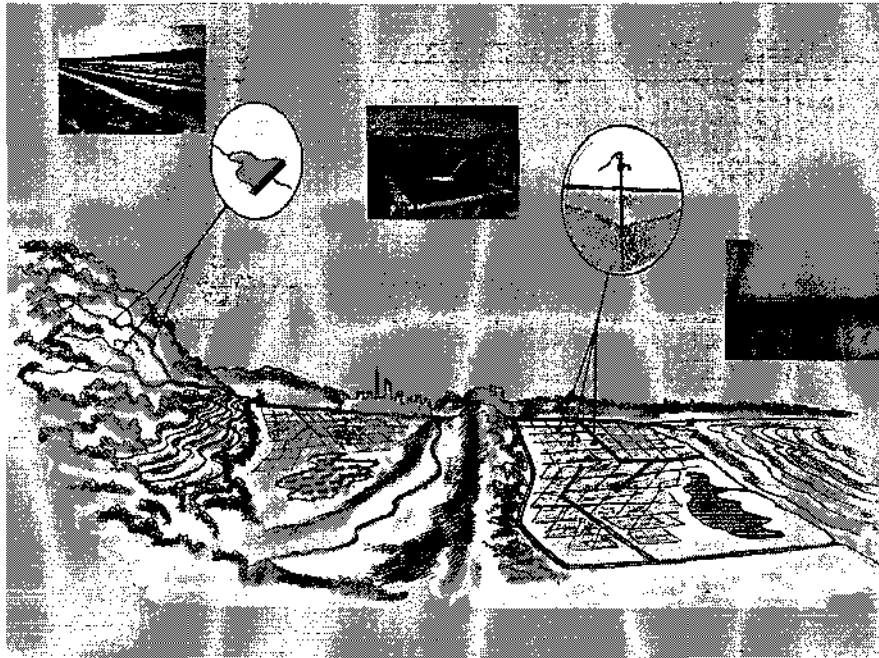
### مسائل و چالش‌های بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در ایران

از حدود ۳۷ میلیون هکتار از اراضی مستعد کشاورزی کشور، به دلیل محدودیت منابع آب فقط ۸/۷ میلیون هکتار آن آبی محسوب می‌شود و از طرف دیگر از حدود ۹۳ میلیارد متر مکعب آب استحصال شده از منابع سطحی و زیرزمینی حدود ۸۶ میلیارد متر مکعب (۹۲٪) آن در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد.

در سال‌های گذشته، در مدیریت منابع آب و خاک کشور به بحث جامع‌نگری و سطوح مختلف مدیریتی در این زمینه خیلی توجه نشده است. بر اساس مولدن و همکاران (۲۰۰۳)، در نظر گرفتن مقیاس‌های مختلف در زمینه مدیریت آب کمک می‌نماید تا مشکل تعریف بهره‌وری آب «محصول بیشتر با آب کمتر» یعنی «کدام محصول و کدام آب» را حل نماییم. بر اساس مولدن و همکاران (۲۰۰۳)، مصرف و مدیریت آب در کشاورزی، مقیاس‌های مختلفی از جمله گیاه، کرت<sup>۱</sup>، مزرعه<sup>۲</sup>، سیستم توزیع آب، حوضه آبریز، کشور، و جهان را در بر می‌گیرد. در زمانیکه مقیاس ماه گیاه است، ما در زمینه مسائلی نظیر فرایندهای فیزیولوژیکی، فتوسنتز، جذب مواد غذایی، و تنش گیاهی تمرکز می‌نماییم. در مقیاس کرت و مزرعه، فرایندهای دلخواه مختلف بوده و به عنوان نمونه شامل مواردی نظیر کاربرد کودها، فعالیت‌های حفظ رطوبت در خاک توسط عملیات خاک ورزی، و غیره می‌باشند. وقتی که آب در یک شبکه آبیاری توزیع می‌شود، فرایندهای مهم در این مقیاس شامل تخصیص آب، توزیع آب، حل مناقشات، و مسائل زهکشی هستند. در مقیاس حوضه آبریز، تخصیص و توزیع آب مجدداً مهم هستند، اما آنها شامل موارد مختلفی از مصارف و مصرف‌کنندگان می‌گردند. در مقیاس‌های ملی و بین‌المللی (کشوری و جهانی)، تجارت، قیمت‌ها، و آب مجازی مطرح می‌گردند. بهر حال فرایندهای بین این مقیاس‌ها دارای ارتباطات داخلی هستند. مولدن و همکاران (۲۰۰۳) نتیجه‌گیری می‌نمایند که مسئله مقیاس در برداشت ما از مفهوم بهره‌وری آب تأثیر بسیار زیادی دارد.

مسائل و معضلات بخش آب و خاک بایستی بطور سیستماتیک در سطوح (یا مقیاس‌های) حوضه آبریز، شبکه، مزرعه، و گیاه همزمان بررسی گردد (شکل ۱). داشتن دیدگاه بهره‌وری پایدار و برگشت پذیر از کلیه منابع و به ویژه منابع آب برای بقاء کشور و نسل‌های آینده ضرورت دارد و این مهم، یعنی بهبود بهره‌وری عوامل تولید (که مهمترین آنها آب می‌باشد)، نیز به صورت الزامات قانونی مختلف، و از جمله در سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران، تصریح گردیده است. بهر حال با توجه به مسائل کمبود آب و خشکسالی در کشور و اثرات متقابل برنامه‌های مختلف مدیریت آب با مسائل اجتماعی و محیط زیستی، از شدت این بی‌توجهی‌ها نسبتاً کاسته شده است.





شکل ۱: تصویر شماتیکی از نگرشی سیستمی و جامع به بحث بهره‌وری آب در مقیاس‌های مختلف (گیاه، مزرعه، شبکه، و حوضه آبریز)

لذا برنامه راهبردی «بهبود بهره‌وری آب کشاورزی» با تکیه بر مباحث فوق و نظریه‌های پذیرفته شده جهانی، چهار حوضه مطالعه و عمل تخصصی زیر را به عنوان مبنای کار خود قرار داده و مسائل و مشکلات ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی و اهداف و اولویت‌های تحقیقاتی و غیرتحقیقاتی (اجرایی) مرتبط را در چهار گروه (با سطح و مقیاس) مدیریتی گیاه<sup>۱</sup>، مزرعه<sup>۲</sup>، شبکه و حوضه آبریز<sup>۳</sup> و گروه چهارم مسائل اقتصادی-اجتماعی-سیاستگذاری-تشکیلاتی<sup>۴</sup> بررسی و ارایه نموده است. در نمودارهای ۱ الی ۴ مسائل بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به ترتیب برای چهار گروه یا مقیاس مذکور ارایه گردیده است. در این نمودارها عوامل اصلی (لایه اول) مسائل در هر مقیاس ارایه گردیده است. لایه‌های دوم و سوم و حتی تا چهارم و پنجم این مسائل نیز بررسی و ارایه گردید که برای مطالعه بیشتر می‌توان به حیدری (۱۳۸۸) رجوع نمود.

