بهره‌وری آب کشاورزی

تألیف:

مهندس مهرزاد احسانی **مهندس هومن خالدی**

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه

۱۳۸۲

احسانی، مهرزاد، ۱۳٤۹-
بهره‌وری آب کشاورزی/ تألیف مهرزاد احسانی، هومن خالدی، گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.- تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۲.
۱۱۵ ص.: مصور، جدول.
ISBN 964-6668-49-6 : ۷۰۰۰ ریال
فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیپا.
پشت جلد به انگلیسی:
Mehrzad Ehsani, Homan Khaledi. Water Productivity in Agriculture.
۱. آب کشاورزی. الف. ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه. ب. خالدی، هومن، ۱۳۵۳- .ج. عنوان.
۳ الف ۲ آ/s٤۹٤/٥ ٦۳۱/٥۸۷
کتابخانه ملی ایران ۸۲-۲٦٤۱٤ م

نام کتاب: بهره‌وری آب کشاورزی
مولفین: مهندس مهرزاد احسانی، مهندس هومن خالدی

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
حروف چینی و صفحه آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
چاپ اول: زمستان ۱۳۸۲
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
شابک: ۶ – ۴۹ – ۶۶۶۸ – ۹۶۴
نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۲۴،
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۷۲۲۸۵

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

فهرست مندرجات کتاب

عنوان	صفحه
فصل اول	
نگرشی بر وضعیت منابع آب، کشاورزی و تولید مواد غذایی در ایران و جهان	۱
۱ـ۱ـ مقدمه	۲
۱ـ۲ـ بررسی وضعیت منابع آب در جهان و ایران	٤
۱ـ۲ـ۱ـ شاخص‌های بحران آب	٤
۱ـ۲ـ۲ـ موازنه و بحران آب در جهان	٦
۱ـ۲ـ۳ـ موازنه و بحران آب در ایران	۹
۱ـ۳ـ وضعیت کشاورزی و آبیاری در جهان و ایران	۱۳
۱ـ۳ـ۱ـ وضعیت کشاورزی و آبیاری در جهان	۱۳
۱ـ۳ـ۲ـ وضعیت کشاورزی و آبیاری در ایران	۲۰
۱ـ٤ـ وضعیت راندمان‌های آبیاری در جهان و ایران	۲۱
۱ـ٥ـ وضعیت تولید محصولات کشاورزی در جهان و ایران	۲۳
۱ـ٥ـ۱ـ مقدمه	۲۳
۱ـ٥ـ۲ـ بررسی و مقایسه وضعیت برخی محصولات مهم کشاورزی (غلات)	۲۷
۱ـ٦ـ جمع بندی	۳٦
فصل دوم	
مفهوم بهره‌وری	۳۹
۲ـ۱ـ مقدمه	۳۹
۲ـ۲ـ تاریخچه بهره‌وری	٤۰
۲ـ۳ـ تمایز چند واژه (تولید، کارایی، اثربخشی و بهره‌وری)	٤۰
۲ـ٤ـ جمع‌بندی	٤۳

عنوان صفحه

فصل سوم

بهره‌وری آب کشاورزی ٤٥

۳ـ۱ـ مقدمه ٤٥

۳ـ۲ـ اهمیت بررسی بهره‌وری آب کشاورزی ٤٥

۳ـ۳ـ اهمیت محاسبه شاخص‌های بهره‌وری ٤٧

۳ـ٤ـ معرفی برخی از شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی ٤٨

۳ـ٥ـ جمع‌بندی ٥٢

فصل چهارم

مثال‌هایی از نحوه تعیین و کاربرد برخی شاخص‌های بهره‌وری آب ٥٣

٤ـ۱ـ مقدمه ٥٣

٤ـ۲ـ مثال‌هایی از نحوه تعیین شاخص بهره‌وری آب کشاورزی ٥٤

٤ـ۳ـ مثال‌هایی از کاربرد شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی ٦٧

٤ـ٤ـ جمع‌بندی ٧٠

فصل پنجم

روش‌های تحلیل و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی ٧٣

٥ـ۱ـ مقدمه ٧٣

٥ـ۲ـ روش‌های تحلیل بهره‌وری ٧٥

٥ـ۲ـ۱ـ بررسی روند تغییرات بهره‌وری آب در طی زمان (تحلیل زمانی) ٧٥

٥ـ۲ـ۲ـ مقایسه بهره‌وری آب یک واحد تولیدی با سایر واحدها (تحلیل مکانی) ٧٦

٥ـ۲ـ۳ـ هدف‌گذاری بهره‌وری آب برای آینده ٧٧

عنوان	صفحه
٥ـ٣ـ نقش مدیریت و برنامه‌ریزی در ارتقای بهره‌وری	٧٨
٥ـ٤ـ راهکارهای بهبود و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی	٨٠
٥ـ٤ـ ١ـ افزایش راندمان‌های آبیاری	٨٠
٥ـ٤ـ٢ ـ تأکید بر مدیریت تقاضای آب به همراه مدیریت عرضه آب	٨٤
٥ـ٤ـ٣ـ کاهش تبخیر از سطح مزرعه	٨٥
٥ـ٤ـ٤ـ انجام کم آبیاری به منظور ارتقای بهره‌وری	٨٦
٥ـ٤ـ٥ـ استفاده از تکنولوژی‌های ارزان و کارآمد	٨٨
٥ـ٤ـ٦ ـ ارزش‌گذاری واقعی قیمت آب	٨٩
٥ـ٤ـ٧ـ آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک	٩٠
٥ـ٤ـ٨ـ مدیریت آبیاری در مزرعه	٩١
٥ـ٤ـ٩ـ اصلاح خاک به منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی	٩٣
٥ـ٤ـ١٠ـ تأثیر کمی و کیفی اطلاعات آماری در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی	٩٤
٥ـ٤ـ١١ـ استفاده از پساب‌ها در کشاورزی	٩٦
٥ـ٤ـ١٢ـ مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری	٩٧
٥ـ٤ـ١٣ـ ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری	٩٨
٥ـ٤ـ١٤ـ استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار	١٠٠
٥ـ٤ـ١٥ـ کشت در محیط‌های کنترل شده	١٠١
٥ـ٤ـ١٦ـ توجه به آموزش، تحقیقات و ترویج در افزایش بهره‌وری آب	١٠١
منابع	١٠٣

پیشگفتار

به دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن در ایران، این کشور در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. با وجود این شرایط، رشد سریع جمعیت طی دهه‌های گذشته به همراه گسترش شهرنشینی باعث افزایش تقاضای آب از منابع آب محدود کشور شده است. بطوریکه در حال حاضر حدود ٦٩ درصد کل آب تجدیدپذیر کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد که این مقدار در قیاس با سایر کشورهای جهان، بسیار زیاد به نظر می‌رسد.

با وجود کمبودهای اشاره شده، کشاورزی ایران به شدت به آب آبیاری وابسته است بطوریکه حدود ۹۰ درصد فرآورده‌های خام کشاورزی از بخش فاریاب تولید می‌شود، لذا به نظر می‌رسد که کمبود منابع آب، علاوه بر کند کردن روند توسعه کشاورزی در حال حاضر، باعث خسارات و زیان‌هایی نیز در آینده خواهد شد.

لذا لازم است از هم اکنون با اتخاذ تدابیر اصولی و معقول، راهکارهایی را برای عبور از بحران‌های احتمالی آینده اندیشید. یکی از راهکارهای توصیه شده، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشور می‌باشد.

با توجه به جدید و نو بودن مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تشریح مبانی نظری و کاربردی بهره‌وری را در برنامه گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه قرار داده است که حاصل تلاش یکساله این گروه در کتاب حاضر آورده شده است.

در این کتاب تلاش شده که ضمن تحلیل وضعیت منابع آب و تولید محصولات کشاورزی کشور به مفاهیم بهره‌وری و روش‌های ارتقای آن توجه گردد. بدین لحاظ آنچه که برای بسط و توسعه این مفهوم در نظر گرفته شده به قرار زیر می‌باشد:

- تعیین وضعیت مصرف آب کشاورزی کشور و مقایسه آن با سایر کشورهای دنیا.
- آشنایی با واژه بهره‌وری و تمایز آن با سایر اصطلاحات مشابه.
- آشنایی با مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی و معرفی برخی شاخص‌های مطرح در این زمینه.

- مثال‌هایی از نحوه تعیین و کاربرد بهره‌وری آب کشاورزی.
- روش‌های تحلیل و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی.

در پایان لازم می‌دانم از اعضاء گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه خاصه آقای دکتر نی‌ریزی که در هدایت این مجموعه تلاش نمودند قدردانی نمایم. همچنین از آقای مهندس صادق رجب‌پور که ویرایش این کتاب را به عهده داشتند و آقای سیاوش زیدعلی که اطلاعاتی را از شبکه آبیاری مغان جمع‌آوری کردند تقدیر می‌گردد و نهایتاً از خانم‌ها زهره و ناهید آقابیک که در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب نهایت دقت و حوصله را بکار گرفتند تشکر نمایم.

سیداسدالله اسدالهی

دبیرکل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فصل اول

نگرشی بر وضعیت منابع آب، کشاورزی و تولید مواد غذایی در ایران و جهان

۱ـ۱ـ مقدمه

تقریباً یک میلیارد نفر از ساکنان جهان با درآمدی کمتر از یک دلار در روز در فقر مطلق زندگی می‌کنند و از گرسنگی شدید رنج می‌برند. در کشورهای در حال توسعه از بین هر چهار کودک یکی از آنها دارای وزنی کمتر از میزان طبیعی بوده و در کشورهای فقیر، بیشتر کودکان وزنشان از حد طبیعی کمتر است، چنین کودکانی در معرض خطرات انواع بیماری قرار داشته و به همین دلیل بسیاری از آنان هرگز به سن بلوغ نمی‌رسند. سوء تغذیه، عامل اصلی مرگ و میر کودکان در کشورهای در حال توسعه است و در این میان کودکانی که جان سالم بدر می‌برند از این که در آینده با گرسنگی، بی‌خانمانی، بیسوادی و بیکاری دست به گریبان خواهند بود در هول و هراسند.

در جهانی که امکان تولید غذا بیش از تغذیه جمعیت کنونی موجود است، گرسنگی پدیده‌ای طبیعی نیست، بلکه در اثر عمل و یا غفلت انسان پدید می‌آید.

در حال حاضر در جهان حدود ۸٤۰ میلیون نفر در شرایط کمبود غذائی بسر می‌برند که اکثراً یعنی حدود ۸۰۰ میلیون نفر در کشورهای درحال توسعه زندگی می‌کنند و در این میان ٦۷ میلیون نفر نیاز به کمک‌های اضطراری مواد غذائی دارند . در اجلاس جهانی غذا که در سال ۱۹۹٦ برگزار شد رهبران بیش از ۱۸۰ کشور جهان موافقت کردند که تا سال ۲۰۱۵ شمار افراد گرسنه جهان را به نصف کاهش دهند، اما با وجود اینکه حدود ۷ سال از این تصمیم سپری شده هنوز پیشرفت چندانی در این زمینه مشاهده نشده است.

بنا بر گزارش‌های سازمان خواروبار جهانی طی چند ساله اخیر وضعیت برخی از کشورها بهبود یافته است، به عنوان مثال در چین از تعداد افراد مبتلا به سوء تغذیه ۷٤ میلیون نفر کاسته شده، اما در سایر کشورهای درحال توسعه جهان ۵۰ میلیون نفر بر تعداد گرسنگان افزوده شده است. به گفته سازمان ملل گرسنگی عمدتاً ناشی از فقر، سیل، مناقشات مسلحانه، ناآرامی‌های سیاسی، خشکسالی، کمبود آب با کیفیت مناسب و عواملی از این دست می‌باشد. در آینده با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای مصرف آب از یک طرف و گرم شدن کره زمین از طرف دیگر پیش‌بینی می‌شود وضعیت تغذیه از شرایط کنونی وخیم‌تر گردد.

مطالعات اخیر توسط مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سیاست‌گذاری غذا[1] و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب[2] بیانگر این نکته است که با ادامه افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و گسترش صنایع تا سال ۲۰۲۵ میزان آب قابل تخصیص برای بخش کشاورزی در کل جهان محدودتر خواهد شد و همچنین به خاطر اختصاص آب بخش محیط زیست به مصارف کشاورزی، خانگی و صنعتی، این بخش با زیان‌های بیشتری مواجه خواهد گشت. بنابراین اگر میزان سرمایه‌گذاری در مدیریت پایدار منابع آب طی سالیان آینده کاهش یابد، جهان با کاهش چشمگیری در تولید غذا و افزایش سرسام‌آور قیمت مواد غذایی و بحرانهای فراوانی در بخش محیط زیست رو به رو خواهد شد.

از طرف دیگر پیش‌بینی شده تا ۲۵ سال آینده، آمریکا به خاطر افزایش جمعیت خود دیگر قادر به صادرات غلات نباشد، به عبارت دیگر اگر کشورهای دیگر پول هم داشته باشند قادر به خرید غلات نخواهند بود. در سال ۱۹٦۰ یعنی حدود چهار دهه پیش اکثر کشورها از نظر تأمین مواد غذائی خودکفا بودند اما امروزه از ۱۸۳ کشور دنیا فقط دو کشور آمریکا و کانادا صادرکنندگان اصلی غلات هستند. در حال حاضر آمریکا با صادرات حدود ٤۰ میلیارد دلار در سال اولین کشور صادرکننده مواد

1- IFPRI (International Food Policy Research Institute)
2- IWMI (International Water Management Institute)

غذائی در دنیا است اما با توجه به شرایط موجود صادرات این کشور تا ۲۵ سال آینده به تدریج کاسته خواهد شد و در سال ۲۰۲۵ میلادی صادرکننده عمده مواد غذائی نخواهد بود.

تحقیقات بعمل آمده نشان می‌دهد که با بهبود بهره‌وری آب در اراضی آبی و دیم قادر خواهیم بود برای کشاورزی، محیط زیست، صنعت و مصارف خانگی به اندازه کافی آب در اختیار داشته باشیم. اما این راه حل نیاز به اصلاحات اداری و مدیریتی و سرمایه‌گذاری عمده در تحقیقات، تکنولوژی، امور زیربنایی و مواردی از این دست دارد.

بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهمترین موضوعاتیست که در سال‌های اخیر در مجامع علمی مرتبط با آب و آبیاری مورد توجه جدی قرار گرفته است. لذا شناساندن فواید کاربرد این علم در کشور و تشریح اهمیت آن در استفاده صحیح و کارا از منابع آب و سایر نهاده‌های کشاورزی به منظور تولید بیشتر هدف اصلی تالیف این کتاب می‌باشد.

عصاره اصلی و ساختار بنیادی مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است. بدین لحاظ برای درک بهتر موضوع و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی، در فصل اول کتاب ابتدا وضعیت منابع آب جهان و به ویژه ایران به تفصیل بیان می‌گردد و همچنین با استفاده از شاخص‌های بحران آب، وضعیت منابع آب کشورمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. و در ادامه، پتانسیل اراضی کشاورزی و میزان تولید محصولات به ویژه غلات که اصلی‌ترین منبع تامین مواد غذایی مردم ایران و جهان است به تفکیک مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. از این رو با روشن شدن وضعیت منابع آب، نحوه استفاده از آن و میزان تولید محصولات کشاورزی ضرورت توجه به موضوع بهره‌وری آب در بخش کشاورزی شفاف‌تر خواهد شد.

۱ـ۲ـ بررسی وضعیت منابع آب در جهان و ایران

آب عامل مهمی در توسعه اقتصادی و کشاورزی کشورهای جهان به شمار می‌رود. از این رو لازم است قبل از مطالعه و بررسی وضعیت کشاورزی و آبیاری در جهان و ایران، وضعیت منابع آب در حال و آینده مورد بحث و بررسی قرار گیرد. بدین منظور ابتدا چند شاخص معتبر بین‌المللی سنجش میزان بحران آب که جهت تجزیه و تحلیل وضعیت منابع آب کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد تشریح می‌شود.

۱-۲-۱- شاخص‌های تعیین بحران آب

شاخص‌ها و مدل‌های متعددی برای سنجش میزان بحران آب کشورها به کار گرفته می‌شود. سه شاخص زیر از معتبرین شاخص‌هایست که همواره مورد استناد قرار می‌گیرد.

الف: شاخص فالکن مارک

ب: شاخص سازمان ملل

ج: شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب

الف- شاخص فالکن مارک

این دانشمند سوئدی در مطالعات خود بحران آب را براساس مقدار سرانه منابع آب تجدیدپذیر سالیانه هر کشور تعریف کرده است. فالکن مارک میزان سرانه آب ۱۷۰۰ متر مکعب در سال را به عنوان شاخص تنش و میزان ۱۰۰۰ متر مکعب آب سرانه در سال را به عنوان شاخص کمبود معرفی کرده است. بر این اساس کشورهایی که دارای سرانه منابع آب سالانه تجدیدپذیر بیش از ۱۷۰۰ متر مکعب هستند، مشکل بحران آب ندارند و کشورهایی که دارای سرانه منابع آب تجدیدپذیر بین ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ متر مکعب هستند جزو کشورهای با تنش آبی محسوب می‌گردند و کشورهایی که دارای سرانه آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب در سال هستند جزو کشورهای با کمبود آب می‌باشند. قابل ذکر است که سرانه آب کمتر از ۵۰۰ متر مکعب در سال، فشار بسیار شدیدی به آن کشور تحمیل می‌کند.

ب- شاخص سازمان ملل

کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل در تعیین شاخص بحران آب از معیار دیگری استفاده نموده است. این کمیسیون، میزان درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر هر کشور را به عنوان شاخص اندازه‌گیری بحران آب معرفی کرده است. براساس شاخص سازمان ملل، هرگاه میزان برداشت آب یک کشور بیشتر از ٤٠ درصد کل منابع آب تجدیدپذیر آن باشد، این کشور با بحران شدید آب مواجه بوده و اگر این مقدار در حد فاصل ۲۰ تا ٤٠ درصد باشد، بحران در وضعیت متوسط و چنانچه این شاخص بین ۱۰ تا ۲۰ درصد باشد، بحران در حد معتدل و برای مقادیر کمتر از ۱۰ درصد، این کشور بدون بحران آب یا دارای بحران کم است.