«گیاه» نقش مهمی در استفاده بهینه از آب و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی دارد. مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی (نظیر کم آبی، شوری، گرما و...)، باز شدن روزنه‌ها در عمل فتوسنتز و خروج آب از گیاه، جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه‌ها، تولید ماده گیاهی<sup>۵</sup> و عملکرد نهایی به ازای واحد آب مصرفی تماماً می‌توانند بر بهره‌وری آب در مقیاس گیاه تأثیرگذار باشند. در مقیاس گیاه فرضیات یا سؤالات اصلی که مطرح است عبارتند از: عوامل موثر در بهبود بهره‌وری آب گیاه در کشور کدام هستند؟ دلایل و عوامل پایین بودن بهره‌وری آب گیاه در شرایط حاضر چیست؟ و ارتباط این عوامل و ارتباط متقابل آنها با سایر عوامل موجود (سایر عوامل

- 1- Plant working group
- 2- Field working group
- 3- Basin-System working group
- 4- Socio-economic and Policy-Institution
- 5- Biomass

زراعی و اقلیمی و ...) و یا مقیاس‌های بالاتر چگونه است؟ قلمرو کاری و عوامل اصلی مرتبط با این مقیاس شامل موارد زیر می‌باشند (نمودار ۱): ۱- مسائل ارقام اصلاح شده متحمل به تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، گرما و...) ۲- مدیریت‌های به زراعی ۳- بحث تناسب اقلیم (Agro-Ecology)، ۴- بحث تغییر اقلیم و تأثیرات آن روی گیاه ۵- محدودیت‌های آب و خاک و ۶- بحث انتقال اطلاعات و یافته‌های تحقیقاتی.

لازم به ذکر است که در ارایه مسائل مطرح شده، گیاه خاصی مد نظر نبوده و بلکه به گیاه به عنوان جزئی از چرخه مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی نگریسته شده است. بدیهی است که مسائل به-زراعی و به-نژادی مرتبط با کاهش مصرف آب و افزایش تولید هر محصول یا گیاه خاص (نظیر گندم، ذرت، چغندر قند، ...) باید در برنامه راهبردی محصول مورد نظر به تفصیل دیده شود. وجه تمایز مسائل مطرح شده برای بهبود بهره‌وری آب در مقیاس گیاه با سایر مسائل مطرح شده در برنامه‌های راهبردی محصولی دیگر در آن است که در اینجا مسائل بهره‌وری آب گیاه، در حالت کلان و کلی و در ارتباط با مصارف بهینه آب در سایر مقیاس‌های مرتبط دیده شده و تلاش گردیده تا این مسائل با جامع‌نگری لازم ارایه گردد.

مسائل و محدودیت‌های بهبود بهره‌وری آب در مقیاس «مزرعه» از اهمیت خاصی برخوردار هستند. مزرعه محیط و شرایطی است که تمامی فعالیت‌های کشاورزی شامل تهیه زمین، کاشت، داشت، و برداشت در این محیط/مقیاس اتفاق افتاده و همچنین تمامی فعالیت‌های تامین و توزیع آب تا محل مصرف و آبیاری برای این محیط انجام می‌شود. بنابراین مسائل این مقیاس به طور مستقیم و قابل ملاحظه‌ای بر روی میزان مصرف آب و عملکرد محصول که هدف نهایی بهره‌بردار است، تأثیرگذار است. این مسائل و مشکلات همچنین با توجه به ارتباط مقیاس‌ها با یکدیگر سبب بروز مشکلات بزرگ - مقیاس دیگری نظیر کمبود منابع آب حوضه و آلودگی‌های زیست محیطی و مسایل اجتماعی، اقتصادی، و سیاسی مختلفی می‌گردد. مسائل و مشکلات بهبود بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه با توجه به تمرکز بیشتر فعالیت‌های بهره‌برداران و حتی برنامه‌ریزان در این مقیاس بسیار زیاد و متنوع می‌باشد. به‌رحال با توجه به نتایج حاصله از بحث‌های تخصصی در گروه کار مربوطه، مسایل و مشکلات در شش رده اصلی زیر جمع‌بندی و طبقه‌گردید (نمودار ۲): ۱- پایین بودن بازده (راندمان) آب آبیاری ۲- کافی نبودن منابع مطمئن آب ۳- پایین بودن کیفیت منابع آب و خاک ۴- پایین بودن شاخص‌های مکانیزاسیون ۵- مسائل مهندسی سامانه‌های آبیاری<sup>۱</sup> ۶- دانش کم و آموزش ناکافی بهره‌برداران.

حوضه آبریز همانگونه که از نام آن بر می‌آید محل جمع آوری، نگهداری و هدایت آب به دشت‌های زیر دست برای مقاصد مختلف مصرف شامل کشاورزی، شرب، و صنعت می‌باشد. حوضه آبریز از لحاظ هیدرولوژیک می‌تواند به اصطلاح باز و یا بسته باشد. در حوضه آبریز دشتهای کشاورزی مختلفی قرار داشته و درون این دشت‌ها منابع آب ذخیره شده توسط سدها و یا بندها، یا در آبخوان‌ها توسط شبکه‌های آبیاری تنظیم شده (مدرن) و یا تنظیم نشده (سنتی) مورد مصرف قرار می‌گیرند.

۱- لازم به ذکر است که در خصوص مسائل مهندسی سامانه‌های آبیاری، این مسائل به صورت کلان و کلی و صرفاً با دید بهبود بهره‌وری آب دیده شده است. با توجه به نقش و اهمیت سامانه‌های آبیاری و به خصوص سامانه‌های آبیاری تحت فشار در این زمینه، مسائل تفصیلی‌تر در کاربرد این سامانه‌ها از جنبه‌های مختلف فنی و اقتصادی - اجتماعی در گزارش برنامه راهبردی جداگانه‌ای تحت عنوان: تحقیقات «توسعه پایدار روش‌های آبیاری تحت فشار» از مجموعه برنامه‌های راهبردی موضوعی مصوب سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی ارایه گردیده است.

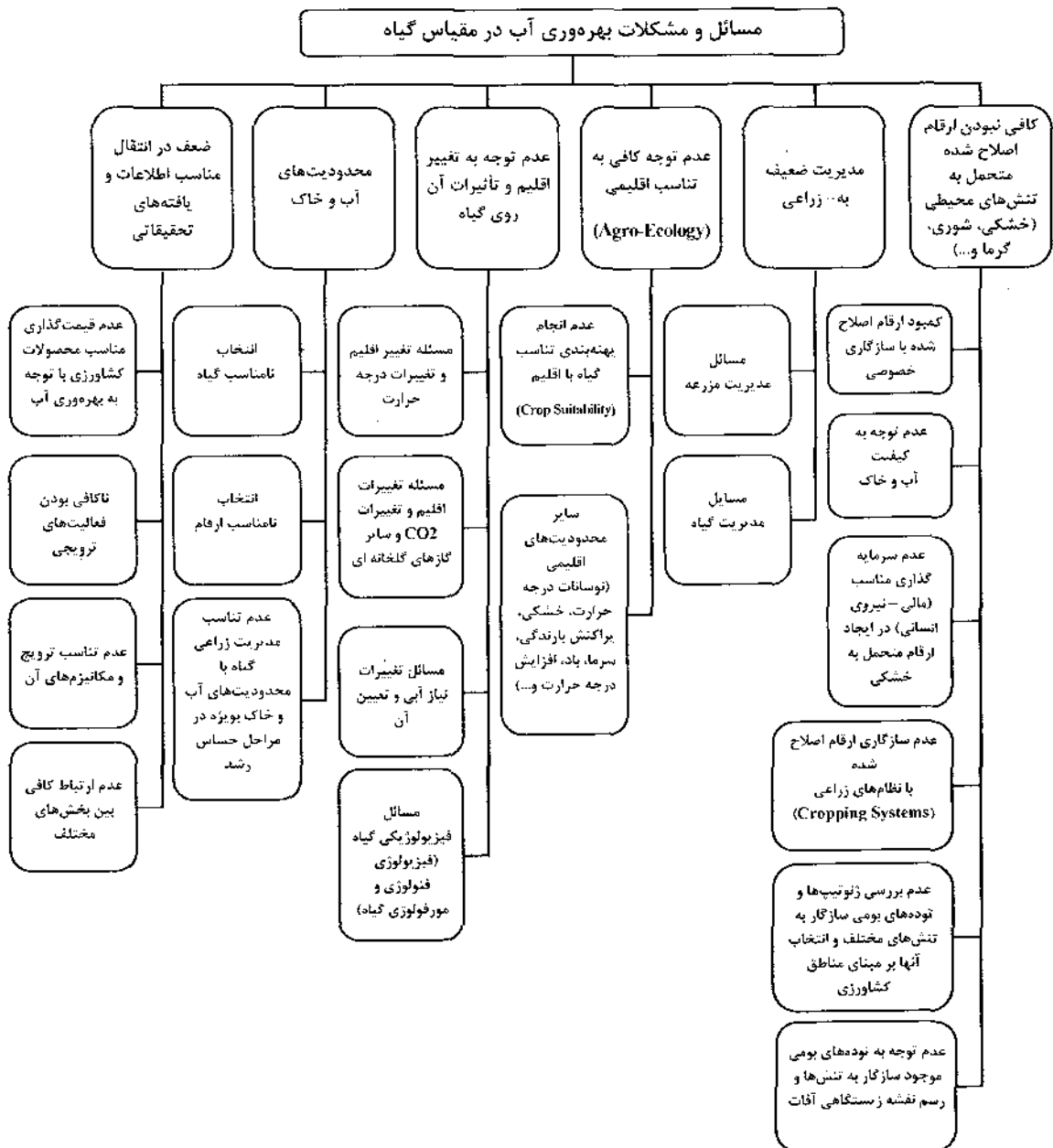
در بخش کشاورزی کشور مطرح نمودن بحث مدیریت آب در مقیاس حوضه آبریز بیشتر تداعی کننده مسائل آبخیزداری، سیل، فرسایش و رسوب، و اخیراً خشکسالی بوده است. هدف از این فعالیت‌ها، علیرغم ارزش بسیار بالای آنها، بیشتر بحث حفاظت از منابع آب و خاک و منابع طبیعی بوده و به بحث تأمین آب کشاورزی و مدیریت آب با دیدگاه افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس حوضه آبریز کمتر توجه شده است.

یکی از مباحث مهمی که در سال‌های اخیر در مطالعات و تحقیقات مرتبط با مدیریت آب در جهان به وقوع پیوسته است، تغییر نگرش از مدیریت بخشی آب به مدیریت جامع آب برای کشاورزی می‌باشد. یعنی مطالعات قبل فقط به بحث راندمان آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب در مقیاس مزرعه می‌پرداختند، در حالیکه در شرایط کنونی روش‌های جامع‌نگری مطرح شده که مطالعات حوضه آبریز- شبکه آبیاری- مزرعه- گیاه را یکجا در نظر گرفته و به انجام می‌رساند. این روش مطالعه به خصوص برای حوضه‌های آبریز تحت تنش آبی بسیار اساسی است. زیرا هر فعالیت و اقدام مصرف کننده آب در این نوع از حوضه‌ها به طور اتوماتیک و برگشت‌ناپذیری بر سایر مصرف‌کنندگان آب در حوضه تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین در این شرایط مطالعات مدیریت آب باید مبتنی بر مدل‌سازی جامع و کاربرد تکنولوژی و اطلاعات جدید باشد تا دینامیک هر سطح مدیریتی یعنی گیاه- مزرعه- شبکه آبیاری- حوضه آبریز، و همچنین ارتباط داخلی و متقابل آنها را درک نماید.