ج- شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب

مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب برای بررسی وضعیت منابع آب، دو عامل (I_{IWMI1}) و(I_{IWMI2}) را هم زمان مورد استفاده قرار می‌دهد. عامل اول درصد برداشت کنونی نسبت به کل منابع آب سالانه می‌باشد و عامل دوم درصد میزان برداشت آب در آینده نسبت به برداشت آب در حال حاضر می‌باشد. جدول زیر وضعیت این شاخص را بهتر نشان می‌دهد (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب

سطح بحران	شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب
شدید	I_{IWMI1}*>٪۵۰
متوسط تا شدید	I_{IWMI1}<٪۵۰ & I_{IWMI2}**>٪۲۰۰
معتدل	I_{IWMI1}<٪۵۰ & ٪۲۰۰ >I_{IWMI2}>٪۱۲۵
کم یا عدم وجود	I_{IWMI1}<٪۵۰ & ٪۱۲۵>I_{IWMI2}

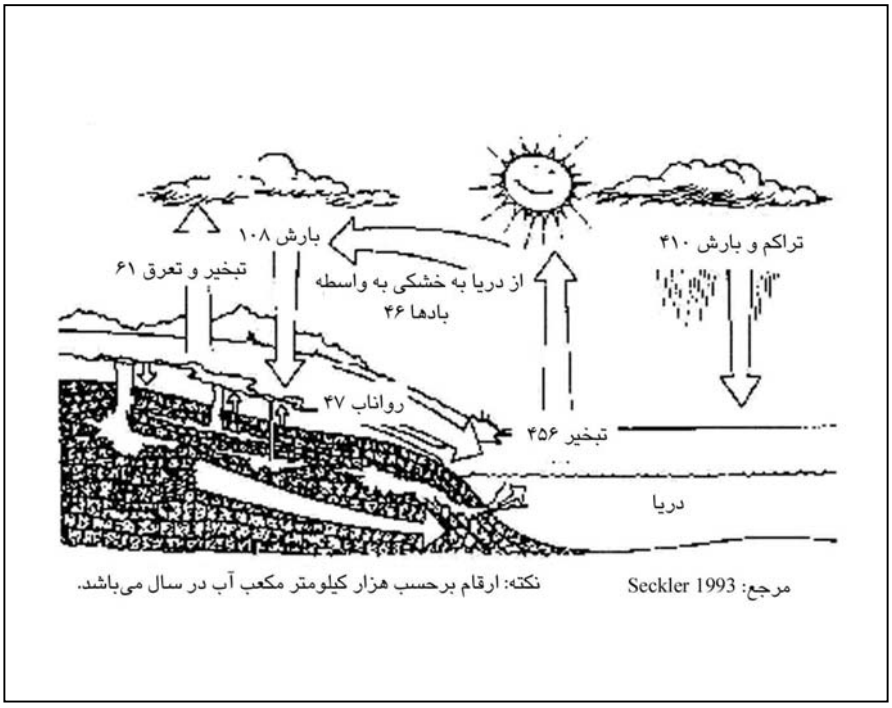
*میزان برداشت کنونی نسبت به منابع آب سالانه تجدیدپذیر به صورت درصد: (I_{IWMI1})

**میزان برداشت آینده نسبت به برداشت فعلی به صورت درصد: (I_{IWMI2})

۱-۲-۲ – موازنه و بحران آب در جهان

الف- موازنه منابع آب در جهان

بحث منابع آب را با نگاهی گذرا به موازنه آب در مقیاس جهانی آغاز می‌کنیم. در شرایط طبیعی، ایجاد یا از بین بردن آب کاری دشوار است. چرخه طبیعی آب در اشکال جامد، مایع و گاز در سطح جهان انجام می‌شود، بنابراین آب نه از دست می‌رود و نه بدست می‌آید. این امر بدان معناست که مقدار کل آب موجود در کره زمین نسبت به میلیون‌ها سال پیش تغییری نکرده است. بیش از ۹۷ درصد از منابع آب جهان در دریاها و اقیانوس‌ها قرار دارد، و چنان شور است که نمی‌توان آن را برای بسیاری از اهداف تولیدی به مصرف رساند. دو سوم از سه درصد آب باقیمانده به شکل کوه‌های یخی، یخچال‌های طبیعی، اراضی یخ‌زده دائمی، باتلاق‌ها و آبخوان‌های عمیق بوده که تقریبا از گردش طبیعی آب خارج می‌باشند. همه ساله حدود ۱۰۸۰۰۰ کیلومتر مکعب بارش بر سطح کره خاک فرود می‌آید که حدود ٦۰ درصد آن یعنی ٦۱۰۰۰ کیلومتر مکعب مستقیماً تبخیر شده و به جو باز می‌گردد و ٤۷۰۰۰ کیلومتر مکعب دیگر نیز به عنوان آب تجدیدپذیر جهان مورد ملاک قرار می‌گیرد. اگر این مقدار آب بین جمعیت کره زمین به مساوی تقسیم شود، تقریباً به هر نفر ۷۵۰۰ متر مکعب آب اختصاص می‌یابد. با وجود این بسیاری از جریان‌های طبیعی به صورت سیل‌های فصلی به وقوع می‌پیوندد و لذا براساس برآورد به عمل آمده در نهایت ممکن است بین ۹۰۰۰ تا ۱٤۰۰۰ کیلومتر مکعب آب کنترل شود. در حال حاضر از این مقدار ۳٤۰۰ کیلومتر مکعب برای مصارف مختلف برداشت می‌گردد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- موازنه جهانی آب [ماخذ : IWMI]

ب - بحران آب در جهان

محدودیت منابع آب شیرین در بسیاری از کشورها به صورت یک معضل جدی درآمده است به طوری که این محدودیت توانسته رشد این کشورها را تحت شعاع خود قرار دهد. منطقه خاورمیانه از جمله مناطقی می‌باشد که به شدت با مشکل محدودیت منابع آب شیرین مواجه بوده و بسیاری از کارشناسان پیش‌بینی می‌کنند که در آینده درگیری‌های فراوانی بر سر تصاحب منابع آب شیرین منطقه صورت خواهد گرفت. همچنین گفته می‌شود که آب در آینده در این منطقه همچون نفت مورد معامله قرار خواهد گرفت.

براساس مطالعات انجام شده توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، در سال ۱۹۵۰، تعداد ۱۲ کشور با جمعیتی حدود ۲۰ میلیون نفر با کمبود آب مواجه بوده‌اند. این رقم در سال ۱۹۹۰، به ۲٦ کشور با جمعیتی حدود ۳۰۰ میلیون نفر رسیده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ تعداد ٦۵ کشور جهان با جمعیتی بالغ بر ۷ میلیارد نفر با کمبود آب مواجه شوند. همچنین این مؤسسه پیش‌بینی کمبود آب را برای ٤۵ کشور جهان در سال ۲۰۲۵ مورد مطالعه و ارزیابی قرار داده است. حاصل این مطالعه، منتج به تقسیم بندی این کشورها در سه گروه «کمبود فیزیکی»، «کمبود اقتصادی» و «فاقد کمبود» شده است. وضعیت هریک از گروه‌های فوق‌الذکر به قرار زیر می‌باشد:

گروه اول – کمبود فیزیکی: شامل کشورهایست که در سال ۲۰۲۵ با کمبود فیزیکی آب مواجه هستند. این بدان معناست که حتی با بالاترین راندمان و بهره‌وری ممکن در مصرف آب، برای تأمین نیازهایشان آب کافی در اختیار نخواهند داشت. حدود ۲۵ درصد مردم جهان از جمله ایران مشمول این گروه می‌باشند.

گروه دوم– کمبود اقتصادی: این گروه شامل کشورهایست که در سال ۲۰۲۵ با کمبود اقتصادی آب روبرو خواهند شد. این کشورها برای تأمین نیازهای خود در سال ۲۰۲۵ از آب کافی برخودار هستند، اما ناگزیرند از طریق احداث سد و صرف هزینه‌های سنگین، تأمین آب خود را حداقل ۲۵ درصد نسبت به سال ۱۹۹۵ افزایش دهند. بسیاری از کشورهای این گروه دچار مشکل حاد مالی هستند و به همین واسطه در تأمین نیازهای آبی خود با تنگنا مواجه خواهند بود.

گروه سوم– فاقد کمبود فیزیکی آب: این کشورها در حال حاضر کمبودی ندارند اما برای تأمین نیازهای سال ۲۰۲۵ به حدود ۲۵ درصد آب بیشتر نیاز دارند.

۱-۲-۳- موازنه و بحران آب در ایران

در این قسمت به بررسی وضعیت منابع آب و تحلیل میزان بحران آب در ایران می‌پردازیم.

الف - موازنه منابع آب ایران

به دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، ایران در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. از طرفی دیگر کشورمان به دلیل رشد جمعیت، توسعه بهداشت و گسترش بخش‌های کشاورزی و صنعت و مواردی از این دست پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده و این امر موجب زیاد شدن شکاف میان عرضه و تقاضای این ماده ارزشمند در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

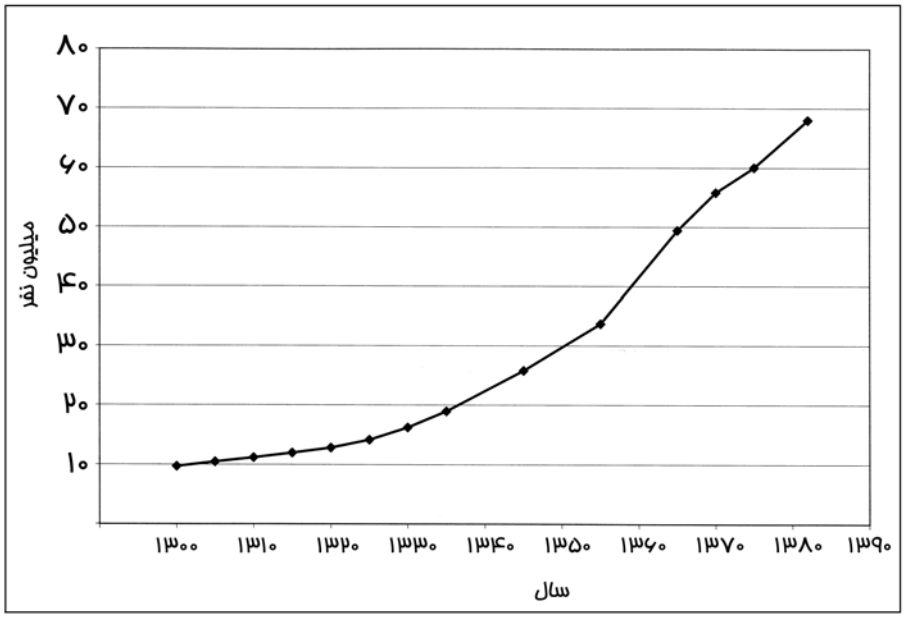
به استناد مطالعات طرح جامع آب کشور، منشاء اصلی منابع آب ایران را ریزش‌های آسمانی بر پهنه جغرافیایی کشور تشکیل می‌دهد که سالانه بالغ بر ۴۱۳ میلیارد متر مکعب برآورد می‌گردد. از این مقدار حدود ۹۳ میلیارد متر مکعب به صورت جریان‌های سطحی جاری شده، ۲۵ میلیارد متر مکعب مستقیماً به آبخوان‌های آبرفتی نفوذ کرده و مابقی به صورت تبخیر و تعرق (از سطح زمین، جنگل‌ها، مراتع، دیم‌زارها و غیره) از دسترس خارج می‌گردد. علاوه بر منابع آب حاصل از ریزش‌های جوی سالانه حدود ۱۲ میلیارد متر مکعب آب به صورت جریان‌های سطحی و از طریق رودخانه‌های مرزی وارد کشور می‌شود که با پیوستن آن به جریان‌های سطحی، مجموع جریانات آب سطحی کشور به ۱۰۵ میلیارد متر مکعب می‌رسد. با لحاظ کردن ۲۵ میلیارد مترمکعب منابع آب زیرزمینی حاصل از نفوذ آب باران به آبرفت‌ها، منابع آب تجدیدپذیر کل کشور به ۱۳۰ میلیارد متر مکعب بالغ می‌گردد.

مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در حال حاضر از کل منابع آب تجدیدشونده کشور حدود ۸۹/۵ میلیارد متر مکعب جهت مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و خانگی برداشت می‌شود که حدود ۸۳ میلیارد متر مکعب آن (۹۳ درصد) به بخش کشاورزی، ۵/۵ میلیارد متر مکعب (٦ درصد) به بخش خانگی و مابقی به بخش صنعت و نیازهای متفرقه دیگر اختصاص دارد. علیرغم محدودیت منابع آب و توزیع مکانی نامناسب آن در پهنه جغرافیایی کشور، متأسفانه بهره‌وری و کارآیی استفاده از این منابع بسیار پایین است. تجزیه و تحلیل شاخص‌های مصرف آب در بخش کشاورزی نشان‌دهنده تلفات زیاد آب در این بخش است که قسمتی از آن اجتناب‌ناپذیر بوده ولی قسمت زیادی از آن را می‌توان با اتخاذ راهبردهای صحیح و کارآمد اصلاح کرد.

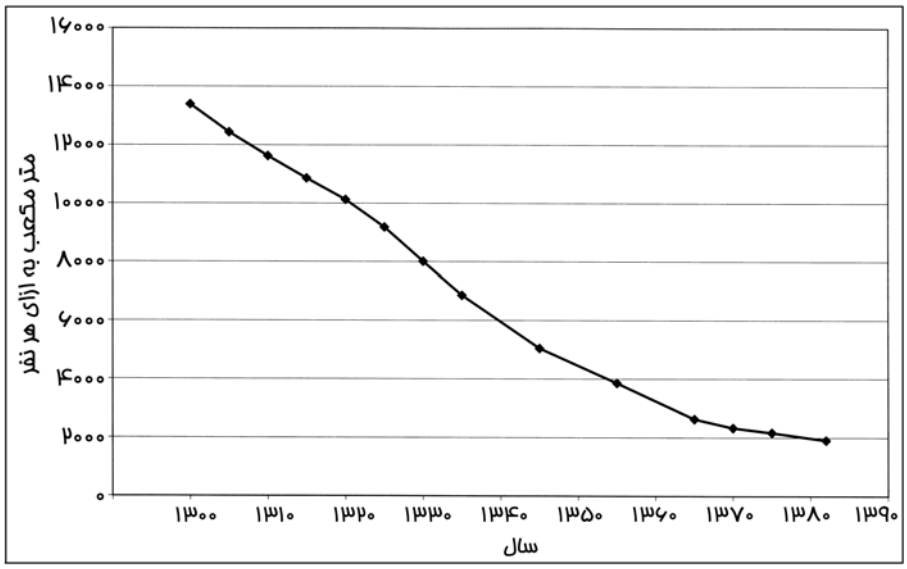
ب - بحران آب در ایران

رشد سریع جمعیت مهمترین عامل کاهش سرانه آب تجدیدشونده کشور در طول هشتاد سال گذشته بوده است. جمعیت ایران در طی این هشت دهه، حدود ٦/۸ برابر شده و از کمتر از ۱۰ میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به ٦۸ میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۸۲ خواهد رسید. همچنین براساس گزارش سازمان ملل، ایران به عنوان هفدهمین کشور پرجمعیت دنیاست و با هر نرخ از رشد جمعیت پیش‌بینی شده توسط سازمان ملل متحد، کشورمان تا سال ۲۰۵۰ جزو ۱۰ کشور اول پرجمعیت جهان خواهد بود. بر این اساس میزان سرانه آب تجدیدپذیر کشور نیز از میزان حدود۱۳۰۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۰۰ به حدود ۱۹۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۸۲ تقلیل یافته و در صورت ادامه این روند، وضعیت در آینده به مراتب بدتر خواهد شد.

به منظور بررسی روند زمانی افزایش جمعیت و کاهش سرانه آب تجدیدپذیر کشور، این روند طی نمودارهای ۱-۱ و ۱-۲ به تصویر کشیده شده است. در نمودار شماره ۱-۱ روند افزایش جمعیت در ۸۰ سال گذشته و در نمودار شماره ۱-۲ روند نزولی کاهش سرانه آب تجدیدپذیر کشور هماهنگ با افزایش جمعیت به تصویر کشیده شده است.



نمودار ۱-۱- روند افزایش جمعیت کشور در طی مدت ۸۰ سال گذشته



نمودار ۱-۲- روند کاهش سرانه آب تجدیدپذیر کشور

در حال حاضر با توجه به اینکه حدود ۸۹/۵ میلیارد متر مکعب از ۱۳۰ میلیارد متر مکعب آب تجدیدپذیر سالیانه کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین با در نظر گرفتن جمعیت فعلی کشور (حدود ٦٨ میلیون نفر)، سرانه آب تجدیدپذیر ایران در شرایط کنونی ۱۹۰۰ متر مکعب می‌باشد. بدین لحاظ براساس شاخص فالکن مارک، کشور ایران در آستانه قرار گرفتن در تنش آبی است. با توجه به اینکه در شرایط کنونی حدود ٦٩ درصد از کل آب تجدیدپذیر کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد، براساس شاخص سازمان ملل، ایران هم اکنون در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد(جدول ۱-۲).

بر اساس شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب نیز، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. بنا به گزارش این مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، کشور ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید که این مقدار با توجه به امکانات و منابع آب موجود غیر ممکن به نظر می‌رسد. لذا وضعیت موجود آب کشور می‌بایست جزو نگرانی‌ها و دغدغه‌های کارشناسان، مدیران و دولت‌مردان بوده و برای حل این معضل، لازم است با اتخاذ تصمیمات اصولی و کارساز مانع از گسترش این بحران شوند.

جدول ۱-۲- تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص‌های تعیین بحران آب

جمعیت کشور (میلیون نفر)	منابع آب تجدیدپذیر کشور (میلیارد متر مکعب)	سرانه آب تجدیدپذیر (متر مکعب)	میزان آب مورد استفاده (میلیارد متر مکعب)	نتایج ارزیابی شاخص‌های بین‌المللی		
				فالکن مارک	سازمان ملل	مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب
٦٨	۱۳۰	۱۹۰۰	۸۹/۵	آستانه تنش	بحران شدید	بحران شدید

۱-۳ - وضعیت کشاورزی و آبیاری در جهان و ایران

در این قسمت جهت آشنایی بیشتر با نحوه مصرف آب به بررسی وضعیت کشاورزی و آبیاری در جهان و ایران پرداخته شده است.

۱-۳ -۱- وضعیت کشاورزی و آبیاری در جهان

الف- کشاورزی

با گذشت هزاران سال از سکونت انسان بر روی کره زمین، جمعیت جهان در سال ۱۸۰۰ میلادی بالغ بر یک میلیارد نفر بوده است. ولی به یکباره و تنها در طول مدت ۲۰۰ سال، جمعیت جهان از یک میلیارد نفر به حدود شش میلیارد نفر در سال ۲۰۰۰ میلادی رسیده است. این افزایش پنج میلیارد نفری در طول دو صده اخیر موجب بروز مشکلاتی در تأمین مواد غذایی گردیده است. بدین لحاظ موضوع کشاورزی از دو منظر مصرف آب و تأمین غذا به عنوان مهمترین موضوعات روز دنیا و جزو اصلی‌ترین دغدغه‌های کارشناسان، محققین و دولت‌مردان می‌باشد.

در حال حاضر سالانه حدود ۱/۵ میلیارد هکتار از اراضی جهان زیرکشت محصولات کشاورزی قرار می‌گیرد. در همین راستا کشور آمریکا با ۱۷۷ میلیون هکتار، هند با ۱٦۲ میلیون هکتار، روسیه با ۱۲۵ میلیون هکتار و چین با ۱۲٤ میلیون هکتار، چهار کشور اول جهان از لحاظ بیشترین سطح زیر کشت کشاورزی دنیا می‌باشند که در مجموع ۳۹ درصد کل سطح زیر کشت جهان را به خود اختصاص می‌دهند (جدول شماره ۱-۳). اگرچه کشور چین در رتبه چهارم از لحاظ سطح زیر کشت کشاورزی دنیاست ولی از لحاظ تولید غلات که کلیدی‌ترین مواد غذایی جهان به شمار می‌رود با مقدار ٤۰۲ میلیون تن در سال در رتبه اول قرار دارد. بعد از کشور چین، کشور آمریکا با ۳۰۰ میلیون تن، هند با ۲۲۰ میلیون تن و روسیه با ۸۵ میلیون تن در مقام‌های بعدی در تولید غلات جهان قرار دارند. می‌توان گفت که بطور متوسط حدود ۵۰ درصد کل غلات جهان در این چهار کشور تولید می‌گردد (جدول شماره ۱-٤).

جدول ۱-۳- سطح زیر کشت اراضی کشاورزی در کشورهای مطرح جهان
[مأخذ: فائو]

ردیف	نام کشور	سطح زیر کشت (میلیون هکتار)
۱	آمریکا	۱۷۷
۲	هند	۱٦۲
۳	روسیه	۱۲٥
٤	چین	۱۲٤
٥	برزیل	٥۳
٦	استرالیا	٥۰
۷	کانادا	٤٥
۸	اکراین	۳۲
۹	نیجریه	۲۸
۱۰	آرژانتین	۲٥
۱۱	مکزیک	۲٥
۱۲	ترکیه	۲٤
۱۳	قزاقستان	۲۱
۱٤	پاکستان	۲۱
۱٥	اندونزی	۲۰
۱٦	فرانسه	۱۸
۱۷	سودان	۱٦
۱۸	افریقای جنوبی	۱٤
۱۹	تایلند	۱٤
۲۰	ایران	۱٤
۲۱	لهستان	۱٤
۲۲	اسپانیا	۱۳
۲۳	آلمان	۱۱
۲٤	اتیوپی	۱۰
۲٥	میانمار	۱۰

جدول ۱-٤- میزان تولید غلات در برخی از کشورهای جهان [مأخذ: فائو]

ردیف	نام کشور	تولید غلات (میلیون تن)
۱	چین	٤۰۲
۲	امریکا	۳۰۰
۳	هند	۲۲۰
٤	روسیه	۸٥
٥	فرانسه	٦۹
٦	اندونزی	٦۰
۷	برزیل	٥۰
۸	آلمان	٤۳
۹	بنگلادش	٤۰
۱۰	اکراین	۳۸
۱۱	ویتنام	۳٦
۱۲	کانادا	۳٥
۱۳	آرژانتین	۳۲
۱٤	ترکیه	۳۲
۱٥	تایلند	۳۰
۱٦	مکزیک	۲۷
۱۷	لهستان	۲۷
۱۸	پاکستان	۲٦
۱۹	انگلیس	۲۳
۲۰	میانمار	۲۳
۲۱	نیجریه	۲۲
۲۲	ایتالیا	۲۲
۲۳	اسپانیا	۲۱
۲٤	مصر	۱۹
۲٥	استرالیا	۱۷
۲٦	فلیپین	۱۷
۲۷	ایران	۱۷

اگر به جمعیت چهار کشور چین، هند، آمریکا و روسیه که بیشترین سطح زیرکشت و تولید غلات را در جهان دارند توجه کنیم، می‌بینیم که از لحاظ جمعیت نیز این چهار کشور، از پرجمعیت‌ترین کشورهای دنیا محسوب می‌گردند، به طوری که در حال حاضر ٤٥ درصد جمعیت جهان در این کشورها زندگی می‌کنند. البته این بدان معنا نیست که همواره رابطه مستقیمی بین جمعیت و تولید محصولات وجود دارد.