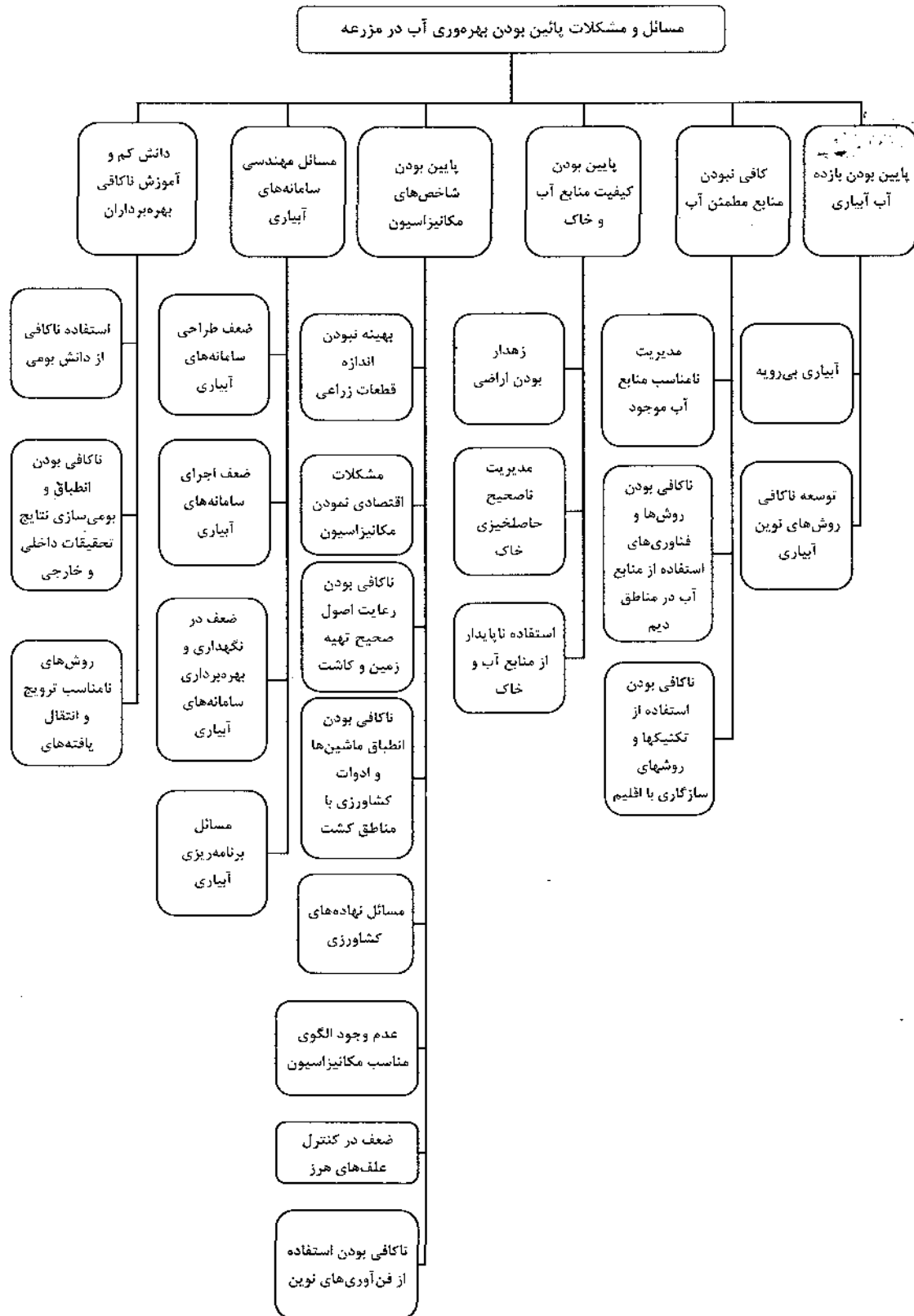
در مسائل بهره‌وری آب در مقیاس شبکه و حوضه آبریز مسائل فنی بزرگ مقیاس بحث بهره‌وری آب مدنظر قرار گرفته و مقیاس کار فراتر از مسائل مزرعه می‌باشد. در این مقیاس مسائلی همچون: مدیریت تخصیص منابع آب حوضه، مدیریت حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب حوضه، و برنامه‌ریزی و مدیریت بحران‌های آب بحث و بررسی گردیده‌اند. قلمرو کاری و موارد مرتبط با این مقیاس شامل: مدیریت خشکسالی کشاورزی، کشاورزی دیم و حوضه آبریز، بهره‌وری آب در حوضه با در نظر گرفتن مصارف آب در بالادست و تأثیرات آن بر پایین دست حوضه، راندمان انتقال و توزیع آب، اقلیم، مشارکت آب بران در شبکه‌های آبیاری، منابع و بیان آب‌های سطحی و زیرزمینی، مسائل قنات‌ها و چشمه‌ها، بهره‌وری آب حوضه و مسائل زیست محیطی، مدیریت عرضه و تقاضا، مدیریت تخصیص آب حوضه، مدیریت کیفیت آب خروجی زهکش‌ها، افزایش بهره‌وری آب در شبکه، استفاده از پساب‌ها و آب‌های نامتعارف در حوضه، شبکه سنجش در آبیاری و زهکشی، و الگوی کشت شبکه و حوضه می‌گردند. مسائل اصلی مرتبط با بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس حوضه آبریز- شبکه آبیاری را می‌توان در چهار گروه و رده اصلی به شرح زیر آرایه نمود (نمودار ۲): ۱- عدم وجود برنامه‌های جامع مدیریت تخصیص منابع آب حوضه ۲- جامع نبودن مدیریت حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب حوضه ۳- ضعف در برنامه‌ریزی و مدیریت بحران‌های آب ۴- ضعف تشکیل و مدیریت بانک اطلاعات و پردازش داده.

در گروه اقتصادی- اجتماعی- سیاستگذاری- تشکیلاتی، به مسائل مدیریتی و نرم افزاری بحث بهره‌وری آب پرداخته شده و اهداف آن مسائل فنی نبوده و بلکه بیشتر هدف آن برنامه ریزی و سیاستگذاری است. قلمرو کاری این گروه کار شامل مواردی نظیر: سیاست‌های کشور در زمینه بهره‌وری آب کشاورزی، برنامه عملیاتی مدیریت توأمان عرضه و تقاضای آب کشاورزی، راهکارها و انگیزه‌های مناسب سرمایه‌گذاری در جهت توسعه، بهره‌برداری و نگهداری منابع و تأسیسات آبی، مدیریت در برنامه‌ریزی، مطالعه، طراحی و اجرای منابع و

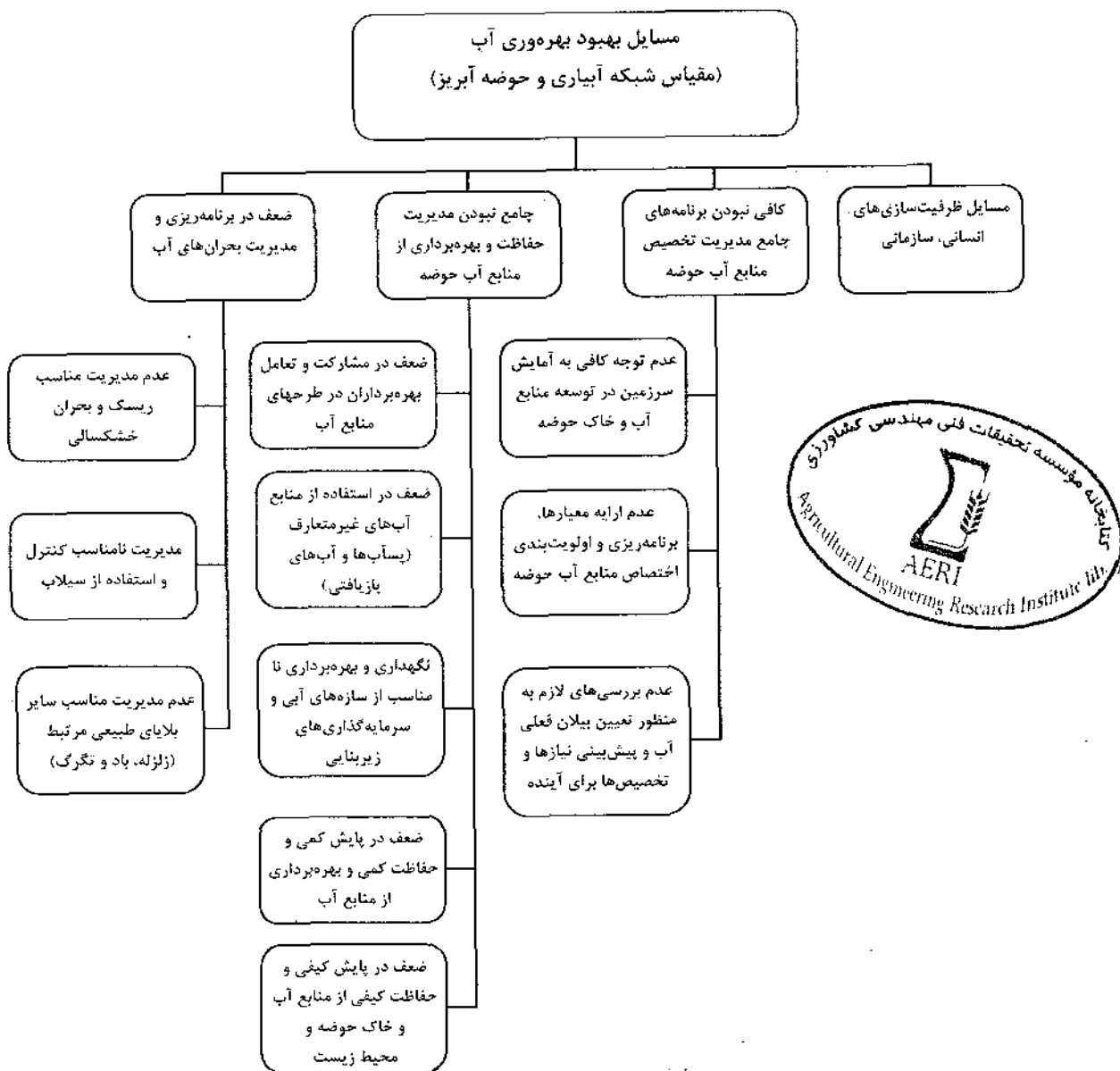
تأسیسات آبی، کفایت برنامه‌های آموزش، توانمندسازی و ظرفیت‌سازی در بهبود بهره‌وری مصرف آب کشاورزی می‌باشند. علیرغم وسیع و متنوع بودن ابعاد مسایل اقتصادی-اجتماعی-سیاستگذاری-تشکیلاتی در بهبود بهره‌وری آب، کلیه این مسائل در پنج گروه و دسته زیر طبقه بندی گردیدند (نمودار ۴): ۱- انطباق ناکافی سیاست‌های کشور با بهره‌وری آب کشاورزی ۲- فقدان برنامه عملیاتی مدیریت توافمان عرضه و تقاضای آب کشاورزی در مدیریت آب کشور ۳- فقدان راهکارها و انگیزهای مناسب سرمایه‌گذاری در جهت توسعه، بهره‌برداری و نگهداری منابع و تأسیسات آبی ۴- کافی نبودن کارآمدی مدیریت در برنامه‌ریزی، مطالعه، طراحی و اجرا برای منابع و تأسیسات آبی کشور ۵- عدم کفایت برنامه‌های آموزش، توانمندسازی و ظرفیت‌سازی در بهبود بهره‌وری آب کشاورزی.



نمودار ۱: درخت مسائل اصلی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس گیاه (حیدری، ۱۳۸۸)



نمودار ۲: درخت مسائل اصلی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس مزرعه (حیدری، ۱۳۸۸)



نمودار ۳: درخت مسائل اصلی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس حوضه آبریز (حیدری، ۱۳۸۸)



نمودار ۴: درخت مسائل اصلی اقتصادی - اجتماعی و سیاستگذاری - تشکیلاتی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی

(حیدری، ۱۳۸۸)

## اهداف دارای الویت برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در ایران

برای حل مسائل و مشکلات ذکر شده برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، اهداف تحقیقاتی و غیرتحقیقاتی مرتبط در چهار سطح یا مقیاس انتخابی، نیز ارائه گردیدند (حیدری، ۱۳۸۸). بدیهی است که تمامی این اهداف و اقدامات مورد نیاز دارای درجه اهمیت و اثر بخشی یکسانی برای رسیدن به هدف نهایی نمی‌باشند. از طرفی دیگر با توجه به امکانات و منابع انسانی، فنی و مالی کشور پرداختن به این اهداف به طور همزمان نیز میسر نبوده و شاید ضروری هم نباشد. لذا در اینجا بحث اولویت‌بندی اهداف و محورهای مطرح می‌گردد. با این دیدگاه در ابتدا نسبت به تعیین درجه اهمیت و اثر بخشی هر یک از اهداف تحقیقاتی و غیرتحقیقاتی تدوین شده اقدام گردید. درجه اهمیت و اثر بخشی در چهار گروه اهمیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، و کم تقسیم‌بندی گردیدند. در مرحله بعد، اهداف با اولویت‌های زیاد یعنی با درجه اهمیت و اثر بخشی بالا تفکیک شده و برای هر مقیاس و یا سطح (گیاه، مزرعه، حوضه، اقتصادی-اجتماعی...) ارائه گردیدند. این اهداف در واقع اهدافی می‌باشند که در برنامه‌های کوتاه و میان مدت برای بهبود بهره‌وری آب باید به آنها پرداخته شوند. لازم به ذکر است که همانند روش مشارکتی به کار گرفته شده در تدوین درخت‌های مسائل و اهداف<sup>۱</sup>، درجه اهمیت و اولویت‌بندی اهداف و محورهای تحقیقاتی و غیرتحقیقاتی طی جلسات کارشناسی و با نظر خواهی از تمامی مشارکت‌کنندگان و ذینفعان/ ذیربطان موضوع تعیین گردیدند. در زیر نتایج اولویت‌بندی انجام شده (فقط برای اولویت خیلی زیاد) برای اهداف بهبود بهره‌وری آب کشاورزی به تفکیک هر مقیاس مدیریتی ارائه گردیده است.<sup>۲</sup>

### اهداف با اولویت خیلی زیاد در مقیاس گیاه

- ۱- افزایش هدفمند ارقام اصلاح شده با سازگاری خصوصی متحمل به تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، گرما، و سرما) (تنوع ارقام).
- ۲- برنامه ریزی و سرمایه گذاری کافی (مالی- نیروی انسانی) در ایجاد ارقام متحمل به تنش‌ها (خشکی، شوری، و گرما و ...) و تحقیقات مرتبط با آن.
- ۳- رعایت مسائل تناوب، آیش، و الگوی کشت مناسب به منظور بهبود مدیریتهای به زراعی برای گیاه.
- ۴- ایجاد و استفاده کافی از بانک داده‌های اقلیمی و پیش بینی‌ها در کشاورزی برای افزایش و بهبود فرایند انتقال اطلاعات و یافته‌های تحقیقاتی.
- ۵- افزایش فعالیت‌ها و بهبود مکانیزم‌های ترویجی برای افزایش و بهبود فرایند انتقال اطلاعات و یافته‌های تحقیقاتی.
- ۶- ایجاد ارتباط کافی بین بخشهای مختلف (اجراء، بهره‌بردار، تحقیقات، ترویج، و بیمه) به منظور افزایش و بهبود فرایند انتقال اطلاعات و یافته‌های تحقیقاتی.