برآوردها نشان می‌دهد که تولید مواد غذایی جهان برای جمعیت حاضر کفایت می‌کند ولی عدم توزیع یکنواخت آن در میان کشورها، موجب بروز گرسنگی شده است. در جدول شماره ۱-۵ میزان سرانه تولید غلات در برخی از کشورهای جهان جهت مقایسه سرانه تولید، نشان داده شده است.

جدول ۱-۵- تولید سرانه غلات در برخی از کشورهای جهان [مأخذ: فائو]

نام کشور	سرانه تولید (کیلوگرم)
آمریکا	۱۰۵۰
روسیه	۵۸۰
چین	۳۱۰
ایران	۲۵۰
هند	۲۰۰
پاکستان	۱۸۰
اتیوپی	۱۳۸
سودان	۱۲۰
الجزایر	٦٨
اردن	۱۵

ب- آبیاری

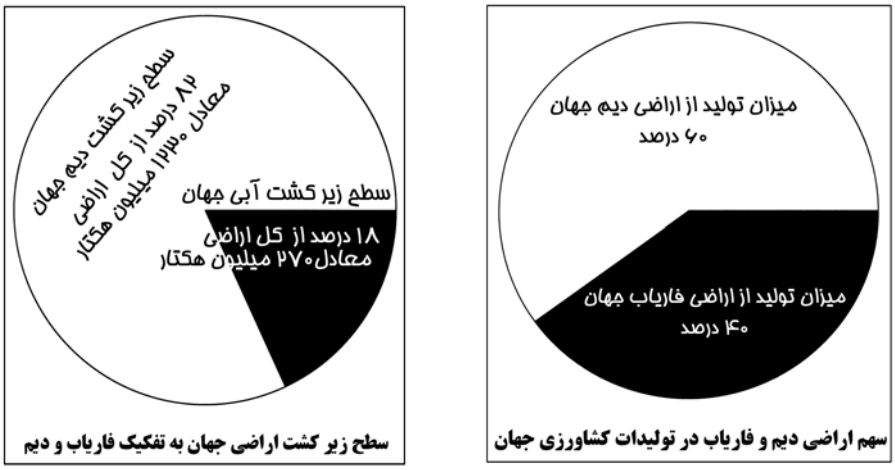
آب عامل و محرک اصلی کشاورزی جهان به شمار می‌رود، به همین دلیل حدود ۷۰ درصد آب مصرفی جهان به آبیاری اختصاص داده شده است. در بسیاری از کشورها مانند ایران، کشت آبی جزو اصلی‌ترین فاکتور تولید غذا محسوب می‌شود.

طرح‌های آبیاری نقش کلیدی در افزایش تولید محصولات کشاورزی در ۵۰ سال گذشته در سطح جهان داشته است. مساحت تحت آبیاری جهان از ٤٨ میلیون هکتار در سال ۱۹۰۰ به ۹٤ میلیون هکتار در سال ۱۹۵۰ و به ۲٤۰ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۰ و در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ میلادی این رقم به حدود ۲۷۰ میلیون هکتار رسیده است. نرخ توسعه آبیاری از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ رقمی معادل ۲/۳ درصد بوده است اما این رقم طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ کاهش چشمگیری داشته و به حدود ۱/۳ درصد تقلیل یافته است. از سال ۱۹۹۰ این نرخ مجدداً کاهش یافته و به کمتر از یک درصد در سال رسیده و پیش‌بینی می‌شود که به دلیل هزینه‌های سنگین احداث سیستم‌های آبیاری، نرخ رشد توسعه شبکه‌های آبیاری در طول ۲۵ سال آینده به حدود ۰/٦ درصد برسد. این مسئله در حالیست که اراضی باقیمانده عمدتاً دارای محدودیت‌های فراوانی همچون محدودیت‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی هستند.

اگرچه در حال حاضر از ۱/۵ میلیارد هکتار اراضی کشاورزی دنیا، حدود ۲۷۰ میلیون هکتار (۱۸ درصد از کل اراضی دنیا) به صورت آبی کشت می‌شوند، اما همین مقدار زمین، غذای بیش از ٤۰ درصد مردم جهان را تأمین می‌کند، بنابراین با توجه به پتانسیل تولید در اراضی آبی، تأمین غذای آینده مردم جهان به شدت به کشت آبی متکی خواهد بود (نمودار ۱-۳).

اصولاً کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار دارند برای تولید محصولات کشاورزی به شدت به کشت آبی متکی هستند، بطوریکه این میزان در

برخی موارد تا ۹۰ درصد کل سطح زیرکشت و بیش از ۹۰ درصد تولیدات خام محصولات کشاورزی را شامل می‌گردد.



نمودار ۱-۳- میزان اراضی و تولید محصولات کشاورزی دنیا [ماخذ : فائو]

کشورهایی همچون چین، هند و اندونزی برای تولید حدود ۵۰ درصد مواد غذایی خود، به آبیاری متکی‌اند. این رقم در پاکستان، ایران و مصر به حدود ۹۰ درصد می سد.

در حال حاضر حدود دو سوم اراضی فاریاب جهان در کشورهای در حال توسعه قرار گرفته است. در این میان کشور هند با ٥٤/٨ میلیون هکتار، چین با ٥٤/٤ میلیون هکتار، آمریکا با ٢٢/٤ میلیون هکتار، پاکستان با ۱۸ میلیون هکتار و ایران با ۷/۸ میلیون هکتار، مالک بیشترین سطح زیرکشت آبی جهان هستند. بطوریکه ۵۸ درصد کل سطح آبیاری جهان، به این پنج کشور اختصاص دارد (جدول شماره ۱-٦). البته باید توجه داشت که کشور ایران در میان این پنج کشور بالاترین سرانه سطح زیرکشت آبی را داراست.

جدول ۱-٦- سطح زیر کشت آبی در برخی از کشورهای جهان [مأخذ: فائو]

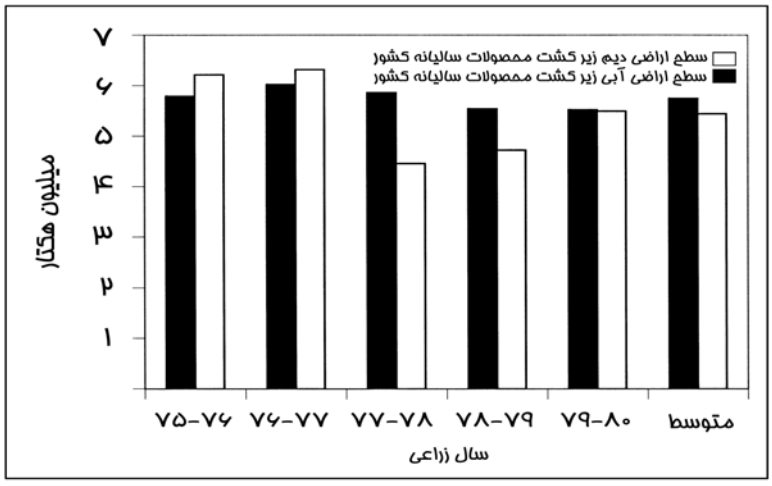
رتبه	نام کشور	سطح زیر کشت آبی (میلیون هکتار)
۱	هند	٥٤/٨
۲	چین	٥٤/٤
۳	امریکا	۲۲/٤
٤	پاکستان	۱۸
٥	ایران *	۷/۸
٦	مکزیک	٦/٥
۷	تایلند	٥
۸	اندونزی	٤/۸
۹	روسیه	٤/٦
۱۰	ترکیه	٤/٥
۱۱	ازبکستان	٤/۳
۱۲	بنگلادش	٤/۲
۱۳	اسپانیا	۳/٦
۱٤	عراق	۳/٥
۱٥	مصر	۳/۳
۱٦	ویتنام	۳
۱۷	برزیل	۲/۹
۱۸	ایتالیا	۲/۷
۱۹	رومانی	۲/٦
۲۰	ژاپن	۲/٦

* ماخذ وزارت جهاد کشاورزی

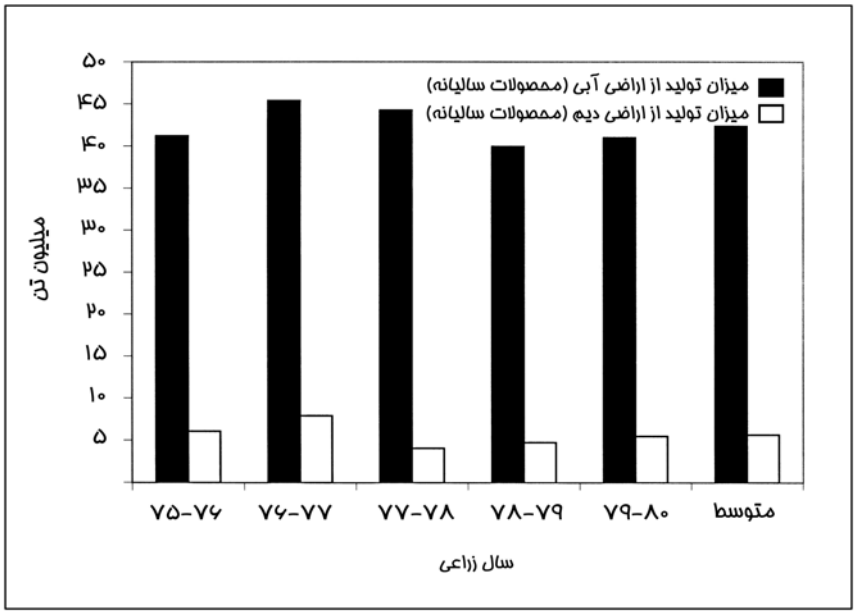
۱-۳ -۲- وضعیت کشاورزی و آبیاری در ایران

از ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت کل کشور حدود ۳۷ میلیون هکتار را اراضی مناسب جهت عملیات کشت و زرع تشکیل می‌دهد که به دلیل محدودیت منابع آب همه این اراضی کشت نمی‌شود. در حال حاضر حدود ۷/۸ میلیون هکتار از اراضی به صورت فاریاب و ۶ میلیون هکتار دیگر به صورت دیم کشت شده و ۴/۵ میلیون هکتار دیگر به صورت آیش باقی می‌ماند.

بخش کشاورزی نقش اساسی و حیاتی در اقتصاد ملی و تولید مواد غذائی در ایران دارد، بطوریکه حدود ۲۷ درصد تولید ناخالص ملی و ۲۳ درصد نیروی کار کشور مرتبط با این بخش است. در این میان به واسطه موقعیت خاص اقلیمی کشور و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، کشت آبی محور اصلی در تولید مواد غذایی می‌باشد. با وجود وسعت تقریباً یکسان کشت دیم و آبی کشور، بیشترین تولید از بخش فاریاب حاصل می‌شود. بطوریکه در طول ۵ سال گذشته تقریباً همواره نزدیک به ۹۰ درصد کل تولید محصولات کشاورزی ایران از کشت‌های آبی حاصل شده است (نمودار ۱-۴ و ۱-۵).



نمودار ۱-۴- سطح زیرکشت محصولات زراعی ایران به تفکیک دیم و فاریاب [مأخذ: سالنامه وزارت جهاد کشاورزی]



نمودار ۱-۵- سهم تولید محصولات زراعی ایران به تفکیک دیم و فاریاب
[مأخذ: سالنامه وزارت جهاد کشاورزی]

پتانسیل بخش کشاورزی ایران در قیاس با سایر کشورهای دنیا در موقعیت نسبتاً مناسبی قرار دارد، بطوریکه از لحاظ میزان کل اراضی کشاورزی در رتبه بیستم و از لحاظ سطح زیرکشت آبی، بعد از کشورهای هند، چین، آمریکا و پاکستان در رتبه پنجم قرار دارد. سرانه مساحت تحت کشت آبی کشور با فرض ۷/۸ میلیون هکتار، معادل ۱۱۵ هکتار برای هر ۱۰۰۰ نفر بوده که نسبت به سرانه کشت آبی جهان که حدود ٤٥ هکتار به ازای هر ۱۰۰۰ نفر می‌باشد رقمی بیش از ۲/۵ برابر است.

۱-۴- وضعیت راندمان‌های آبیاری در جهان و ایران

به طور کلی راندمان مصرف آب آبیاری در سطح جهان پایین است. این مقدار از ۲۰ درصد در شالیزارهای سنتی تا ۹۰ درصد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متغیر می‌باشد. به طور معمول راندمان در آبیاری سطحی پایین‌تر از روش‌های متعارف دیگر است اما با این وجود، آبیاری سطحی روش عمده و غالب در آبیاری محصولات کشاورزی در سطح جهان به شمار می‌رود.

مطابق بررسی و گزارش سازمان فائو در سال ۲۰۰۰ میلادی، متوسط راندمان آبیاری در کشورهای در حال توسعه ۳۸ درصد بوده است. این بررسی همچنین نشان می‌دهد که راندمان آبیاری در کشورهای آمریکای لاتین که منابع آب فراوانی دارند بسیار پایین می‌باشد، و از طرفی راندمان آبیاری در کشورهای خشک و نیمه خشک جهان که منابع آب محدودی دارند، به مراتب بیشتر از حد متوسط کشورهای در حال توسعه می‌باشد.

براساس گزارش فائو متوسط راندمان آبیاری در کشورهای خاور میانه و شمال آفریقا ٤٠ درصد و در کشورهای جنوب آسیا ٤٤ درصد می‌باشد. همچنین کشورهای لیبی، هند، مصر با ٦٠، ٥٤ و ٥٣ درصد در راندمان آبیاری در رأس این گزارش قرار دارند.

همواره بهبود و افزایش راندمان از دغدغه‌های دست‌اندرکاران و کارشناسان در کشورهای کم آب جهان بوده است و در بسیاری از این کشورها هم به توفیقاتی دست یافته‌اند. در جدول شماره ۱-۷، مقدار راندمان آبیاری در برخی از کشورهای در حال توسعه جهان آورده شده است. در بسیاری از کشورهای مشابه از نظر وضعیت اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی با ایران، راندمان آبیاری به مراتب بهتر از راندمان آبیاری در کشورمان می‌باشد بنابراین لازم است به واسطه اهمیت جبران کمبود آب با افزایش راندمان آبیاری، مطالعات و تحقیقات کاربردی بیشتری در این خصوص صورت گیرد.

جدول ۱-۷- میزان راندمان آبیاری در برخی از کشورهای در حال توسعه

[مأخذ: فائو]

نام کشور	راندمان (درصد)
لیبی	٦٠
هند	٥٤
مصر	٥٣
سوریه	٤٥
پاکستان	٤٤
عربستان	٤٣
ترکیه	٤٠
چین	٣٦
ایران	٣٢

۱-۵- وضعیت تولید محصولات کشاورزی در جهان و ایران

در این قسمت به بررسی وضعیت تولید محصولات مهم کشاورزی جهان و ایران جهت مقایسه وضعیت تولید این محصولات پرداخته شده است.

۱-۵-۱- مقدمه

کشاورزی اصلی‌ترین و مهمترین منبع تأمین مواد غذایی دنیا به شمار می‌رود، از این رو نقش بسزایی در ایجاد تعادل در امنیت غذایی، اجتماعی و حتی سیاسی کشورهای جهان داشته و خواهد داشت.

در میان محصولات کشاورزی، غلات از نظر تأمین انرژی، مهمترین منبع غذایی به شمار می‌رود. سرانه مصرف غلات در کشورهای در حال توسعه طی سی‌سال گذشته ۱٤۱ کیلوگرم بوده که ٤۱ درصد کل انرژی مورد نیاز انسان‌ها را تأمین کرده است. در حال حاضر سرانه مصرف غلات در این کشورها ۱۷۳ کیلوگرم در سال می‌باشد که ٥٦ درصد انرژی هر شخص را تأمین می‌کند. پیش‌بینی می‌شود که ٥۰ درصد مواد غذایی مردم آینده به وسیله غلات تأمین شود. از طرفی تمایل به استفاده از سایر فرآورده‌های کشاورزی از جمله محصولات روغنی مانند سویا، آفتابگردان، نارگیل و بادام‌زمینی نیز رو به افزایش می‌باشد.

کشاورزی در طی دهه‌های گذشته با نوسانات زیادی در میزان سطح زیر کشت و عملکرد محصولات روبرو بوده است. از اوایل دهه ٦۰ میلادی، اراضی کشاورزی در سطح جهان با افزایش ۱۲ درصدی به ۱/٥ میلیارد هکتار در حال حاضر رسیده است که ۱۱ درصد از سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد. در طول همین مدت جمعیت جهان نیز به دلیل افزایش سریع، بیش از دو برابر شده است. به همین دلیل و در طول فاصله زمانی مذکور، سرانه اراضی کشاورزی بیش از ٤۰ درصد کاهش یافته بطوریکه سرانه آن از ۰/٤۳ هکتار در سال ۱۹٦۲ به ۰/۲۳ هکتار در سال ۲۰۰۳ رسیده است.

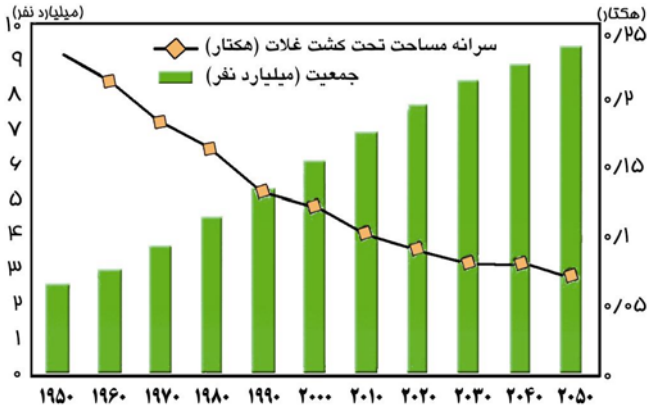
البته در طول همین مدت با افزایش عملکرد در واحد سطح، کمبود حاصل از کاهش سرانه سطح زیرکشت جبران گردیده ولی تهدیدهای زیاد دیگری علاوه بر افزایش سریع جمعیت همچنان پایداری کشاورزی و امنیت غذایی را به مخاطره می‌اندازد که

در صورت عدم مهار آنها ممکن است انسان‌ها، آینده‌ای سخت و طاقت‌فرسا را تجربه کنند.

علاوه بر کمبود آب، عوامل تهدید کننده دیگری از جمله شوری، مدیریت ضعیف، نداشتن دانش کافی، رقابت شدید استفاده از منابع آب بین بخش‌های صنعت، شرب، محیط زیست با بخش کشاورزی، فرسودگی تأسیسات و غیره موجب تأثیرگذاری در کاهش تولید محصولات کشاورزی شده است.

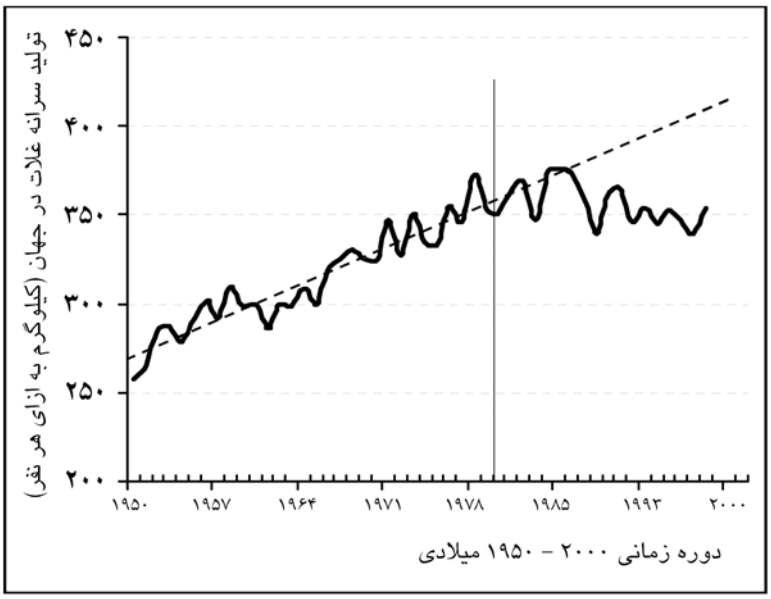
حدود ۲۰ درصد از اراضی آبی دنیا از شوری متأثر می‌باشند. شوری اعم از اینکه بطور مستقیم یا غیرمستقیم توسط آبیاری ایجاد شود سالانه ۱ تا ۱/۵ میلیون هکتار از اراضی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.