#### 1- Problem and objective trees

۲- برای مطالعه نتایج تفصیلی اولویت‌بندی اهداف، و محورهای اجرایی و تحقیقاتی مورد نیاز برای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، می‌توان به رفرنس حیدری (۱۳۸۸) رجوع نمود.



- ۷- پهنه‌بندی تناسب گیاه با اقلیم (Agro-Ecology - Crop Suitability).
- ۸- بررسی و توجه کافی به محدودیت‌های اقلیمی (نوسانات درجه حرارت، خشکی، پراکنش بارندگی، سرما، باد، افزایش درجه حرارت (Risk assessment)).

#### اهداف با اولویت خیلی زیاد درمقیاس مزرعه

- ۱- واقعی نمودن قیمت آب
- ۲- کاهش تلفات آب مجازی با کاهش افت‌های برداشت محصول (افت‌های کمباینی، و ...)
- ۳- نظارت و جلوگیری از برداشت بی‌رویه از منابع آب در دسترس
- ۴- توسعه استفاده از تکنیک‌های آبیاری تکمیلی در کشاورزی دیم
- ۵- افزایش میزان آگاهی کشاورزان از مسائل آب، خاک و گیاه
- ۶- بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه جهت جلوگیری از زهدار شدن اراضی
- ۷- توجه بیشتر به فاز مطالعه در مطالعه و طراحی سامانه‌های آبیاری
- ۸- اجراء، نظارت، و بهره‌برداری صحیح از روش‌های نوین آبیاری
- ۹- تسطیح مناسب اراضی
- ۱۰- انتخاب روش مناسب آبیاری
- ۱۱- تجهیز و یکپارچه‌سازی اراضی
- ۱۲- افزایش کاربرد تکنیک‌های مدیریتی و فنی
- ۱۳- مدیریت استفاده بهینه از منابع آب و خاک نامتعارف
- ۱۴- افزایش شناخت محققان از مسائل و مشکلات کشاورزی سنتی
- ۱۵- استفاده بیشتر از روش‌های حفظ رطوبت خاک در کشاورزی دیم
- ۱۶- گسترش استفاده از فن‌آوری‌های استحصال آب باران در کشاورزی دیم
- ۱۷- کاربرد مناسب و کافی از تکنیک‌های به زراعی و به نژادی در کشاورزی دیم
- ۱۸- فرهنگ‌سازی و جلب مشارکت کشاورزان برای ارتقاء شاخص‌های مکانیزاسیون از طریق اصلاح و بهینه‌سازی اندازه قطعات زراعی
- ۱۹- افزایش فعالیت‌های تجهیز و نوسازی برای ارتقاء شاخص‌های مکانیزاسیون
- ۲۰- پایداری اقتصاد تولید به منظور اقتصادی نمودن مکانیزاسیون
- ۲۱- استفاده از ماشین‌های خاک‌ورزی کمینه و کاشت داخل بقایا

#### اهداف با اولویت خیلی زیاد درمقیاس شبکه آبیاری- حوضه آبریز

- ۱- برنامه‌ریزی و عملیاتی نمودن تحویل حجمی آب (در زمان و مکان مورد تقاضا)
- ۲- تعیین معیارهای بهره‌برداری و مصرف بهینه آب در دشت‌ها (الگوی کشت، نوع محصول، حقایب،

راندمان و...)

- ۳- بررسی جامع تر تأثیر توسعه حوضه‌های بالا دست بر پایین دست
- ۴- ارتقا نگرش حوضه‌ای و توجه به مسائل بالادست - پایین دست (نگاه سیستمی)
- ۵- مدیریت مناسب ریسک و بحران خشکسالی
- ۶- مدیریت کاهش اثرات خشکسالی
- ۷- نظارت کافی بر برداشت‌های آب در بهره‌برداری از منابع آب حوضه
- ۸- بهبود مدیریت عرضه آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی در شرایط خشکسالی
- ۹- تشکیل و مدیریت بانک اطلاعات و پردازش داده
- ۱۰- ایجاد هماهنگی‌های بین سازمانی در پایش و حفاظت کیفی از منابع آب و خاک حوضه و محیط زیست
- ۱۱- گسترش بیمه محصولات کشاورزی برای مدیریت ریسک و بحران خشکسالی
- ۱۲- مطالعه و بررسی کافی روی روش‌های مواجهه با خشکسالی
- ۱۳- آمادگی و واکنش‌های سازمانی و تغییرات ساختاری لازم برای مدیریت ریسک و بحران خشکسالی
- ۱۴- برنامه ریزی و تأکید بر استفاده تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی
- ۱۵- تقویت مشارکت و تعامل بهره‌برداران در طرح‌های منابع آب
- ۱۶- ایجاد مرکز تصمیم‌سازی نهایی برای مدیریت مناسب ریسک و بحران خشکسالی
- ۱۷- مشارکت بیشتر بهره‌برداران در فازهای طراحی و اجرا و بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات آبیاری
- ۱۸- بررسی‌های جامع سیاست‌های تخصیص آب بین حوضه‌ای

#### اهداف با اولویت خیلی زیاد اقتصادی- اجتماعی- سیاستگذاری- تشکیلاتی

- ۱- تدوین قانون جامع آب کشور
- ۲- کارآمدی مدیریت در چرخه اجرای قوانین، مقررات و دستورالعمل‌های مدیریت آب
- ۳- اصلاح قوانین ارث، مالکیت و بهره‌برداری
- ۴- لحاظ نمودن شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در آمایش سرزمین
- ۵- شکل‌گیری شورای مدیریت آب در حوضه‌های آبریز کشور
- ۶- بهنگام و اجرایی نمودن سند الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی
- ۷- تحویل حجمی آب
- ۸- تعیین ساختار و سازمان متولی آب کشاورزی
- ۹- ایجاد ساختار مناسب آب کشاورزی در سطوح پایین و اجرایی
- ۱۰- تعیین معیارها و ضرورت‌ها و چگونگی تعادل در اعتبارات فصل منابع آب کشور (استحصال و