علاوه بر موارد فوق الذکر، کندی توسعه اراضی زیرکشت غلات و همچنین تغییر کاربری آنها، باعث گردیده که سرانه زیرکشت غلات و سرانه تولید غلات در طول زمان کاهش یابد (نمودارهای شماره ۱-٦ و ۱-۷). بر اساس این نمودارها سرانه سطح زیرکشت غلات از حدود ۰/۲۲ هکتار در سال ۱۹٦۰ به حدود ۰/۱۳ هکتار در سال ۲۰۰۰ میلادی کاهش یافته و با ادامه همین روند به ۰/۰۸ هکتار به ازای هر نفر در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.



نمودار ۱-٦- روند کاهش سرانه مساحت تحت کشت غلات در جهان

[مأخذ: فائو]



نمودار ۱-۷- روند تولید سرانه غلات طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۵۰

تردیدی نیست که تغذیه مردم در آینده با توجه به عوامل محدود کننده ذکر شده با دشواری‌هایی مواجه خواهد شد.

اگرچه واردات مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش است اما بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران می‌توانند با تکیه بر امکانات و توانمندی‌های موجود به افزایش تولیدات کشاورزی با پیروی از سه راهکار عمومی زیر دست یابند:

۱- افزایش عملکرد اراضی کشاورزی (تولید در واحد سطح)

۲- افزایش سطح زیر کشت

۳- افزایش تراکم کشت (تعداد محصولات در هر سال)

آنچه مسلم است کشورهایی که در ناحیه خشک و نیمه خشک دنیا قرار دارند و یا از کمبود آب رنج می‌برند می‌بایست راهبرد خاصی در جهت استفاده صحیح و مطلوب از آب بعمل آورند.

برخی از این کشورها توانسته‌اند که با برنامه‌ریزی صحیح، افزایش در راندمان‌های آبیاری و افزایش عملکرد در واحد سطح، تا حدود زیادی بر مشکلات کمبود آب و مواد غذایی فایق آیند. کشور مصر مثال خوبی برای طرح این موضوع می‌باشد. این کشور با جمعیتی بالغ بر ٦٨ میلیون نفر و میزان آب تجدیدشونده سالانه ٨٦ میلیارد متر مکعب، یکی از ۱۰ کشور اول دنیا از لحاظ بحران آب می‌باشد. در حال حاضر میزان سرانه آب تجدید شونده این کشور حدود ۱۳۰۰ متر مکعب می‌باشد که به مراتب از سرانه کشورمان کمتر است ولی با این وجود، کشور مصر با انجام تحقیقات و مطالعات گسترده به بسیاری از مشکلات موجود بوسیله افزایش راندمان آبیاری و افزایش تولید در واحد سطح توفیق یافته است. شایان ذکر است که راندمان آبیاری در کشور مصر بالغ بر ٥٣ درصد می‌باشد و از این لحاظ این کشور یکی از بیشترین راندمان‌های آبیاری را در میان کشورهای در حال توسعه داراست و همچنین این کشور با وجود کمبود شدید آب جزو ۱۰ کشور اول دنیا از لحاظ بیشترین عملکرد محصول غلات در واحد سطح می‌باشد.

طی سال‌های گذشته سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای در بخش آب و کشاورزی ایران صورت گرفته و تأسیسات و امکانات وسیعی در تأمین، انتقال و توزیع آب ایجاد شده است. اما به نظر می‌رسد، این تأسیسات قادر به تأمین اهداف اصلی و وجودی خود به نحو مطلوب نبوده است. شاید اولین سوالی که به ذهن خطور کند این باشد که هدف از ایجاد شبکه‌ها و تأسیسات آبی چه بوده است؟ قطعا دو هدف افزایش راندمان و افزایش تولید در سرلوحه این اهداف بوده است که تقریباً در اغلب این شبکه‌ها اهداف مذکور تأمین نشده است. این مسئله در حالی است که پتانسیل‌های زیادی چه از لحاظ سطح زیر کشت و چه از لحاظ کارشناسان مجرب در کشور وجود دارد.

اگر مروری به تولید برخی از محصولات مهم کشاورزی که نقش اساسی در امنیت غذایی کشورها دارند، داشته باشیم، جایگاه و موقعیت ایران را نسبت به سایر کشورها بهتر درک خواهیم کرد.

۱-۵-۲- بررسی و مقایسه وضعیت برخی محصولات مهم کشاورزی (غلات)

اراضی زیرکشت غلات جهان حدوداً ٦٥٨ میلیون هکتار برآورد می‌گردد که معادل ٤٤ درصد از کل سطح زیرکشت کشاورزی جهان می‌باشد و سالانه حدود ۲ میلیارد تن غله از این اراضی برداشت می‌گردد. در جدول شماره ۱-۸ میزان سطح زیرکشت و تولید خانواده غلات در سال ۲۰۰۲ ارائه شده است (شایان ذکر است امکان دسترسی به میزان سطح زیرکشت و تولید خانواده غلات به تفکیک دیم و آبی برای تحلیل و موشکافی بیشتر برای مؤلفین وجود نداشته است).

جدول ۱-۸- میزان سطح زیرکشت و تولید غله در سال ۲۰۰۲ در جهان
[مأخذ: فائو]

نوع محصول	سطح زیرکشت (میلیون هکتار)	میزان تولید (میلیون تن)	درصد زیرکشت به کل سطح زیرکشت غلات	درصد تولید به کل تولید غلات
گندم	۲۱۰	٥۷۰	۳۲	۲۸
برنج	۱٤۷	٥۷۰	۲۲	۲۸
ذرت	۱۳۹	٦۰۰	۲۱	۳۰
جو	٥۲	۱۳۰	۸	٦
سایر غلات	۱۱۰	۱٤٥	۱۷	۸
جمع	٦٥۸	۲۰۱٥	۱۰۰	۱۰۰

بیش از ۸۰ درصد اراضی تحت کشت غلات در کشورهای توسعه یافته به صورت دیم می‌باشد و اغلب این اراضی دارای تولید بسیار بالای گندم و ذرت هستند. متوسط تولید غلات در اراضی دیم در کشورهای توسعه یافته ۳/۲ تن در هکتار در سال ۱۹۹٥ بوده است که این میزان عملکرد، تقریباً برابر تولید در اراضی آبی کشورهای در حال توسعه می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲٥ این مقدار در کشورهای توسعه یافته به ٤ تن در هکتار برسد.

غلات کشت غالب بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران را تشکیل می‌دهد. از حدود ۱۱ میلیون هکتار اراضی محصولات سالانه کشور ایران در سال‌های زراعی ۸۰ – ۷۹ به طور متوسط حدود ۷/۷ میلیون هکتار آن یعنی معادل ۷۰ درصد از این اراضی به کشت غلات اختصاص داشته است که از این مقدار حدود ٤٥ درصد به صورت آبی و ٥٥ درصد بقیه به صورت دیم کشت شده است. محصول گندم با بیش از ۷۰ درصد و جو با ۲۰ درصد، بیشترین سطح زیر کشت غلات کشور را به خود اختصاص داده‌اند.

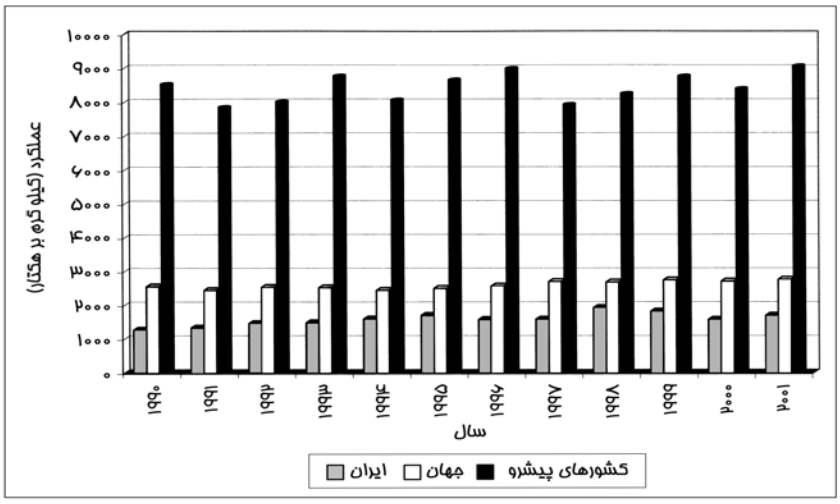
الف - گندم

گندم استراتژیک‌ترین محصول کشاورزی ایران محسوب می‌گردد بطوریکه که تقریباً همه ساله حدود ٥ تا ٦ میلیون هکتار یعنی حدود ٦۰ درصد کل اراضی زیرکشت محصولات سالانه کشور به گندم اختصاص داده می‌شود. در سال زراعی ۸۰ – ۷۹ از ٥/٥ میلیون هکتار اراضی زیرکشت گندم، ۲/۲ میلیون هکتار آن به صورت آبی و ۳/۳ میلیون هکتار دیگر به صورت دیم کشت شده است. مجموع برداشت گندم در همین سال ۹/٤ میلیون تن بوده که ٦/٦ میلیون تن آن (معادل ۷۰ درصد) از اراضی آبی و ۲/۸ میلیون تن (معادل ۳۰ درصد) از اراضی دیم حاصل شده است. همچنین میزان متوسط عملکرد گندم در واحد سطح در اراضی آبی و دیم به ترتیب ۳۰٥٤ و ۸۳۲ کیلوگرم در هکتار در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ بوده است. در جدول شماره ۱-۹، سطح زیرکشت، تولید و عملکرد گندم در پنج سال زراعی آورده شده است. عملکرد گندم آبی و دیم ایران نسبت به متوسط عملکرد دنیا و حتی نسبت به کشورهای مشابه بسیار پایین‌تر می‌باشد.

جدول ۱-۹- سطح زیرکشت و تولید گندم در ایران
[مأخذ: سالنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی]

سال زراعی	سطح زیرکشت (میلیون هکتار)			تولید (میلیون تن)			متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	
	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم
۷۹ ـ ۸۰	۲/۲	۳/۳	۵/۵	٦/٦	۲/۸	۹/٤	۳۰٥٤	۸۳۲
۷۸ ـ ۷۹	۲/۱	۲/۹	۵/۱	٦	۲	۸	۲۷۸۷	۷۰۱
۷۷ ـ ۷۸	۲/۲	۲/۵	٤/۷	۷/۲	۱/٤	۸/٦	۳۱۹٤	٥۹۲
۷٦ ـ ۷۷	۲/۲	۳/۹	٦/۱	۷/٦	٤/۳	۱۱/۹	۳٤۲۳	۱۰۹٤
۷٥ ـ ۷٦	۲/۲	٤	٦/۲	۷/۱	۲/۹	۱۰	۳۱٤٥	۷۲۰

به منظور مقایسه میزان متوسط عملکرد گندم ایران با سایر کشورهای جهان، عملکرد گندم ۱۲۳ کشور جهان طی ۱۲ سال (۱۹۹۰ لغایت ۲۰۰۱ میلادی) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که حاصل و نتیجه آن در نمودار شماره ۱-۸ به نمایش گذاشته شده است. همانطوریکه در نمودار شماره ۱-۸ ملاحظه می‌شود میزان متوسط عملکرد گندم در ایران به مراتب از متوسط دنیا پایین‌تر بوده و حتی در بهترین شرایط هم قابل رقابت نمی‌باشد. در این مقایسه متوسط عملکرد دیم و آبی همه کشورهای جهان در نظر گرفته شده است. چنانچه حتی عملکرد گندم آبی ایران را که در پنج سال گذشته بیشترین مقدار آن حدود ۳/٤ تن در هکتار بوده در نظر بگیریم، باز همچنان این عملکرد از متوسط عملکرد دیم و آبی کشورهای پیشرو بسیار پایین‌تر می‌باشد.



نمودار ۱-۸- مقایسه متوسط میزان عمکرد گندم ایران در واحد سطح با متوسط جهان و کشورهای پیشرو طی سال‌های ۱۹۹۰ لغایت ۲۰۰۱ میلادی [ماخذ: فائو]

شاید هنگام مراجعه به نمودار ۱-۸ این تصور برای خواننده پیش آید که ممکن است کل سطح زیر کشت گندم کشورهای پیشرو به صورت آبی بوده و یا اینکه صرفاً کشورهای پرآب دارای بیشترین عملکرد در واحد سطح می‌باشند، که البته این تصور نادرست است چرا که بیش از ۸۰ درصد از اراضی غلات در کشورهای توسعه یافته به صورت دیم کشت می‌شود. همچنین بایستی توجه داشت که عملکرد گندم در کشورهای خشک شبیه به ایران از جمله مصر، عربستان و کویت نیز به مراتب از ایران بیشتر است. به عنوان نمونه سطح زیر کشت گندم در کشور مصر حدود ۱ میلیون هکتار می‌باشد که از این مقدار اراضی معادل ٦ میلیون تن گندم برداشت می‌شود، این مقدار برداشت معادل سطح زیر کشت گندم آبی به میزان ۲ میلیون هکتار در ایران می‌باشد.

جدول ۱-۱۰ برای درک بهتر از جایگاه و رتبه ایران در تولید گندم دنیا آورده شده است. به زبان آمار رتبه ایران از لحاظ تولید در واحد سطح از بین ۱۲۳ کشور دنیا، در مقام هشتادم قرار دارد. لازم به ذکر می‌باشد که رتبه هشتادم مربوط به

متوسط آمار هفت ساله گذشته سازمان فائو است. در طول هفت سال گذشته بهترین و بدترین رتبه ایران ۷٤و ۸۵ بوده است.

جدول ۱-۱۰- تولید گندم برخی از کشورهای جهان [مأخذ: فائو]

نام کشور	تولید در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار)	رتبه
ایرلند	۹۰۰۰	اول
زامبیا	۸۰۰۰	دوم
فرانسه	٦٦۰۰	هشتم
مصر	٦۳۰۰	دهم
مکزیک	٤۷۰۰	هفدهم
عربستان	٤٤۰۰	نوزدهم
چین	۳۸۰۰	بیست و ششم
ازبکستان	۳۰۰۰	سی و هشتم
ترکیه	۲۰۰۰	هفتاد و دوم
ایران	۱۸۰۰	هشتادم

ب - جو

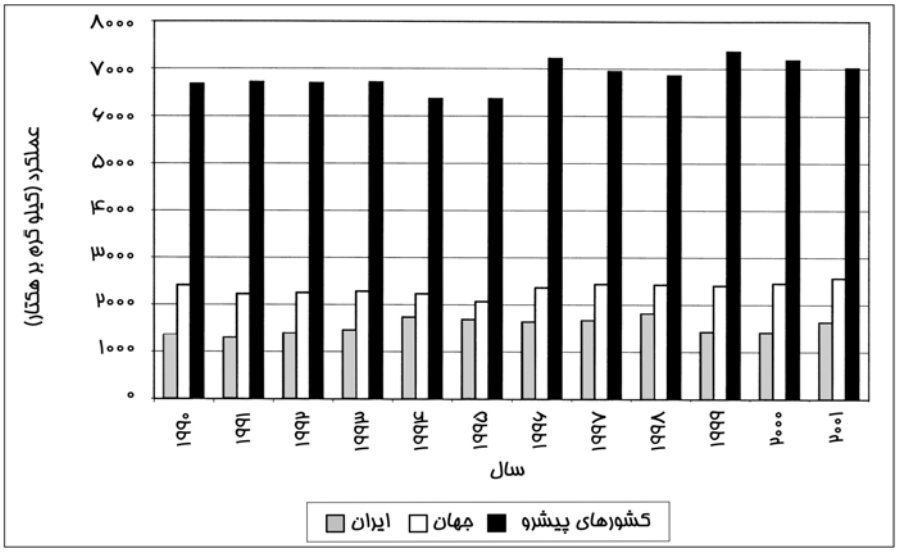
سطح زیرکشت جو در کشور ایران تقریباً ۲۰ درصد کل سطح زیر کشت غلات است. براساس آمارنامه سال زراعی ۸۰ - ۷۹ وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت جو در کشور ایران حدود ۱/۵ میلیون هکتار برآورد شده است که از این مقدار ٤۲ درصد آن به صورت آبی و ۵۸ درصد دیگر به صورت دیم کشت شده است. میزان تولید جو کشور در این سال ۲/٤ میلیون تن بوده که حدود ٦۷ درصد آن از اراضی آبی و ۳۳ درصد مابقی از اراضی دیم حاصل گردیده است. میزان متوسط عملکرد جو کشور در این سال ۱۷٦۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. مقدار عملکرد جو آبی و دیم در این سال به ترتیب ۲۵۹۰ و ۹۳٤ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

در جدول شماره ۱-۱۱ اطلاعات تفضیلی از آمار ۵ ساله محصول جو آورده شده است.

جدول ۱-۱۱- سطح زیرکشت، تولید و عملکرد جو در ایران
[مأخذ: سالنامه وزارت جهاد کشاورزی]

سال زراعی	سطح زیرکشت (هزار هکتار)			تولید (میلیون تن)			عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	
	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم
۸۰ ـ ۷۹	٦٢٠	٨٦٠	١٤٨٠	١/٦	٠/٨	٢/٤	٢٥٩٠	٩٣٤
٧٩ ـ ٧٨	٥٤٠	٦٥٠	١١٩٠	١/٢	٠/٤٥	١/٧	٢٢٨٠	٦٨٤
٧٨ ـ ٧٧	٦٠٠	٨٠٠	١٤٠٠	١/٦	٠/٤	٢	٢٦٥٠	٥٢٠
٧٧ ـ ٧٦	٧٠٠	١١٠٠	١٨٠٠	٢/١	١/٢	٣/٣	٢٩٩٠	١٠٦٠
٧٦ ـ ٧٥	٦٣٠	٨٧٠	١٥٠٠	١/٨	٠/٧	٢/٥	٢٨١٥	٨٣٣

سطح زیرکشت جو در دنیا ۵۲ میلیون هکتار می‌باشد که بالغ بر ۱۳۰ میلیون تن جو از این اراضی برداشت می‌گردد. متوسط عملکرد جو در دنیا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است. در این میان بیشترین عملکرد به میزان ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به کشور ایرلند می‌باشد. در نمودار شماره ۱-۹ متوسط عملکرد جو ایران با متوسط جهان و کشورهای پیشرو مورد مقایسه قرار گرفته است.



نمودار ۱-۹- مقایسه متوسط میزان عملکرد جو ایران در واحد سطح با متوسط جهان و کشورهای پیشرو طی سال‌های ۱۹۹۰ لغایت ۲۰۰۱ میلادی [مأخذ: فائو]

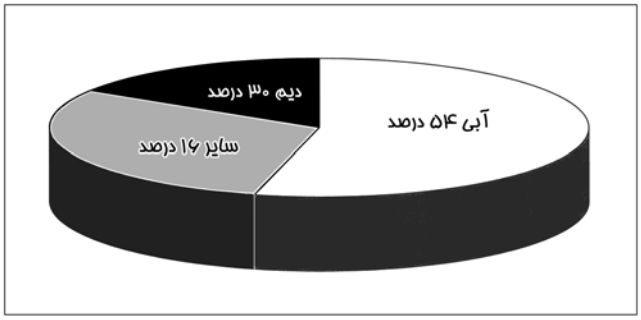
برای مؤلفین کتاب امکان تفکیک میزان اراضی جو آبی و دیم وجود نداشته است. لذا شاید صرفاً مقایسه میزان عملکرد متوسط دیم و آبی ایران با سایر کشورها عادلانه نباشد مضافاً به اینکه در برخی از این کشورها کل سطح زیرکشت محصول جو، آبی می‌باشد (مانند عربستان و قطر). اما با وجود این چنانچه ما میزان عملکرد جو آبی کشورمان را که بیشترین مقدار آن در طی پنج سال گذشته حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده را با متوسط عملکرد جو دیم و آبی کشورهای پیشرو مقایسه کنیم در می‌یابیم که متأسفانه عملکرد این محصول نیز در ایران از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. در رده‌بندی کشورها از لحاظ عملکرد محصول جو، کشورمان در رده ٦٣ قرار می‌گیرد و اگر صرفاً عملکرد جو آبی ایران را با متوسط عملکرد دیم و آبی سایر کشورها مورد مقایسه قرار گیرد کشور ایران بعد از کشور قطر در رده ٣٤ قرار می‌گیرد.

کشور عربستان با توجه به ویژگی خاص اقلیمی و جغرافیایی خود، نمونه خوبی برای بسط موضوع می‌باشد. در حال حاضر سطح زیرکشت جو در کشور عربستان ۱۷۰۰۰ هکتار می‌باشد که به صورت فاریاب کشت می‌شود. میزان تولید از این اراضی، یک میلیون تن گزارش شده است که عملکرد آن معادل ۵۸۸۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. عربستان سعودی چهارمین کشور دنیا از لحاظ بیشترین عملکرد جو در واحد سطح می‌باشد. که این مطلب با لحاظ کردن موقعیت جغرافیایی و نوع آب مصرفی در کشور عربستان نسبت به ایران، جای تأمل بسیاری دارد.

ج - برنج

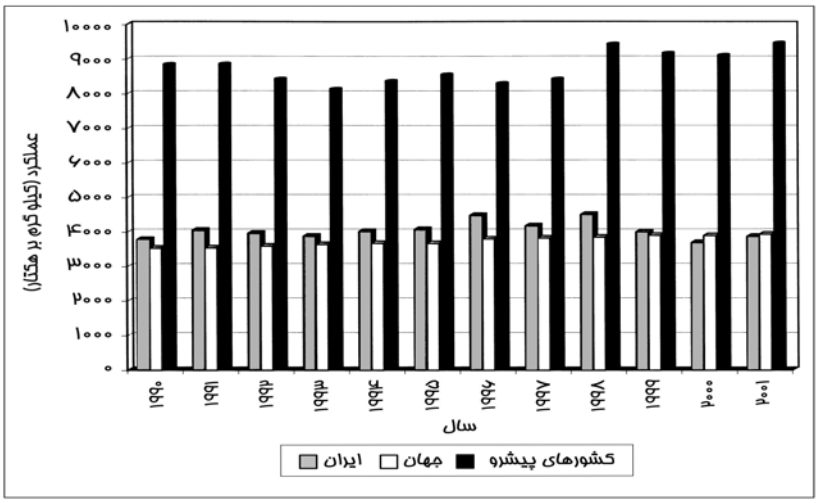
برنج یکی از قدیمی‌ترین و کهن‌ترین غلات جهان به شمار می‌رود. این محصول بیش از ده هزار سال است که مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد. در حال حاضر برنج برای ۳/۳ میلیارد نفر از مردم جهان مهمترین غذا محسوب می‌شود. سرانه مصرف این جمعیت حدود ۱۰۰ کیلوگرم در سال می‌باشد. چین، هند، اندونزی، بنگلادش، تایلند، ویتنام، میانمار و ژاپن تولیدکننده عمده برنج در جهان به شمار می‌روند. در این کشورها ۸۲ درصد برنج جهان و ۹۲ درصد کل تولید برنج آسیا تولید می‌گردد.

اراضی تحت کشت برنج جهان در حال حاضر ١٤٧ میلیون هکتار است که ۸۹ درصد آن در قاره آسیا قرار دارد. حدود ٥٤ درصد این اراضی آبی، ۳۰ درصد دیم و ١٦ درصد بقیه به سایر طرق کشت می‌شوند (نمودار ١-١٠).



نمودار ۱-۱۰- وضعیت اراضی در دست بهره‌برداری برنج در دنیا [مأخذ: فائو]

سطح زیر کشت انواع برنج در ایران مطابق آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی حدود ۵۵۰ هزار هکتار می‌باشد که تماماً به صورت آبی کشت می‌شوند. میزان تولید این اراضی ۲ میلیون تن در سال بوده که این مقدار معادل سرانه ۳۰ کیلوگرم در سال است. به منظور مقایسه عملکرد برنج در ایران با سایر کشورهای جهان، مقدار عملکرد این محصول در ۱۲۳ کشور جهان طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در نمودار ۱-۱۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱-۱۱- عملکرد محصول برنج کشور ایران در مقایسه با متوسط جهان و کشورهای پیشرو طی سال‌های ۲۰۰۱ - ۱۹۹۰ میلادی [مأخذ: فائو]

همانطوریکه در نمودار شماره ۱-۱۱ ملاحظه می‌شود میزان عملکرد برنج کشور در حد متوسط جهان و در مواقعی هم بیشتر از آن است. البته باید توجه داشت که در این نمودار متوسط عملکرد برنج کشورهای جهان را بدون توجه به دیم یا آبی بودن آنها نشان می‌دهد. و در حقیقت این عملکرد تلفیقی از عملکرد اراضی دیم، آبی و سایر اراضی می‌باشد. با توجه به اینکه تمام اراضی برنج در کشور بصورت آبی کشت می‌شود، به نظر می‌رسد که عملکرد برنج در ایران پایین باشد. برای درک بهتر موضوع، عملکرد برنج ایران را با کشور مصر که شرایطی شبیه به ایران دارد مورد مقایسه قرار می‌دهیم. کشور مصر از لحاظ قدمت تاریخی، کشاورزی، جمعیت، منابع آب و فرهنگ شباهت‌های فراوانی به ایران دارد (البته از لحاظ منابع آب تجدیدپذیر در وضعیت بسیار بحرانی‌تری نسبت به ایران قرار دارد) و از این لحاظ مثال خوبی برای طرح و بسط موضوع می‌باشد.

سطح زیرکشت برنج کشور مصر در سال ۲۰۰۲ حدود ٦١٠ هزار هکتار بوده است که تقریبا ٦٠ هزار هکتار بیشتر از سطح زیرکشت ٥٥٠ هزار هکتاری کشورمان است. میزان تولید برنج در مصر قریب به ٥/٦ میلیون تن بوده که بیش از ۲/۸ برابر تولید برنج در ایران می‌باشد. میزان عملکرد برنج در این کشور ۹۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده که حدود ۲/٤ برابر عملکرد برنج در ایران است. همچنین کشور مصر دومین کشور از لحاظ بیشترین عملکرد برنج در واحد سطح در دنیا می‌باشد

در جدول شماره ۱-۱۲ جزییات بیشتری از وضعیت سطح زیر کشت، تولید، و عملکرد محصول برنج در کشور ایران و مصر طی پنج سال گذشته آورده شده است.

با توجه به جدول مذکور می‌توان دریافت که کشورمان از پتانسیل‌های خود برای کشت محصول برنج نتوانسته است استفاده کند. البته در این میان بایستی به کیفیت برنج و ذائقه مردم نیز توجه داشت.

جدول ۱-۱۲- مقایسه عملکرد و تولید برنج در ایران و مصر [مأخذ: فائو]

سال	ایران			مصر		
	سطح (هزار هکتار)	تولید (میلیون تن)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح (هزار هکتار)	تولید (میلیون تن)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۲۰۰۲	۵۵۰	۲/۱	۳۸۵۰	٦۱۲	۵/٦	۹۱۵۰
۲۰۰۱	۵۲۰	۲	۳۸٦۰	۵٦۰	۵/۲	۹۳۰۰
۲۰۰۰	۵۳۰	۱/۹۷	۳۷۰۰	٦٦۰	٦	۹۱۰۰
۱۹۹۹	۵۹۰	۲/۳۵	٤۰۰۰	٦۵۰	۵/۸	۸۸۷۰
۱۹۹۸	٦۱۰	۲/۷۷	٤۵۰۰	۵۲۰	٤/۵	۸٦۰۰

۱-۶- جمع‌بندی

رشد سریع جمعیت طی دهه‌های گذشته متناسب با رشد سایر بخش‌های تولیدی و رفاهی کشور نبوده است و همین عامل سبب گردیده که محدودیت و تنگناهایی در سایر بخش‌ها بالاخص منابع آب و تأمین غذا بوجود آید، بطوریکه سرانه آب تجدیدپذیر کشور نسبت به سال ۱۳۰۰ شمسی به حدود یک هفتم تقلیل یابد. اما با وجود این تنگناها، پتانسیل کشاورزی کشور در مقایسه با متوسط جهان در وضعیت بسیار مناسبی قرار دارد و چنانچه از این پتانسیل و ظرفیت به وجود آمده به شکل صحیح و مطلوبی بهره‌برداری گردد، علاوه بر تأمین نیازهای غذایی کشور امکان صادرات فرآورده‌های کشاورزی به مقدار زیاد فراهم خواهد شد.

ولی متأسفانه علی‌رغم ظرفیت‌های فوق‌العاده عالی در بخش کشاورزی، عملکرد و تولید محصول به ازای سطح و میزان آب مصرفی بسیار پایین است. بخش کشاورزی نه تنها در اراضی دیم، بلکه حتی در اراضی آبی و شبکه‌های مدرن که آب کافی دریافت می‌دارند عملکرد قابل قبولی در مقایسه با سایر کشورهای پیشرو ندارد. این در حالیست که بقای کشاورزی ایران به شدت به آب آبیاری وابسته است و

چنانچه بحران و کمبود منابع آب در آینده و تأثیر آن بر توسعه کشاورزی کشور را در نظر بگیریم، قطعاً با روند کنونی مدیریت منابع آب، بخش کشاورزی با آسیب‌های زیادی مواجه خواهد شد.

به نظر می‌رسد که یکی از مهمترین و مؤثرترین راهکار مقابله با بحران آب، افزایش کارآیی آبیاری به همراه استفاده حداکثر از مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی است، به بیان دیگر لازم است موضوع «بهره‌وری آب کشاورزی» به عنوان یک عامل مؤثر در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌سازی‌های آتی کشور مدنظر قرار گیرد. یا به گفته آقای کوفی عنان (دبیر کل سازمان ملل متحد) ما احتیاج به یک انقلاب آبی در کشاورزی با تأکید بر افزایش بهره‌وری در واحد حجم آب (محصول بیشتر از هر قطره آب) داریم[1].

ولی متأسفانه در ایران افزایش راندمان‌های آبیاری و افزایش تولید در اراضی کشاورزی به صورت اهدافی مستقل پیگیری می‌شود، در صورتیکه «بهره‌وری» امکان ایجاد ارتباط منطقی بین این دو هدف را به طور همزمان فراهم می‌کند و افزایش توأمان کارآیی مصرف آب و افزایش تولید در واحد سطح را با مفهوم «افزایش تولید به ازای هر واحد حجم آب مصرفی» ملاک عمل قرار می‌دهد. به منظور بسط مفهوم بهره‌وری در فصل‌های دوم و سوم کتاب در مورد ضرورت، مفاهیم و شاخص‌های بهره‌وری توضیحات کافی داده خواهد شد و همچنین مثال‌هایی جهت درک بهتر موضوع در فصل چهارم خواهد آمد.

1- We need a Blue Revolution in agriculture that focuses on increasing productivity per unit of water—‘more crop per drop.’

Mr. Kofi Annan,
Secretary General of the United Nations,
Report to the Millennium Conference, October, 2000

فصل دوم

مفهوم بهره‌وری

۲-۱- مقدمه

کوشش‌های اقتصادی انسان همواره به گونه‌ای بوده است که حداکثر نتیجه را از حداقل تلاشها و امکانات بدست آورد. بطور کلی و به عبارتی ساده بهره‌وری[1] به میزان و چگونگی استفاده از نهاده‌ها یا عوامل تولید در یک فرایند تولید ویژه، یک دوره معین و یک محدوده جغرافیایی مشخص برای دستیابی به اهداف تعیین شده، مربوط می‌باشد. بنابراین ارتقای سطح بهره‌وری هدفی ارزشمند محسوب می‌شود. به طور کل ارتقای بهره‌وری می‌تواند نتایج زیر را به همراه داشته باشد:

۱- افزایش رشد اقتصادی
۲- کنترل نرخ تورم
۳- دستیابی به سطح بالای استاندارد زندگی
٤- استفاده بهینه از منابع، به ویژه منابع کمیاب
٥- افزایش قدرت رقابت اقتصادی
٦- افزایش مزایا و دستمزدهای حقیقی کارکنان
۷- کاهش هزینه‌ها
۸- افزایش سودآوری
۹- افزایش توان تولید و ازدیاد تولید ناخالص ملی

با اندازه‌گیری شاخص‌های بهره‌وری در زمان ها و مکان های مختلف، می‌توان روند تغییرات این شاخص‌ها را مشخص نموده و راهکارهای مناسبی برای ارتقای آن در آینده تدوین کرد. افزایش یا کاهش بهره‌وری ارتباط مستقیمی با وضعیت سوددهی واحد تولیدی دارد، بنابراین بررسی روند تغییرات بهره‌وری حائز اهمیت است.

1- Productivity

امروزه توجه به مفهوم بهره‌وری می‌تواند بعنوان یک روش موثر در تمامی بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور جهت سنجش و ارتقای عملکرد این بخش‌ها مطرح باشد.

در این فصل به معرفی مفهوم بهره‌وری از دید کمی و تمایز این مفهوم با اصطلاحاتی همچون تولید، کارایی و اثر بخشی پرداخته شده است . در فصل بعد به مفهوم بهره وری آب و شاخص های مطرح آن اشاره خواهد شد.

۲-۲- تاریخچه بهره‌وری

می‌توان گفت برای نخستین بار لغت «بهره‌وری» توسط فردی به نام «کوئیزنی»[1] در سال ۱۷٦٦ میلادی بکار برده شد. بیش از یک قرن بعد یعنی در سال ۱۸۸۳ فردی به اسم «لیترِ»[2] بهره‌وری را «قدرت و توانایی تولید کردن» تعریف کرد.

بایستی توجه داشت که واژه بهره‌وری با گسترش انقلاب صنعتی و جهت افزایش سودمندی حاصل از نیروی کار، سرمایه و مواردی از این دست گسترش یافت ولی اصطلاح بهره‌وری آب در چند ساله اخیر و به دلیل کمبود این ماده ارزشمند گسترش یافته است. در فصل بعد در خصوص بهره‌وری آب توضیحات بیشتری داده خواهد شد.

۲-۳- تمایز چند واژه (تولید، کارایی، اثربخشی و بهره‌وری)

بهره‌وری در برخی موارد به نحوی دیگر و غیر از آنچه که هست، مورد استفاده قرار می‌گیرد بنابراین لازم است درباره مفهوم واقعی آن توضیح بیشتری داده شود. بسیاری از افراد فکر می‌کنند که هر چه تولید بیشتر شود، لزوماً بهره‌وری نیز افزایش خواهد یافت. این موضوع ضرورتاً صادق نیست. بنابراین بهتر است مفاهیم تولید و بهره‌وری به روشنی تشریح و با هم مقایسه شوند.

1- Qoesnay
2- Littre

الف- تولید

«تولید» عبارت است از عملیات و فعالیت‌های فیزیکی ساختن کالا، حال آن که بهره‌وری مربوط می‌شود به استفاده همراه با کارایی منابع (نهاده‌ها) برای تولید کالا. بطور مثال فرض کنید که در یک واحد تولیدی میزان «نفر ساعت» از ٥٠٠٠ در ماه گذشته به ٤٠٠٠ در این ماه کاهش یابد. شاید مسئولان این واحد تولیدی بدون مطالعه و بررسی دقیق، نتیجه‌گیری و ادعا کنند که این کاهش در «نفر ساعت» موجب افزایش بهره‌وری در کل واحد تولیدی شده است. اما پس از بررسی معلوم می‌شود که در حقیقت این کاهش در «نفر ساعت»، همراه با ٢٠ درصد کاهش در تولیدات رخ داده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در واقع افزایش میزان غیبت در این ماه، باعث کاهش «نفر ساعت» شده و مبین ضعف مدیریت است. در این صورت مسئولان این واحد تولیدی برداشت نادرستی از مفهوم بهره‌وری داشته‌اند.

با محاسبات به آسانی می‌توان ثابت کرد که حتی با افزایش تولید در یک واحد تولیدی، ممکن است بهره‌وری آن واحد کاهش یافته باشد یا برعکس بهره‌وری آن واحد با افزایش تولید بالا رود. به هر حال نکته مهم آن است که:

«تولید اضافی الزاماً به معنای افزایش بهره‌وری نیست»

در اکثر موارد، واژه‌های بهره‌وری، کارایی[1] و اثربخشی[2] نیز به طور نابجا به کار گرفته می‌شوند. در قسمت بعد توضیحات بیشتری در این خصوص داده می‌شود.

ب - کارایی

کارایی یا راندمان یا بازده در واقع نسبت مقدار ظرفیت فعلی (کار، تولید وغیره) به ظرفیت اسمی است. برای مثال در خصوص کارایی یا بازده می‌توان به انواع تعاریف راندمان‌های آبیاری اشاره نمود.

نکته بسیار مهم آن است که طبق قوانین فیزیکی در ماشین (سیستم‌های بسته و مکانیکی)، کارایی عموماً به یک نمی‌رسد و همواره کوچک‌تر از یک است؛ ولی در

1- Efficiency
2- Efectiveness

مورد انسان (سیستم باز) بر اثر انگیزش و هدایت صحیح، کارایی می‌تواند از یک بزرگتر شود.

ج - اثربخشی

اثربخشی عبارت است از درجه و میزان نیل به اهداف تعیین شده. به بیان دیگر اثربخشی نشان می‌دهد که تا چه میزان از تلاش‌های انجام شده نتایج مورد نظر حاصل شده است. ملاحظه می‌شود که کارایی جنبه کمی داشته ولی اثربخشی جنبه کیفی دارد.

لازم است توجه شود که کارایی و اثربخشی لزوماً هم‌سو نیستند زیرا کارایی در بر گیرنده سطح یا میزانی از نتایج است که ممکن است در مجموع مطلوب و ایده‌آل نباشد. به عنوان مثال فرض کنید که موتور پمپ مزرعه‌ای دچار اشکال شده است و کشاورز به جای استفاده از تعمیرکار مجرب و آگاه، خود با صرف کردن وقت بیشتری، نسبت به تعمیر پمپ اقدام می‌کند اما زمانی پمپ تعمیر می‌شود که محصولات مزرعه خشک شده است. در این مثال درست است که کشاورز در هزینه تعمیر پمپ صرفه‌جویی کرده اما اقدام او برای تأمین سریع آب اثربخش نبوده و محصولات خشک شده‌اند.

به عنوان مثال دیگر می‌توان گفت که همزمان با مراجعه ارباب رجوع به شرکتی، مدیر آن شرکت به مستخدمش سفارش چای می‌دهد، ولی مستخدم زمانی چای را می‌آورد که آن ارباب رجوع کارش را تمام کرده و رفته است. مستخدم در توضیح این وضعیت ادعا می‌کند که می‌خواسته با چای تازه دم از میهمان مدیرش پذیرایی کند. در واقع این مستخدم وظیفه خود را به نیت و نحو احسن انجام می‌داده (کارآیی)، اما خدمتش موثر نبوده است (اثربخشی).

با توضیحات فوق می‌توان گفت:

بهره‌وری = اثربخشی + کارایی

بهره‌وری = انجام کارهای درست + انجام درست کارها

بدین ترتیب لازم است در کاربرد صحیح واژه‌های «بهره‌وری»، «تولید»، «کارآیی» و «اثربخشی» دقت شود.

۲-۴- جمع بندی

در ایـن فصـل بـه مفهـوم بهره وری از دیدگاه عمومی پرداخته شد و به تمایز این مفهـوم بـا تولـید، کارایی و اثر بخشی اشاره گردید. به دلیل اهمیت استفاده از آب در تولـیدات کشـاورزی از یـک سو و کمبود منابع آب در دسترس از سوی دیگر، اهمیت ارتقـای بهـره‌وری آب کشـاورزی بـرای کشـورهای کم آب، روز به روز بیشتر شده اسـت. در فصـل بعد به تشریح مفهوم بهره وری آب و شاخصهای مطرح آن پرداخته خواهد شد.

فصل سوم

بهره‌وری آب کشاورزی

۳-۱- مقدمه

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 در ایران در وضعیت مطلوبی قرار ندارد.