مدیریت مصرف آب

- ۱۱- بررسی اقتصاد آب در توسعه پایدار کشاورزی و تعیین راهکارها
- ۱۲- تدوین مدل برنامه‌ریزی (ملی- منطقه ای)
- ۱۳- ایجاد انگیزه برای کاهش ضایعات محصولات کشاورزی
- ۱۴- توسعه و بهبود فناوری‌های پس از برداشت و صنایع تکمیلی
- ۱۵- ارایه برنامه جامع تخصیص و توزیع و مصرف آب
- ۱۶- پایداری و استمرار مدیریتی در سیاست‌های بخش
- ۱۷- ارتقاء سطح مشارکت بهره‌برداران از تأمین تا توزیع و مصرف آب (در مقیاس‌های شبکه و حوضه آبریز)
- ۱۸- بررسی و تسهیل خصوصی‌سازی در بخش سرمایه‌گذاری مدیریت آب کشاورزی
- ۱۹- افزایش سرمایه‌گذاری (دولتی- خصوصی) در بخش مدیریت آب کشاورزی
- ۲۰- تجهیز نقاط تحویل به ابزار مناسب برای تحویل حجمی آب در زمان و مکان مورد نیاز به بهره‌برداران کشاورزی
- ۲۱- زمینه سازی برای فعال نمودن آب بران در عملیات بهره‌برداری و نگهداری
- ۲۲- تدوین و اجرای برنامه جامع الگوی مصرف بهینه آب در دشت‌های کشور
- ۲۳- اقناع‌سازی بهره‌برداران در استفاده از سیستم‌های مدرن
- ۲۴- ارتقاء آموزش بهره‌برداران بخش و نظام آموزش عالی در جهت مدیریت بهره‌برداری و نگهداری
- ۲۵- اتخاذ سیاست‌های کارآمد برای قوانین و مقررات و دستورالعمل‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی
- ۲۶- ارایه و فراهم‌آوری تمهیدات و ابزار لازم برای اجرای قانون‌ها و دستورالعمل‌ها
- ۲۷- پایش و ارزیابی اجرای سیاست‌ها به منظور ایجاد ثبات در سیاست‌های بخش کشاورزی
- ۲۸- تعیین جایگاه مناسب ذینفعان در مدیریت برنامه‌ریزی، مطالعه، طراحی و اجرای منابع و تأسیسات آبی کشور
- ۲۹- تعیین اختیارات و مسئولیت‌های ذینفعان در مدیریت برنامه‌ریزی، مطالعه، طراحی و اجرای منابع و تأسیسات آبی کشور
- ۳۰- تعیین وظایف NGOها و NGOها در تشکیلات آب در مدیریت برنامه‌ریزی، مطالعه، طراحی و اجرای منابع و تأسیسات آبی کشور
- ۳۱- افزایش مشارکت قانونمند بهره‌برداران در کلیه مراحل ساخت و بهره‌برداری و نگهداری از منابع و تأسیسات آبی کشور
- ۳۲- تعیین و شفاف‌سازی مکانیزم‌های مشارکت مالی بهره‌برداران در سرمایه‌گذاری‌های استحصال و مدیریت مصرف آب
- ۳۳- ارتقاء آگاهی عمومی در زمینه استفاده بهینه از آب کشاورزی
- ۳۴- توسعه منابع انسانی (ظرفیت سازی) از طریق ارتقاء کارایی ترویج و انتقال یافته‌ها
- ۳۵- توسعه منابع انسانی (ظرفیت سازی) با ایجاد ساختار سازمانی مناسب

- ۳۶- مدیریت منابع انسانی (توانمند سازی) با ارتقاء مهارت‌های مدیریتی
- ۳۷- ارزیابی و تحلیل اقتصادی و فنی در استفاده از فناوری‌های مدرن در مدیریت آب
- ۳۸- بستر سازی برای توجیه اقتصادی سرمایه گذاری در آب کشاورزی
- ۳۹- افزایش کارایی سیاست‌ها و حمایت‌های مالی جهت استفاده از فناوری‌های مدرن در مدیریت آب
- ۴۰- تناسب سازی فن‌آوری‌های مدرن در استفاده از شیوه‌ها و فناوری‌های مدرن در مدیریت آب
- ۴۱- بررسی اثرات قیمت‌گذاری آب بر الگو، سطح زیر کشت، و میزان تولید محصولات کشاورزی
- ۴۲- توجه و الزام بیشتر به جنبه‌های علمی شیوه‌های مدیریت و برنامه‌ریزی در اتخاذ سیاست‌های کارآمد برای قوانین و مقررات و دستورالعمل‌های مدیریت و برنامه‌ریزی آب
- ۴۳- تدوین شاخص‌های اقتصادی بهره‌وری آب در کشور (به تفکیک دشت و محصول)
- ۴۴- اصلاح بعضی قوانین آب و ایجاد تضمین لازم برای اجرای آنها
- ۴۵- ایجاد و تقویت نظام‌های مناسب بهره‌برداری آب کشاورزی
- ۴۶- تعیین قیمت ذاتی آب در مقیاس‌های دشت و حوضه آبریز
- ۴۷- توجه کافی به بحث تجارت آب مجازی
- ۴۸- ایجاد راهکارها و مکانیسم‌های حفظ (تسهیلات خرید و فروش) آب مازاد و صرفه‌جویی شده
- ۴۹- تعریف ساختارهای مدیریتی سازگار با شرایط ملی و محلی در اجرای کامل و صحیح قوانین و سیاست‌های موجود

### بحث و نتیجه‌گیری

براساس اهداف برنامه‌های توسعه پنج‌ساله مختلف کشور (اول تا چهارم) مقدار بهره‌وری مصرف آب تا آخر برنامه سوم می‌بایست برابر ۱/۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد، در حالیکه این امر تقریباً در اواخر برنامه چهارم محقق شد. با مقدار فعلی بهره‌وری آب (حدود ۱/۰ کیلوگرم بر متر مکعب) برای تولیدات کشاورزی مورد نیاز در سال ۱۴۰۴ (حدود ۱۹۰ میلیون تن) به اندازه ۲ برابر کل منابع آب استحصال شده و ۱/۴ برابر پتانسیل منابع آب تجدید شونده کشور، آب مورد نیاز می‌باشد که امکان حصول آن میسر نیست. لذا به منظور نیل به اهداف تولیدات کشاورزی در پایان برنامه چهارم و یا حداکثر در یک افق ۱۶ ساله (سال ۱۴۰۴)، مقدار شاخص بهره‌وری آب در کشور باید حداقل در دامنه ۲/۰-۱/۶ کیلوگرم بر متر مکعب باشد. با توجه به رشد جمعیت و میزان تولیدات کشاورزی فاریاب مورد نیاز در سال هدف، و با این میزان شاخص بهره‌وری آب هدف، نیاز به حدود ۹۴-۱۱۵ میلیارد مترمکعب آب در سال می‌باشد که با توجه به استحصال منابع آب و میزان آب تخصیصی به بخش کشاورزی قابل حصول بوده و انتخاب منطقی و بهینه از شاخص بهره‌وری آب می‌باشد.