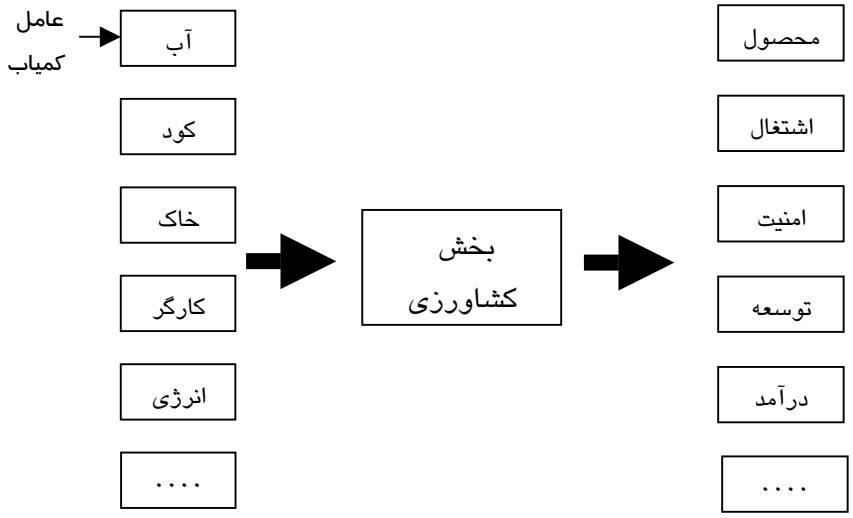
تعیین و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در بسیاری از موارد کار ساده‌ای نیست زیرا آب تنها برای تولیدات کشاورزی بکار نمی‌رود. بهره‌وری آب کشاورزی به منابع آب و سودمندی حاصل از آن ارتباط دارد و بسیاری از پارامترها در این زمینه کیفی بوده که قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند.

مسئله درخور توجه برای بررسی بهره‌وری آب این است که اطلاعات پایه‌ای لازم برای محاسبه شاخص‌های پولی و غیرپولی بهره‌وری آب کشاورزی به اندازه کافی فراهم نیست و جا دارد که در این زمینه کار زیادی انجام شود. موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسایل اساسی در کشورهای مختلف جهان و به خصوص کشورهای کم آب نظیر ایران است.

۳-۲- اهمیت بررسی بهره‌وری آب کشاورزی

جهت افزایش بهره‌وری «عوامل تولید» در بخش کشاورزی ابتدا می‌بایست عامل یا عوامل کمیاب را شناسایی کرده و در ادامه برنامه‌ریزی و تحقیقات در جهت ارتقای بهره‌وری آن عامل یا عوامل کمیاب صورت گیرد. به عنوان مثال در آمریکا به دلیل فراوانی زمین و گرانی کارگر، تحقیقات و برنامه‌ریزی در راستای بهبود بهره‌وری نیروی کار استوار بوده و به همین دلیل ماشین‌آلات کشاورزی در این کشور توسعه فراوانی پیدا کرده است. در کشور ژاپن به دلیل کمبود زمین، سعی شده است تا بهره‌وری زمین افزایش یابد. در این راستا استفاده از کودهای شیمیایی توسعه زیادی پیدا کرده است. در ایران به دلیل محدود بودن منابع آب شیرین برنامه‌ریزیها و تحقیقات بایستی در جهت افزایش بهره‌وری آب باشد.

در کشور ما به دلیل پراکنش نامناسب مکانی و زمانی بارندگی، بیشتر بار تولید مواد غذایی بر دوش زراعت‌های فاریاب است. در حال حاضر قسمت اعظم مصارف آب استحصالی کشور به بخش کشاورزی اختصاص دارد. اگرچه می‌توان بخشی از نیازهای آینده را از طریق توسعه منابع آب جدید تأمین نمود، اما لازم است بخش عمده نیازهای آتی از طریق صرفه‌جویی در مصرف و افزایش بهروری آب تأمین شود(شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- ورودی و خروجی‌های بخش کشاورزی و تعیین عامل کمیاب (در کشور ما عامل کمیاب آب است)

با توجه به محدودیت منابع آب کشور، تخصیص آب بایستی به محصولاتی صورت گیرد که دارای سود اقتصادی بیشتری به ازای یک متر مکعب آب باشند. البته این مسئله به معنی چشم‌پوشی از سایر هدف‌های اساسی و بلند مدتی همچون تأمین امنیت غذایی و اشتغال نمی‌باشد اما لازم است که در کنار این هدف‌ها، موضوع کارآیی مالی و اقتصادی آب نیز برای افزایش بهره‌وری آب مورد توجه قرار گیرد.

۳-۳- اهمیت محاسبه شاخصهای بهره‌وری

امروزه در اثر افزایش روزافزون قیمت‌ها و کمیابی منابع، فضای رقابتی تنگاتنگی بر کلیه بخشهای اقتصادی و اجتماعی دنیا سایه انداخته است. در چنین شرایطی بهره‌وری به عنوان یک نیاز مورد توجه تمام آحاد مردم قرار گرفته است. اهمیت به بهره‌وری بمعنای اهمیت به «حداکثر استفاده ممکن از زمان و توان برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده» است.

ارتقای بهره‌وری نیازمند مدیریتی هوشمندانه است. مدیریتی که ابزارها و روش‌ها را خوب بشناسد و با توجه به شرایط، بهترین آنها را برگزیند و تلاش نماید تا آنها را به بهترین نحو مورد استفاده قرار دهد.

شاخص‌های بهره‌وری به منظور رسیدن به اهداف مختلفی محاسبه می‌شوند. برخی از این اهداف را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- اهداف استراتژیک، به منظور نجات و پیشرفت در یک بازار رقابتی
- اهداف تاکتیکی، به منظور بررسی عملکرد بخش‌های مختلف
- اهداف مدیریتی، به منظور توسعه یا تغییر نوع فعالیت‌ها
- اهداف مربوط به برنامه‌ریزی، برای بررسی سود، زیان و تصمیم‌گیری مناسب

برخی افراد بهره‌وری را بصورت نسبت ستانده به نهاده تعریف کرده‌اند. البته باید توجه داشت که این نسبت در واقع شاخصی عمومی از بهره‌وری است. بنابراین بطور کلی، نسبت ستانده به نهاده، حاکی از «سطح بهره‌وری» در یک فرآیند ویژه و در یک دوره خاص است.

شاید ساده‌ترین روش برای سنجش ستانده، بکارگیری واحدهای فیزیکی باشد. ستانده می‌تواند برحسب مقادیر وزنی، تعداد، سودناخالص، سود خالص و غیره مطرح شود. قسمت نهاده در بحث بهره‌وری آب عموما آب می‌باشد.

۳-۴- معرفی برخی از شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی

به طور کلی بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه‌های مختلفی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. معمول‌ترین این دیدگاه ها «بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی»، «بهره‌وری از دیدگاه مالی» و «بهره‌وری از دیدگاه اشتغال» می‌باشد. مفهوم هر کدام از این دیدگاهها به قرار زیر است.

- بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی: براساس این دیدگاه، بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب است.
- بهره‌وری از دیدگاه مالی: براساس این دیدگاه بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای کسب سود بیشتر به ازای واحد حجم آب است.
- بهره‌وری از دیدگاه اشتغال: براساس این دیدگاه بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای ایجاد اشتغال بیشتر به ازای واحد حجم آب است.

نوع و تعداد شاخص‌های بهره‌وری با توجه به دیدگاههای مختلف متفاوت است. بدیهی است که علاوه بر شاخص‌های معرفی شده در این بخش شاخص‌های دیگری نیز قابل تعریف می‌باشند و حتی خود اشخاص با توجه به نیاز خود می‌توانند شاخص جدیدی را تعریف نمایند و در همین ارتباط به عنوان نمونه مولفین کتاب دو شاخص BPD و NBPD را معرفی می‌کنند.

الف - عملکرد به ازای واحد حجم آب CPD یا Crop Per Drop

CPD یا محصول در قطره یکی از شاخص‌های مطرح در خصوص سنجش میزان بهره‌وری آب کشاورزی است. این شاخص در واقع نسبت مقدار محصول تولید شده (گندم، جو، گوشت، چوب و غیره)، نسبت به حجم آب مصرف شده است. بنابراین هرچه این نسبت بیشتر باشد نشان‌دهنده مصرف صحیح‌تر آب است.

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{مقدار آب مصرف شده}}$$

در رابطه فوق صورت کسر می‌تواند مقدار محصول خشک ، تر و یا جزئی از محصول باشد که به مصرف می‌رسد (مانند دانه، ریشه و غیره) و مخرج کسر آب مصرف شده است. مقدار آب مصرف شده می‌تواند آب تحویلی به شبکه، آب تحویلی به مزرعه، آب تحویلی به گیاه و یا حتی تبخیر و تعرق باشد. هنگام مقایسه شاخصها بایستی به موارد فوق الذکر توجه کافی داشت.

CPD را می‌توان برای یک محصول، چند محصول و یا حتی کل تولیدات کشاورزی بکاربرد ولی بایستی توجه داشت که هرچه تنوع محصولات بیشتر شود مقدار خطا در CPD احتمالاً بیشتر خواهد شد. که این مسئله بستگی به الگوی کشت، نوع واریته و غیره دارد.

CPD را علاوه بر محصولات کشاورزی می‌توان در مورد محصولات صنعتی، دامپروری و غیره نیز بکار برد.

محاسبه و تأمین اعداد اولیه برای محاسبه این شاخص راحت می‌باشد و اگر چنانچه منظور از استفاده از CPD مقایسه یک رقم خاص محصول باشد دقت خوبی خواهد داشت. اما اگر تعداد محصولات زیاد باشد و بخواهیم CPD دو منطقه را که دارای الگوی کشت برابر نیستند با هم مقایسه کنیم دقت کمی خواهد داشت. در عمل ممکن است CPD یک محصول زیاد باشد ولی این امر دلیل بر سود اقتصادی بیشتر نمی‌باشد. بطور مثال CPD علوفه از زعفران بیشتر است اما در عمل مقدار سود حاصل از زعفران ممکن است خیلی بیشتر از علوفه باشد. بنابراین هنگام استفاده و تحلیل این شاخص بایستی به منابع خطا این شاخص توجه کافی داشت.

بطور کل اگر قرار باشد CPD محصولی در دو منطقه با هم مقایسه شود این قیاس زمانی معنی دارد که بجز آب مصرفی سایر عوامل تولید یکسان باشد.

ب- سود ناخالص به ازای واحد حجم آب BPD یا Benfit Per Drop

اگر قدم را کمی جلوتر از CPD بگذاریم به BPD و یا میزان سود ناخالص به ازای واحد حجم آب خواهیم رسید. در این شاخص میزان سود ناخالص نسبت به مقدار آب مصرف شده در نظر گرفته می‌شود.

$$BPD = \frac{\text{سود ناخالص}}{\text{مقدار آب مصرف شده}}$$

رابطه فوق براساس «ریال بر متر مکعب» و یا به صورت کلی‌تر « واحد حجم آب/ واحد پول» بیان می‌شود.

برمبنای شاخص BPD سیاست مصرف آب باید به گونه‌ای باشد که مقدار سود ناخالص بدست آمده از واحد حجم آب مصرف شده بیشتر باشد. این روش نیز همانند CPD دارای مزایا و معایبی است. محاسبه این شاخص نسبتاً ساده بوده اما در این روش مقدار هزینه صرف شده جهت تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود و یا به عبارت دیگر سود ناخالص در نظر گرفته می‌شود و نه سود خالص و این مسئله یکی از نقاط ضعف این روش است. بطور کل می‌توان گفت که شاخصBPD یک شاخص ناقص برای انجام مطالعات بوده و شاخص NBPD نوع اصلاح شده آن می‌باشد.

بدیهی است که هنگام محاسبه و تفسیر شاخص‌های مالی بهره‌وری توجه به سال مبنا برای محاسبات و توجه به میزان تورم، استهلاک، تغییرات قیمت محصول و مواردی از این دست حایز اهمیت است.

ج-سود خالص به ازای واحد حجم آب NBPD یا Net Benefit Per Drop

شاید بتوان گفت که یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، NBPD یا سود خالص در قطره است. در این روش برخلاف روش قبل به جای در نظر گرفتن سود ناخالص در صورت کسر، میزان سود خالص در صورت قرار می‌گیرد. بنابراین اگر منظور ما افزایش بهره‌وری مصرف آب از منظر اقتصادی باشد، می‌توان گفت که این روش برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، روشی مناسب است ولی مشکل اساسی در تهیه این شاخص تعیین مقدار سود خالص در موقعیت‌های مختلف می‌باشد.

$$NBPD = \frac{\text{سود خالص}}{\text{مقدار آب مصرف شده}}$$

براساس رابطه فوق هر محصولی که با مصرف مقدار کمتری آب بتواند سود خالص بیشتری فراهم کند برای کشت کار بهتر است. در عمل ممکن است براساس شاخص NBPD صرفه اقتصادی ، استفاده از آب در بخش صنعت، دامپروری و غیره باشد. اما بایستی هنگام تفسیر این شاخص به مسایلی همچون امنیت شغلی، خودکفایی و مواردی از این دست توجه کافی داشت.

د- راندمان‌ها

عموما راندمان بیشتر آبیاری به معنی تلفات کمتر آب کشاورزی است. راندمان آبیاری دارای رابطه مستقیمی با بهره‌وری آب است. با افزایش راندمان آبیاری، بهره‌وری آب نیز افزایش خواهد یافت.

این شاخص خود شامل انواع راندمان‌ها می‌باشد که در مراجع مختلف راجع به آن بحث شده است.

متخصصین آبیاری بیشتر از این شاخص برای سنجش مصرف صحیح آب استفاده می‌کنند اما بایستی توجه داشت که این شاخص به تنهایی نمی‌تواند نشان دهنده مصرف صحیح آب در بخش کشاورزی باشد.

ه- ارزش افزوده به ازای یک متر مکعب آب

ارزش افزوده نیز به عنوان یک شاخص بهره‌وری (بیشتر از دید اقتصاد کلان) قابل طرح می‌باشد. طبق بررسی‌های انجام شده ارزش افزوده بخش کشاورزی به ازای یک متر مکعب آب نسبت به بخش صنعت و خدمات بسیار پایین است. در آینده بخش کشاورزی باید بتواند شرایط بهتری برای رقابت با مصارف صنعتی و خدمات ارایه دهد.

و - نسبت سود به هزینه

هزینه‌های انجام شده برای تامین آب کشاورزی در طرح‌های مختلف آبیاری متفاوت است بنابراین می‌توان از نسبت سود به هزینه بعنوان یک شاخص بهره‌وری استفاده کرد. این شاخص بیشتر از دید اقتصاد کلان مطرح است.

۳-۵- جمع‌بندی

جهت افزایش بهره‌وری «عوامل تولید»در بخش کشاورزی می‌بایست ابتدا عامل یا عوامل کمیاب را تعیین کرده و برنامه‌ریزی و تحقیقات در جهت افزایش بهره‌وری این عامل یا عوامل صورت گیرد. بدلیل اینکه در بیشتر نقاط ایران آب عامل محدودکننده بخش کشاورزی است بنابراین کشورمان بایستی توجه ویژه‌ای به افزایش بهره‌وری آب کشاورزی داشته باشد.

بطور کل می‌توان از شاخص‌های مختلفی جهت سنجش بهره‌وری آب کشاورزی استفاده کرد. با توجه به دیدگاه ما از بهره‌وری آب (تولید، سود، اشتغال و غیره) شاخصهای مختلفی قابل طرح می‌باشند. در میان شاخصهای اقتصادی شاخصی همچون NBPD شاخص مناسبی برای ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی می‌باشد اما بایستی گفت که محاسبه آن چندان ساده نیست. بطور کل هر چه تعداد مکانی و زمانی شاخص‌های جمع آوری شده بیشتر باشد تفسیر وضعیت بهره‌وری دقیق‌تر خواهد بود. بنابراین جا دارد که اینگونه شاخص‌ها در طرح‌های مختلف محاسبه و تحلیل شوند. در فصل بعد مثال‌هایی از نحوه تعیین و کاربرد برخی شاخص‌های بهره‌وری آب توضیح داده خواهد شد.

فصل چهارم

مثال‌هایی از نحوه تعیین و کاربرد برخی از شاخص‌های بهره‌وری آب

۴-۱- مقدمه

در کشور ما استفاده از منابع آب با بهره‌وری نامناسبی صورت می‌پذیرد. اگر به تولیدات چند محصول مهم کشاورزی نظری بیاندازیم (جدول٤-١) این سوالات در ذهن هر شخص نقش می‌بندد:

چرا باید این تفاوت فاحش در عملکرد تولید محصولات کشاورزی وجود دارد؟

آیا با توجه به کمبود آب در کشور، استفاده صحیح در تخصیص و استفاده از منابع آب انجام می‌گیرد؟

آیا به مزیت‌های نسبی در تولید محصولات در بخش کشاورزی و بخش غیر کشاورزی توجه می‌شود؟

آیا سیاست‌گذاری‌های منابع آب، خاک و تولید محصولات کشاورزی در کشور به گونه‌ای است که حداکثر بهره‌برداری از منابع آب برای تحصیل حداکثر سود، توسعه پایدار، امنیت غذایی و اشتغال انجام شود؟

جدول٤-١ – مقایسه عملکرد چند محصول مهم کشاورزی در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹

[ماخذ: سالنامه وزارت جهاد کشاورزی]

محصول	کمترین عملکرد (کیلو گرم در هکتار)	بیشترین عملکرد (کیلو گرم در هکتار)	نسبت بیشترین به کمترین عملکرد
گندم آبی	استان بوشهر – ۱۱۷۳	استان تهران – ٤٠٣٤	٣/٤٣
جو آبی	استان بوشهر – ٦٠٠	استان تهران – ٣٤٩٨	٥/٨٣
ذرت دانه‌ای آبی	استان گیلان – ۱۹۵۲	استان قزوین – ٧٢٠٠	٣/٦٨
چغندر قند آبی	استان کهکیلویه و بویر احمد – ١٤٤٥١	خوزستان – ٤٥٣٨٢	٣/١٤

تعیین و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب می‌تواند راهکار مناسبی جهت سیاستگذاری‌های صحیح برای تولید محصولات کشاورزی و غیر کشاورزی در راستای تحصیل حداکثر سود، توسعه پایدار، امنیت غذایی، اشتغال و مواردی از این دست بوده و بدیهی است که نمی‌توان تنها به راندمان آبیاری جهت تعیین مصرف صحیح آب اکتفا کرد.

در قسمت بعد برای آشنایی بیشتر با نحوه تعیین شاخص‌های بهره‌وری آب، سعی شده است که شاخص‌های بهره‌وری برای چند منطقه کشور با توجه به اطلاعات محدود کسب شده ، محاسبه شود. بایستی متذکر شد که تحلیل دقیق این اعداد احتیاج به تعیین شاخص‌های بهره‌وری در زمان‌ها و مکانهای مختلف دارد تا بدین وسیله بتوان تحلیل زمانی و مکانی مناسبی از این اعداد انجام داد. همچنین باید توجه داشت که مسایلی همچون نوع و کیفیت محصولات، مسایل زیست محیطی، مقدار باران مؤثر، اشتغال،کشاورزی پایدار، امنیت غذایی، آب برگشتی و مواردی از این دست در نحوه تحلیل شاخص‌های بهره‌وری و اتخاذ سیاست‌های مناسب، مؤثر است. در انتهای این فصل دو نمونه از کاربردهای شاخصهای بهره‌وری آب آورده شده است.

۴-۲- مثال‌هایی از نحوه تعیین شاخص بهره‌وری آب کشاورزی

در این قسمت جهت آشنایی بیشتر با شاخصهای بهره‌وری آب کشاورزی به نحوه تعیین برخی از این شاخص‌ها در ایران و برخی از شبکه های موجود کشور می‌پردازیم.

الف- تعیین شاخص بهره‌وری آب در ایران براساس شاخص CPD برای مجموع محصولات کشور

همانطور که قبلا گفته شد برای تعیین شاخص CPD احتیاج به اعداد اولیه کمتری نسبت به سایر شاخص‌ها بوده اما نتایج آن در بسیاری از موارد از دقت آنچنان بالایی برخوردار نمی‌باشد. در این قسمت با توجه به آماده بودن اعداد اولیه جهت تعیین این شاخص به محاسبه این شاخص طی سال‌های زراعی ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ در ایران پرداخته شده است(جدول ٤-۲).

جدول٤-۲- تعیین شاخص CPD برای کل محصولات کشاورزی ایران طی سال‌های زراعی ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹

سال زراعی	محصولات سالیانه (میلیون تن)			محصولات دایمی (میلیون تن)			جمع تولیدات آبی (میلیون تن)	جمع مصرف آب درزراعت آبی کشور (میلیارد متر مکعب)	CPD (کیلو گرم بر متر مکعب)
	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع			
۱۳۷۸-۷۹	٤۰	٤/۷	٤٤/۷	۱۰/۸	۱/۵	۱۲/۳	۵۰/۸	حدود ۵/ ۷۹	۰/٦۳
۱۳۷۹-۸۰	٤۱	۵/۵	٤٦/۵	۱۱/۸	۰/۸	۱۲/٦	۵۲/۸	حدود ۵/ ۸۰	۰/٦٦
متوسط									۰/٦٤۵

شاخص‌های CPD بدست آمده به عنوان یک شاخص جهت ارزیابی سالیانه تغییرات بهره‌وری آب کشاورزی در کشور قابل استفاده است، اما بایستی توجه داشت که مسایلی همچون تغییر الگوی کشت طی سالیان مختلف و عواملی ازاین دست می‌تواند به عنوان منابع خطا در تحلیل این نوع شاخص مطرح باشد.

افزایش شاخص CPD طی دو دوره بررسی شده را می‌توان مربوط به بهبود وضعیت مصرف آب در اثر خشکسالی‌های به وقوع پیوسته طی چند ساله اخیر و بهبود وضعیت فرهنگی استفاده از آب دانست.

اگر چنانچه منابع اطلاعاتی به ما این اجازه را بدهد که بتوان شاخص اقتصادی NBPD را هر ساله برای کل کشور در مناطق مختلف محاسبه کنیم ، در این صورت تحلیل زمانی و مکانی ما از وضعیت بهره‌وری مصرف آب در کشور بسیار دقیقتر خواهد بود و بالطبع اتخاذ سیاستگذاری‌ها هم با اطمینان بیشتری صورت خواهد پذیرفت.

بایستی توجه داشت که علاوه بر آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی مقداری از محصولات کشاورزی به صورت دیم تولید می‌شود و همچنین بخشی از بارندگی نیز موجب آبیاری شدن مزارع، جنگلها و مراتع (علوفه برای دام) می‌شود که می‌تواند

شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در تحلیل شاخصها بایست به مواردی از این دست توجه داشت.

ب - بررسی وضعیت بهره‌وری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی گیلان، دز و مغان بر اساس شاخص‌های CPD، BPD و NBPD

در این قسمت به بررسی وضعیت بهره‌وری آب کشاورزی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی گیلان، دز و مغان پرداخته شده و در ادامه مقایسه ای مکانی و زمانی از این شاخصها بعمل آمده است. سال مورد بررسی در شبکه گیلان سال ۱۳۸۱ و برای شبکه دز سال ۱۳۸۰ و برای شبکه مغان سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ بوده است.

تعیین محل تخصیص آب به شبکه، سال مورد بررسی و مواردی از این دست می‌تواند به عنوان منابع خطا در تحلیل و مقایسه شاخص‌های بدست آمده باشد.

بطور کلی بهتر است، شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در سال‌های مختلف محاسبه و تأثیر عوامل مختلف بر افزایش و کاهش مقدار بهره‌وری مورد توجه قرار گیرد.

ب- ۱ - شبکه آبیاری و زهکشی گیلان

مساحت خالص شبکه آبیاری و زهکشی گیلان در سال ۱۳۸۱ حدود ۱۷۲۸۰۰ هکتار و نوع کشت در این شبکه عمدتاً شامل برنج و مقدار کمی استخرهای پرورش ماهی بوده است. در این سال حدود ۱۷۰۰۰۰ هکتار به کشت برنج اختصاص داشته است. زمان شروع و پایان کشت برنج به ترتیب نیمه دوم اردیبهشت و آخر مرداد بوده و متوسط مقدار برداشت برنج در هکتار ۲۲۵۰ کیلوگرم گزارش شده است. قیمت متوسط برنج ٤۰۰۰ ریال برای هر کیلوگرم و متوسط هزینه برای هر هکتار ریال ۱۱,۵۷۰,۰۰۰ بوده است.

مقدار کل آب مصرفی بدون در نظر گرفتن بارندگی، ۱۳٦۰ میلیون مترمکعب بوده و میزان بارندگی سالیانه در شبکه ۱۲۰۰ میلیمتر و در فصل کشت حدود ۲٤٤ میلیمتر گزارش شده است. مالکیت‌ها در این شبکه عمدتاً خصوصی بوده و نحوه دریافت آب‌بهاء براساس قانون تثبیت آب‌بهای زراعی می‌باشد.

با توجه به اطلاعات فوق الذکر و فرض اینکه همه کشت‌های شبکه آبیاری گیلان به برنج اختصاص داشته باشد می‌توان شاخص‌های CPD، BPD و NBPD را به صورت زیر محاسبه نمود (جدول ٤-٣).

جدول٤-٣- تعیین شاخص‌های CPD، BPD و NBPD در شبکه گیلان(سال۱۳۸۱)

نام شبکه	گیلان
مساحت خالص (هکتار)	حدود ۱۷۲۸۰۰
نام محصول	عموما برنج
آب مصرفی بدون در نظر گرفتن بارندگی(میلیارد متر مکعب)	۱/۳٦
عملکرد برنج (کیلو گرم در هکتار)	۲۲۵۰
مقدار کل محصول (میلیون کیلو گرم)	۳۸۹
قیمت فروش (ریال برای هر کیلو گرم)	٤۰۰۰
قیمت فروش کل (میلیارد ریال)	۱٥٦۰
هزینه هر هکتار (میلیون ریال)	۱۱/٥
هزینه کل (میلیارد ریال)	۱۹۹۰
سود خالص کل (میلیارد ریال)	-٤۳۰
CPD (متر مکعب/کیلو گرم)	۰/۲۸٥
BPD (متر مکعب/ریال)	۱۱٤۰
NBPD (متر مکعب/ریال)	-۳۱۸

بایستی توجه داشت که اگر تفسیر شاخص‌ها به صورت مکانی (یک شبکه نسبت به سایر شبکه‌ها و یا حتی یک قسمت از شبکه نسبت به قسمت دیگر همین شبکه) باشد می‌بایست مقدار باران موثر، تولید اراضی دیم و مواردی از این دست را جهت دقت بیشتر مد نظر قرار داد .

در جدول ٤-۳ مقدار شاخص NBPD با توجه به منفی شدن سود خالص مقداری کمتر از صفر شده است.

ب -۲- شبکه آبیاری و زهکشی دز

شبکه آبیاری و زهکشی دز با مساحت خالص ۱۰۰۰۰۰ هکتار در جنوب غربی ایران قرار گرفته و منبع تأمین آب آن رودخانه دز می‌باشد.

راندمان کل آبیاری در این شبکه بین ۲۵ تا ۳۰ درصد گزارش شده و مقدار بارندگی در زمان کشت و کار بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر بوده است. آب بها در این شبکه در سال مورد بررسی براساس ۳٪ محصول تولید شده، محاسبه شده است.

با عنایت به مطالب فوق‌الذکر می‌توان مقدار شاخص‌های CPD، BPD و NBPD را به صورت جدول ٤-٤ برای این شبکه محاسبه نمود.

جدول ٤-٤- مقدار شاخص‌های CPD، BPD و NBPD در شبکه دز در سال ۱۳۸۰

محصول	نام شبکه دز									مساحت فاضل کل (هکتار): ۱۰۰۰۰۰				
ساحت (هکتار)	۴۶۹۰۰	۱۶۵۰۰	۱۶۰۰۰	۷۴۰۰	۳۷۵۰	۳۹۵۰	۳۷۰۰	۱۷۵۰	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز	۹۸۸۵۰
آب تحویلی (میلیون متر مکعب)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۲۴۵
عملکرد (کیلو گرم در هکتار)	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۳۵۰۰۰	۱۲۰۰۰	۵۳۰۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	ناچیز	ناچیز	ناچیز	۱۴۰۰
کل محصول(میلیون کیلو گرم)	۱۸۸	۹۹	۱۶۰۰	۲۵۹	۴۵	۱۵۶	۳/۷	۴۹/۵	۳۵۰	۴۵۰	ناچیز	ناچیز	ناچیز	۲۴۰۰
فروش (ریال برای هر کیلو گرم)	۱۳۰۰	۱۰۷۰	۱۱۵	۴۰۰	۱۰۰۰	۳۰۳	۲۵۰۰	۳۵۰	۴۵۰	۹۰۰	ناچیز	ناچیز	ناچیز	۵۰۰
قیمت فروش کل (میلیارد ریال)	۲۴۴	۱۰۷	۱۰۰	۱۰۴	۴۵	۴۷/۴	۹/۲۵	۱۷/۳	-	-	-	-	-	۷۷۳
هزینه هر هکتار (میلیون ریال)	۳	۳	۷/۵	۶/۵	۷	۱۰	۱	۷	۶	۹	۸			
هزینه کل (میلیارد ریال)	۱۴۱	۴۹/۵	۱۱۰	۴۸/۱	۲۶/۳	۱۹/۵	۳/۷	۱۱/۶	-	-	-			۴۳۰
سود خالص کل (میلیارد ریال)	۱۰۳	۵۶/۴	۸۰	۵۵/۵	۱۸/۸	۱۷/۹	۵/۵۵	۵/۷۸	-	-	-			۳۴۳
CPD(متر مکعب/ کیلو گرم)	۱/۰۷													
BPD(متر مکعب/ ریال)	۳۴۴													
NBPD(متر مکعب/ ریال)	۱۵۱													

ب-۳- شبکه مغان

شبکه آبیاری و زهکشی مغان با انتقال آب از سد انحرافی میل و مغان، اراضی دشت مغان را آبیاری می‌کند. از نظر اقلیم‌شناسی دشت مغان منطقه‌ای نیمه خشک و معتدل است که دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های نسبتاً معتدل همراه با بادهای خشک و سرد و دارای یخبندان‌های محدود است. متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۲۹۹ میلیمتر و بیشترین بارندگی در نیمه دوم اسفند ماه تا اوایل خرداد اتفاق می‌افتد. متوسط سالیانه تبخیر در منطقه ۱٤۸٥ میلیمتر و حداکثر آن در ماه‌های تیر و مرداد می‌باشد.

در حال حاضر شبکه آبیاری و زهکشی مغان آب مورد نیاز حدود ٦۳۰۰۰ هکتار اراضی خالص را به تفکیک کشت و صنعت مغان ، کشت و صنعت پارس، بخش خصوصی و مقدار کمی زمینهای دولتی تأمین می‌کند. کشت‌های عمده در کشت و صنعت‌ها شامل گندم، جو، ذرت بذری، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه، باغات و چغندرقند بوده و کشت‌های عمده اراضی بخش خصوصی گندم، پنبه، جو، یونجه، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، گوجه فرنگی و صیفی‌جات می‌باشد.

عقد قرارداد بین آب‌بران و شرکت بهره‌برداری به صورت سالیانه صورت می‌گیرد و آب بهاء بر اساس ۳ درصد از متوسط محصول تولیدی در هر هکتار اخذ می‌گردد. آب توزیعی در شبکه علاوه بر مصارف کشاورزی، آب مورد نیاز بخش صنعت و شرب منطقه را نیز تأمین می‌کند.

با عنایت به تحقیقات انجام شده می‌توان مقادیر شاخص‌های CPD ، BPD و NBPD را برای سال‌های ۱۳۷٥ تا ۱۳۸۰ در شبکه مغان به شرح جداول ٤-٥ و ٤-٦ جمع‌بندی نمود.

جدول ٤-٥ - میزان سطح زیر کشت، کل میزان آب مصرفی و آب مصرفی در هر هکتار در شبکه آبیاری و زهکشی مغان طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰

واحد زراعی	سال	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	متوسط
گندم و جعفری	سطح زیر کشت(هکتار)	۱۹۴۴۰	۱۸۱۸۸۰	۱۸۱۳۴۵	۱۸۹۹۸	۱۹۵۱۳	۱۹۷۳۳	۱۹۰۵۳/۰
	کل میزان آب مصرفی(Mm^3)	۲۹۰/۷۸	۲۸۱/۰۷	۲۷۵/۱۸	۲۷۹/۰۱	۲۱۵/۴۰	۲۴۶/۹۸	۲۷۳/۱
	آب مصرفی در هر هکتار(m^3)	۱۴۹۵۸	۱۵۳۷۶	۱۵۰۰۰	۱۴۱۷۰	۱۱۰۳۴	۱۲۵۱۶	۱۳۸۴۱
گندم و جعفری	سطح زیر کشت(هکتار)	۲۲۲۴/۵	۲۷۱۹	۳۵۴۵	۳۸۰۸	۵۴۶۹	۴۹۲۵	۳۷۷۵/۱
	کل میزان آب مصرفی(Mm^3)	۳۸/۰۴	۳۴۰/۷۴	۴۹/۹۹	۶۳/۷۸	۶۹/۸۰	۶۵/۱۹	۵۳/۶
	آب مصرفی در هر هکتار(m^3)	۱۷۰۹۹	۱۳۲۶۶	۱۴۱۰۱	۱۶۷۴۹	۱۲۷۶۳	۱۳۲۳۷	۱۴۵۳۶
چغندر	سطح زیر کشت(هکتار)	۳۹۰۷۰	۴۰۵۴۱	۴۰۴۵۴	۴۰۷۴۳	۴۱۵۸۴	۴۳۶۳۱	۴۱۰۰۱/۳
قندهای	کل میزان آب مصرفی(Mm^3)	۲۷۶/۳۶	۲۵۱/۵۹	۲۸۵/۵۵	۳۰۵/۸۶	۲۷۹/۸۴	۳۳۳/۶۶	۲۸۷/۱
	آب مصرفی در هر هکتار(m^3)	۷۰۷۵	۶۱۰۶	۷۰۵۹	۷۵۰۷	۶۷۳۰	۷۴۱۸	۶۹۹۹
	سطح زیر کشت(هکتار)	۶۰۷۱۴/۵	۶۱۴۴۰	۶۲۳۴۴	۶۳۵۴۹	۶۶۵۷۵	۶۸۱۹۰	۶۳۸۱۰/۴
	کل میزان آب مصرفی(Mm^3)	۶۰۵/۱۷	۵۶۷/۴۰	۶۱۰/۷۱	۶۳۸/۶۵	۵۶۵/۰۴	۶۳۵/۸۳	۶۰۳/۸
	آب مصرفی در هر هکتار(m^3)	۹۹۶۶	۹۳۳۵	۹۷۹۶	۱۰۰۵۰	۸۴۸۷	۹۳۱۱	۹۴۷۴/۳

جدول٤-٦ – مقدار شاخص‌های CPD, BPD و NBPD در شبکه آبیاری و زهکشی مغان طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰

واحد زراعی	سال	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	متوسط
گندم و مزیت مقام	تولید (میلیون کیلوگرم)	۱۶۸/۳	۱۹۴/۵۰	۳۳۷/۳۳	۲۳۱/۹۹	۱۷۵/۵۱	۱۸۸/۷۱	۱۹۸
	میزان فروش(میلیون ریال)	۱۵۰۳۷۶۸	۱۳۶۵۰۷	۱۱۴۵۹۳	۱۴۹۵۶۹	۱۱۶۵۲۴	۱۴۵۱۵۸	۱۳۵۴۶۵۳
	سود خالص(میلیون ریال)	۱۰۹۰۴۷	۵۹۰۰۳	۷۵۰۷۰	۹۸۳۶۰	۷۱۶۵۰	۸۰۹۷۱	۸۱۳۵۰
	CPD(kg/m^3)	۰/۵۸	۰/۶۹	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۸۱	۰/۷۶	۰/۷۶
	BPD (ریال / m^3)	۵۱۷	۴۸۶	۴۱۶	۵۵۶	۵۴۱	۵۸۸	۵۱۷
	NBPD(ریال / m^3)	۳۷۵	۳۱۰	۲۷۳	۳۷۶	۳۳۳	۳۲۸	۳۱۴
گندم و مزیت پائیز	تولید (میلیون کیلوگرم)	۱۸/۶۳	۳۶/۹۹	۵۳/۵۰	۴۱/۶۳	۴۲/۴۱	۳۸/۵۹	۳۹
	میزان فروش(میلیون ریال)	۱۷۵۹۸	۲۷۷۸۳	۳۴۷۹۰	۳۳۳۳۷	۴۴۷۷۵	۴۹۷۴۸	۳۴۶۵۴
	سود خالص(میلیون ریال)	۱۰۳۵۸	۹۶۳۸	۲۷۴۰۵	۱۹۹۰۳	۲۸۸۶۷	۴۱۳۵۷	۲۲۹۱۱
	CPD(kg/m^3)	۰/۴۹	۱/۰۶	۱/۰۷	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۵۹	۰/۷۵
	BPD (ریال / m^3)	۴۶۳	۸۰۰	۶۹۶	۵۱۱	۶۴۱	۷۶۳	۶۴۷
	NBPD(ریال / m^3)	۲۷۱	۲۷۷	۵۴۸	۳۱۲	۴۱۴	۶۳۴	۴۱۰

ادامه جدول ۴-۶

تولید (میلیون کیلوگرم)	۳۱۱/۸۴	۲۹۸/۱۳	۳۴۴/۳۱	۲۵۰/۹۰	۲۵۶/۸۷	۲۶۷/۷۶	۲۵۵
میزان فروش(میلیون ریال)	۲۷۶۱۷۰	۲۶۲۴۵۲	۳۰۰۳۲۷	۲۱۹۹۴۳	۲۹۶۱۳۷	۲۷۰۱۷۱	۲۵۲۵۱۵
سود خالص(میلیون ریال)	۲۱۴۹۷۶	۱۰۷۰۳۰	۶۷۵۵۷	۶۴۶۹۵	۱۵۱۵۴۵	۱۲۷۵۴۹	۱۲۲۰۵۷
CPD(kg/m^3)	۰/۷۷	۱/۱۹	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۹۳	۰/۸۳	۰/۹۰
BPD (ریال / m^3)	۹۹۹	۱۰۴۳	۷۰۱	۷۱۹	۱۰۵۸	۸۰۴	۸۸۷
NBPD(ریال / m^3)	۷۷۸	۴۲۵	۳۳۳	۲۱۲	۵۴۲	۳۹۴	۴۳۰
تولید (میلیون کیلوگرم)	۳۹۸/۷۸	۵۲۹/۰۲	۵۲۵/۰۴	۵۲۴/۵۳	۴۷۴/۷۹	۴۹۵/۰۶	۴۹۱
میزان فروش (میلیون ریال)	۴۴۴۱۲۷	۴۲۰۷۴۲	۳۴۹۷۰۹	۴۰۲۷۴۹	۴۵۷۴۱۷	۴۵۵۰۷۷	۴۲۲۷۲۲
سود خالص(میلیون ریال)	۳۳۴۳۷۰	۱۷۵۶۷۲	۱۶۹۰۳۲	۱۸۲۹۵۹	۲۵۲۰۶۲	۲۴۹۸۷۷	۲۲۸۳۵۹
CPD(kg/m^3)	۰/۷۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۸۲
BPD (ریال / m^3)	۷۳۴	۷۵۲	۵۷۲	۶۳۱	۸۱۰	۷۱۷	۷۰۲
NBPD(ریال / m^3)	۵۵۲	۳۱۰	۲۷۷	۲۸۷	۴۴۷	۳۹۳	۳۷۷

- مقایسه شاخص‌های محاسبه شده در سه شبکه بررسی شده

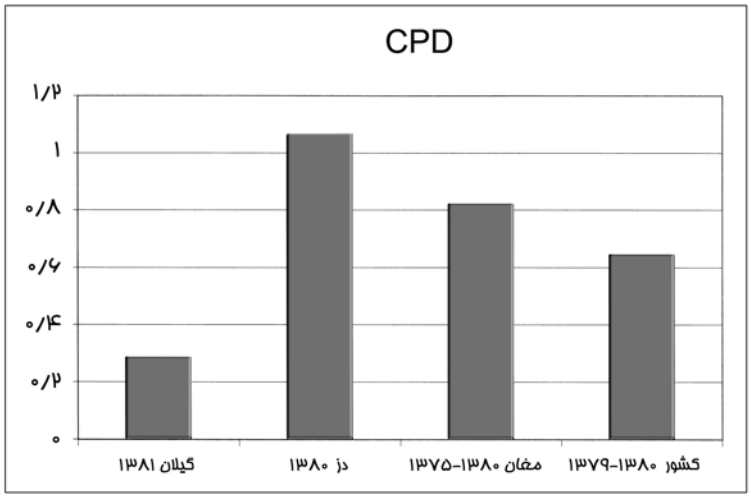
در این قسمت به مقایسه شاخص‌های بدست آمده از مراحل قبل پرداخته شده است(جدول ٤-٧).