بهرحال بهبود شاخص بهره‌وری آب کشاورزی کشور مستلزم شناخت مسائل و مشکلات مختلف فنی، مدیریتی، و ساختاری و تشکیلاتی در زمینه مدیریت آب در کشور می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق، مسائل

ریشه‌های و اصلی در ارتباط با پایین بودن بهره‌وری آب کشاورزی را باید در مقیاس‌های گیاه، مزرعه، و حوضه آبریز و در ضمن توجه به مشکلات اقتصادی - اجتماعی، و سیاست‌گذاری - تشکیلاتی تقسیم‌بندی و بررسی نمود. نتایج این بررسی مشخص نمود که مسائل بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس‌های گیاه، مزرعه و حوضه آبریز، و مسائل اقتصادی اجتماعی - سیاست‌گذاری - تشکیلاتی، به ترتیب ۹/۴، ۲۹/۴، ۲۴/۲، و ۳۷/۰ درصد از کل این مجموعه مسائل را شامل می‌شوند (جدول ۱). همچنین مسائل «اقتصادی - اجتماعی - سیاست‌گذاری - تشکیلاتی» و مسائل مقیاس «مزرعه» بیشترین سهم این مسائل را به خود اختصاص می‌دهند و بعد از آنها مسائل مقیاس‌های حوضه آبریز و گیاه قرار می‌گیرند.

جدول ۱: تعداد مسائل و مشکلات بهبود بهره‌وری آب کشاورزی ایران\*

درصد از کل (%)	جمع	اقتصادی - اجتماعی - سیاست‌گذاری - تشکیلاتی	حوضه آبریز	مزرعه	گیاه	مقیاس / لایه
۴/۵۸	۲۱	۵	۴	۶	۶	اول
۱۷/۲۱	۷۹	۲۴	۱۱	۲۳	۲۱	دوم
۶۴/۹۲	۲۹۸	۱۲۰	۶۰	۱۰۲	۱۶	سوم
۱۰/۸۹	۵۰	۱۸	۲۸	۴	-	چهارم
۲/۴۰	۱۱	۳	۸	-	-	پنجم
۱۰۰	۴۵۹	۱۷۰	۱۱۱	۱۳۵	۴۳	جمع
	۱۰۰	۳۷/۰۴	۲۴/۱۸	۲۹/۴۱	۹/۳۷	درصد از کل (%)

\* بر اساس درخت‌های مسائل بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در مقیاس‌های مختلف (حیدری، ۱۳۸۸)

در خصوص تحقیقات مورد نیاز برای حل مسائل ذکر شده بهبود بهره‌وری آب، بررسی‌ها نشان می‌دهند که تحقیقات مورد نیاز برای بسیاری از موارد نسبتاً در کشور انجام شده ولی متأسفانه نتایج آن مورد استفاده بخش اجرایی کشور قرار نگرفته است. از طرفی دیگر، بسیاری از مسائل مذکور در ماهیت خود از نوع اجرایی بوده و جنبه تحقیقاتی ندارند و بخش اجرا می‌بایست با برنامه ریزی مناسب نسبت به انجام آنها اهتمام ورزد. به عنوان نمونه در تقسیم‌بندی اهداف مورد نیاز برای بهبود بهره‌وری آب کشور (با اولویت خیلی زیاد تا زیاد)، اهداف صرفاً اجرایی ۴۴٪، اهداف صرفاً تحقیقاتی ۸٪ و اهدافی که به طور مشترک از نوع اجرایی و تحقیقاتی هر دو هستند، ۴۸٪ از کل اهداف را تشکیل می‌دهند.

برای بهبود بهره‌وری آب همانگونه که از شاخص آن مشهود است، باید به موازات کاهش مصرف آب (مخرج کسر) عملکرد محصول (صورت کسر) نیز افزایش یابد. در واقع اثرگذاری اقدامات و فعالیت‌های بهبود بهره‌وری آب وقتی عملی می‌گردد که اقدامات منجر به تغییرات در صورت و مخرج کسر (افزایش صورت و کاهش مخرج) به طور همزمان باشد. به عبارت دیگر برای حل معضل بهبود بهره‌وری آب، نگاه‌ها نباید فقط به بخش آب کشور معطوف بوده و بلکه سایر بخش‌ها (نظیر زراعت، باغبانی، دامپروری، آبی‌پروری، اقتصاد، بازرگانی، و ...) نیز باید دخیل شوند. لذا توأم دیدن کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد برای بهبود بهره‌وری آب، رویکرد علمی‌تر و عملی‌تر برای نیل به اهداف برنامه توسعه در کشور است.

در مجموع می‌توان اظهار نمود که راه‌حل اساسی استفاده بهینه از آب در کشور، گذار تدریجی از دوران مدیریت عرضه به مدیریت توامان عرضه- تقاضا و درنهایت به مدیریت تقاضا در افق آینده می‌باشد. باید متذکر گردید که این گذر آسان نبوده و نیاز به ابزارها و امکانات گسترده‌ای دارد که امروز از آنها به عنوان مدیریت یکپارچه آب نام برده می‌شود. از اقدامات و راه‌حل‌های اساسی در این مدیریت یکپارچه می‌توان به بهبود بهره‌وری آب در کلیه مقیاس‌های مدیریتی آب یعنی از گیاه تا مزرعه و از مزرعه تا حوضه آبریز، نام برد.

## منابع

- ۱- حیدری، نادر. ۱۳۸۸. برنامه راهبردی بهبود بهره‌وری مصرف آب کشاورزی. گزارش پژوهشی طرح تحقیقاتی تدوین برنامه راهبردی بهبود بهره‌وری مصرف آب کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی، شماره ثبت ۸۸/۶۵ مورخ ۸۸/۱/۱۶.
- ۲- انتصاری، محمدرضا، حیدری، نادر، خیرابی، جمشید، علایی، مسعود، فرشی، علی اصغر، وزیری، ژاله، دهقانی سانیچ، حسین، سادات میری، محمد حسین، کاظمی، پروانه، و مجید میر لطیفی. ۱۳۸۶. کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. انتشارات گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار ۱۱۱.
- ۳- حیدری، نادر، دهقانی سانیچ، حسین، و مسعود، علایی تفتی. ۱۳۸۸. مدیریت تقاضا و مصرف آب و نقش آن در ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی در ایران. انتشارات گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (کتاب در دست چاپ).
- 4- Maguire R.P. 2007. How can scientific research be more effectively integrated into public policy making? Agricultural Water Management: Proceedings of workshop on Strengthening Science-based Decision making in Developing Countries, June 4-9, 2005, Tunisia, National Academy of Science, Washington D.C., USA.
- 5- Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., and I. Makin. 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and opportunities for improvement, A Water-productivity framework for understanding and action, Comprehensive assessment of water management in agriculture, series no. 1, International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka, CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon, OX10 8DE, UK.