جدول٤-٧- مقایسه شاخص‌های محاسبه شده در سه شبکه مورد بررسی

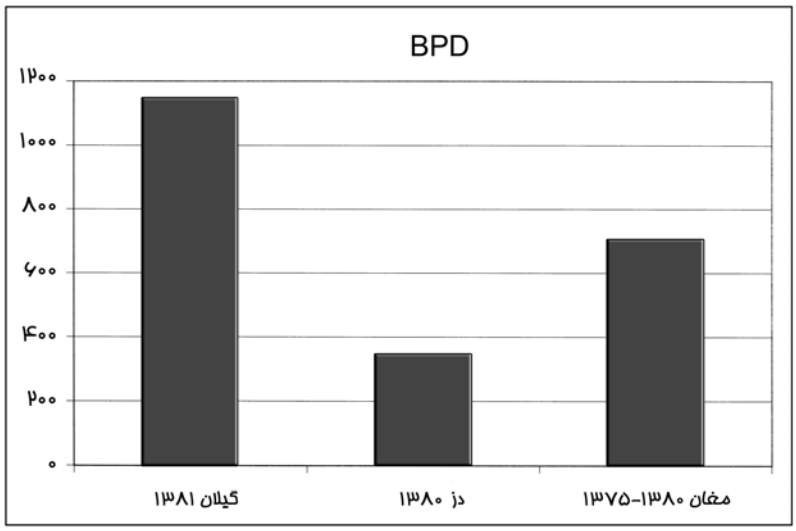
شبکه / شاخص	گیلان ١٣٨١	دز ١٣٨٠	مغان ١٣٨٠ -١٣٧٥	کل کشور ١٣٨٠-١٣٧٩
CPD (متر مکعب/کیلو گرم)	٠/٢٨٥	١/٠٧	٠/٨٢	٠/٦٤٥
BPD (متر مکعب/ریال)	١١٤٠	٣٤٤	٧٠٢	-
NBPD (متر مکعب/ریال)	-٣١٨	١٥٢	٣٧٧	-

بر اساس جدول فوق می‌توان دریافت که در شبکه آبیاری و زهکشی دز مقدار CPD، بیشتر از شبکه‌های آبیاری گیلان، مغان و متوسط کشورمی‌باشد. این بدان معناست که مقدار تولید به ازای واحد حجم آب در این شبکه بیشتر از سایرین بوده است. اما در شبکه آبیاری گیلان مقدار سود ناخالص کسب شده بازای واحد حجم آب بیش از سایر شبکه‌ها بوده و دست آخر اینکه در شبکه آبیاری مغان مقدار سود خالص کسب شده به ازای واحد حجم آب بیش از سایر شبکه‌ها می‌باشد. البته بایستی توجه داشت که به دلیل عواملی همچون عدم تطابق زمانی داده‌ها، یکسان نبودن محل تحویل آب به شبکه (در شبکه دز آب تحویل شده به ورودی کل شبکه و در شبکه مغان آب تحویلی به شبکه درجه ٢ لحاظ شده است) و مواردی از این دست مقادیر شاخص‌ها در شبکه‌های بررسی شده تغییراتی خواهند کرد. اما در اینجا منظور ما از آوردن این اعداد ارایه روش برای محاسبه شاخص‌ها بوده است بنابراین استفاده از این اعداد قابل استناد نبوده و فقط جهت آشنایی بیشتر در اینجا ذکر شده‌اند.

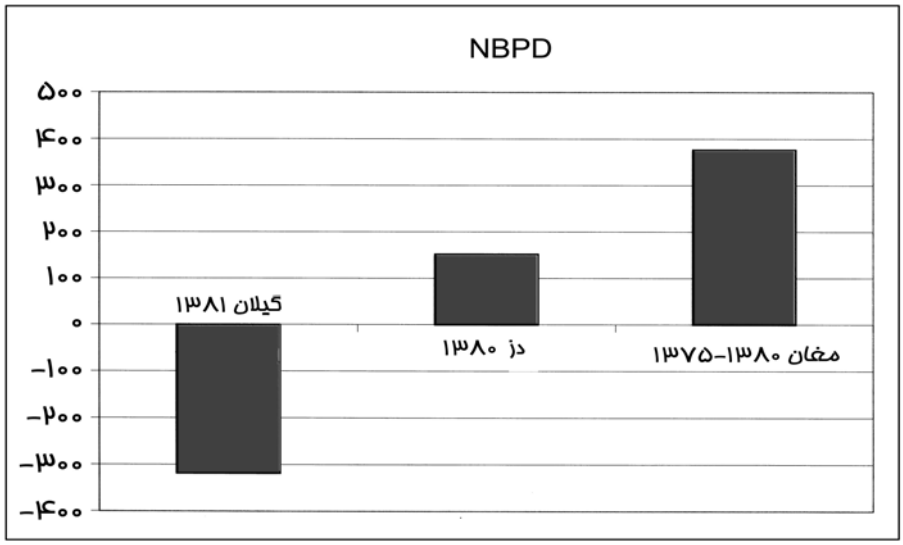
با عنایت به جدول ٤-٧ می‌توان دریافت که شاخص‌های CPD و BPD و NBPB هم روند نمی‌باشند و بنابراین در حد امکان بایستی از شاخص مناسب و دقیق استفاده کرد. نمودارهای ٤-١ تا ٤-٣ مقایسه مکانی شاخصهای بهره‌وری آب محاسبه شده را نشان می‌دهد. نمودارهای ٤-٤ تا ٤-٦ جهت مقایسه زمانی و مکانی شاخص‌های بهره‌وری آب در شبکه مغان آورده شده است.



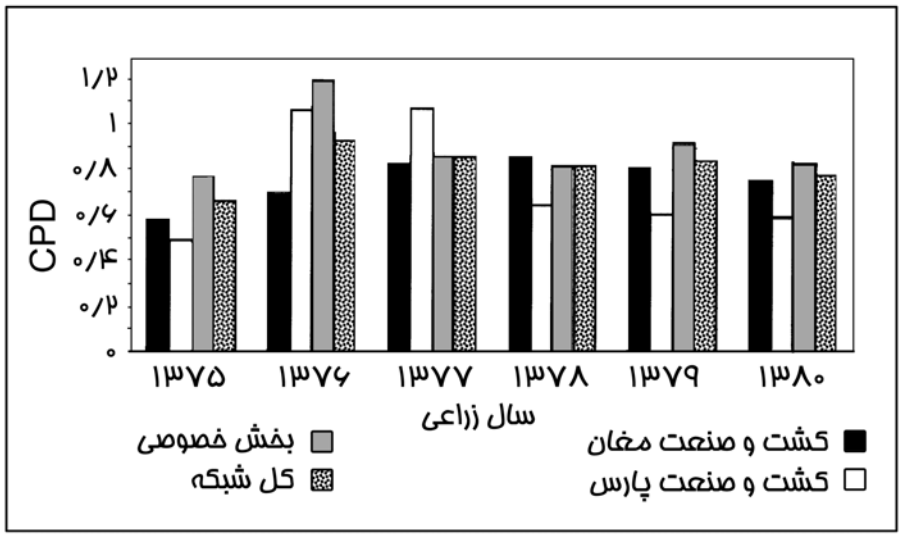
نمودار ٤-١- مقایسه مکانی شاخص ($CPD(Kg/m^3)$ در شبکه های آبیاری و زهکشی گیلان ، دز ، مغان و کل کشور



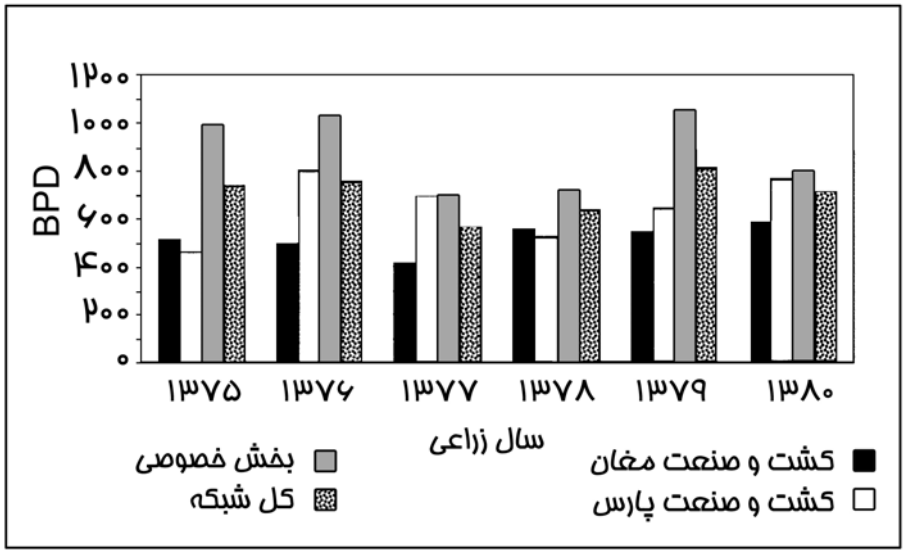
نمودار ٤-٢- مقایسه مکانی شاخص (متر مکعب/ریال) BPD در شبکه های آبیاری و زهکشی گیلان ، دز و مغان



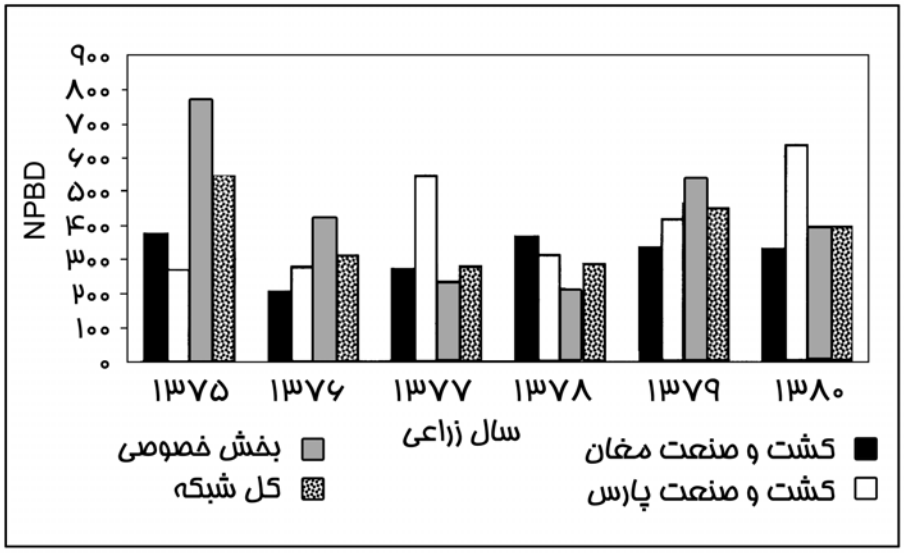
نمودار ٤-٣- مقایسه مکانی شاخص (متر مکعب/ریال) NBPD در شبکه های آبیاری و زهکشی گیلان ، دز و مغان



نمودار ٤-٤ – مقایسه زمانی , مکانی شاخص ($CPD(Kg/m^3)$ در شبکه آبیاری مغان



نمودار ٤-٥ – مقایسه زمانی و مکانی شاخص (متر مکعب/ریال) BPD در شبکه آبیاری مغان



نمودار ٤-٦ – مقایسه زمانی و مکانی شاخص (متر مکعب/ریال) NBPD در شبکه آبیاری مغان

۴-۳- مثال‌های از کاربرد شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی

الف- مقایسه وضعیت بهره‌وری آب کشاورزی در تولید غلات کشورهای مختلف جهان

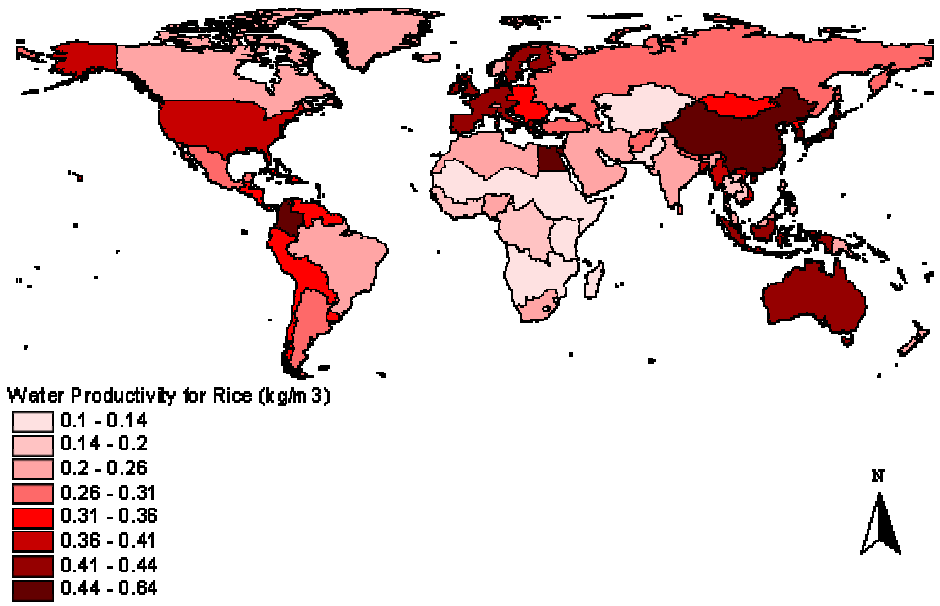
گوناگونی شرایط اقتصادی، فرهنگی و مذهبی کشورهای جهان باعث ایجاد تفاوت در الگوی غذایی ملل مختلف شده است. کربوهیدرات‌ها، در بیشتر رژیم‌ها درصد بیشتری از نیاز به انرژی را فراهم می‌سازند. در جوامع روستایی، غلات مهمترین تأمین‌کننده کربوهیدرات مصرفی بوده و در جوامع صنعتی، قند و شکر منبع اصلی کربوهیدرات مصرفی محسوب می‌شوند.

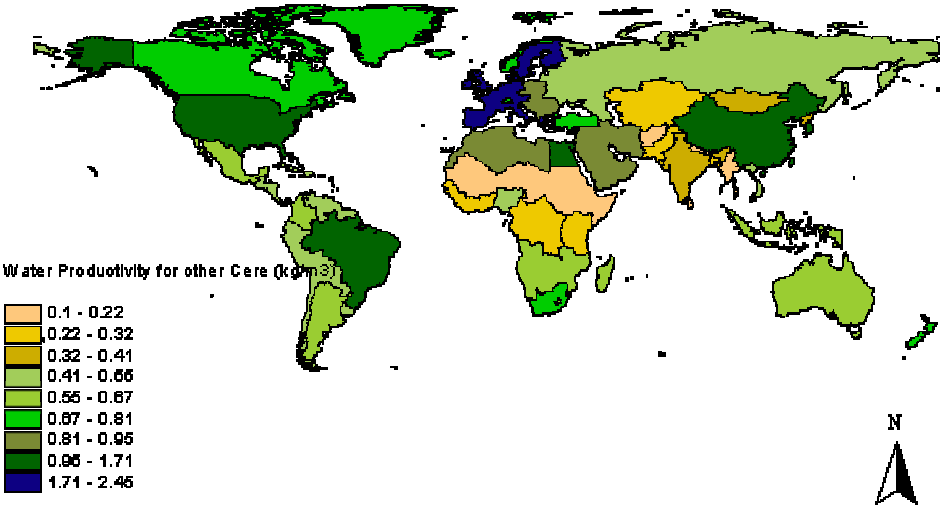
در کشور ما، غلات به خصوص برنج و گندم در تأمین انرژی افراد نقش به سزایی دارد بنابراین سعی در افزایش بهره‌وری مصرف آب در تولید غلات می‌تواند نقش زیادی در خودکفایی کشور داشته باشد.

شکل ٤-١ وضعیت بهروری مصرف آب در تولید محصول برنج و سایر غلات را در نقاط مختلف جهان را براساس تحقیقات آقایان زیمینگ [1] و روز گرانت [2] نشان می‌دهد.

بر اساس نقشه‌های مذکور مقدار بهره‌وری مصرف آب در دنیا برای محصول برنج بین ۰/۱ تا ۰/٦٤ وبرای سایر غلات بین ۰/۱ تا ۲/٤٥ کیلو گرم به ازای هر متر مکعب متغیر می‌باشد. همچنین بر اساس شکل ٤-١ می‌توان دریافت که کشورهای توسعه یافته آب را بهتر در جهت تولید غلات مصرف می‌کنند. البته بایستی در تفسیر شکلهای نمایش داده شده به مسایلی همچون کیفیت محصول خصوصا در مورد محصول برنج توجه کرد.

1- Ximing
2- Rosegrant





شکل ٤-١- مقایسه بهره‌وری آب در کل دنیا برای محصول برنج وسایر غلات (١٩٩٥)

[ماخذ : زیمینگ و روز گرانت]

ب- کمک به تعیین سیاست مناسب غذایی با استفاده از شاخصهای بهره‌وری آب کشاورزی

بر اساس تحقیقات صورت گرفته در سازمان فائو مقدار تقریبی آب مصرفی برای تولید برخی محصولات غذایی در جدول شماره ٤-٨ نمایش داده شده است.

جدول٤-٨ - مقدار تقریبی آب مورد نیاز برای تولید برخی محصولات غذایی [ماخذ: فائو]

نام	واحد	آب مصرفی (متر مکعب)
گاو	یک راس	٤۰۰۰
گوسفند و بز	یک راس	٥۰۰
گوشت گاو	یک کیلو گرم	۱٥
گوشت گوسفند	یک کیلو گرم	۱۰
مرغ	یک کیلو گرم	٦
غلات	یک کیلو گرم	۱/٥
مرکبات	یک کیلو گرم	۱

می‌توان گفت اعداد فوق به نوعی میزان متوسط بهره‌وری آب را در سطح جهان برای محصولات مشخص شده نشان می‌دهد. استفاده از اعداد جدول فوق و مواردی از این دست می‌تواند جهت دهنده سیاست‌های کلی مسئولین در تامین غذای کشور بر اساس الگوی تغذیه مناسب و میزان آب قابل دسترس باشد.

بطور متوسط یک انسان جهت زندگی روزانه خود به ۲۸۰۰ کیلو کالری انرژی نیاز دارد و بدین منظور بطور تقریبی به حدود ۱۰۰۰ متر مکعب آب در سال نیاز است. با عنایت به مطالب ذکر شده کشور ایران برای تامین غذای ۱۰۰ میلیون نفر، احتیاج به ۱۰۰ میلیارد متر مکعب آب در سال دارد. البته باید مصارف دیگر را نیز همچون بهداشت وغیره، مد نظر داشت.

در حال حاضر بسیاری از مؤسسات بین‌المللی از اصطلاحی تحت عنوان آب مجازی[1] نام می‌برند. بر این اساس می‌توان گفت که کشورهای وارد کننده مواد غذایی به نوعی آب وارد می‌کنند. اگر بر این اساس به جدول ٤-٧ نظری بیندازیم می‌توان به طور تقریبی گفت که با واردات یک میلیون تن غله به کشوری ، حدود ۱/۵ میلیارد متر مکعب آب به صورت مجازی به آن کشور وارد شده است.

موارد ذکر شده کاربردهایی از شاخص‌های بهره‌وری آب را نشان می‌دهد که می‌تواند در تحلیل استفاده صحیح از منابع آب مورد استفاده واقع شود.

۴-۴- جمع‌بندی

بطور کل می‌توان گفت که برای تحلیل دقیق شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی، محاسبات باید سالانه و در مکانهای مختلف تکرار شده تا بتوانیم تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی مناسبی از روند تصمیمات مدیریتی و سایر عوامل مؤثر بر تغییرات شاخص‌ها انجام دهیم.

متأسفانه تاکنون در کشور ما تعیین و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در کشاورزی مورد توجه قرار نگرفته است و این امر موجب عدم اطمینان از مصرف صحیح آب در بخش‌های کشاورزی و غیر کشاورزی شده است.

در تحلیل شاخص‌ها مسایلی همچون باران مؤثر، مسایل زیست‌محیطی و محل تعیین آب ورودی به شبکه و مواردی از این دست در تحلیل شاخص‌ها موثر است که بایستی مورد توجه قرار گیرد.

1- Virtual water

تعیین شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب و تحلیل آنها به صورت زمانی و مکانی در بسیاری از کشورهای جهان در حال گسترش می‌باشد. این مسئله با عنایت به بحران آب در کشور اهمیتی دو چندان پیدا می‌کند.

با توجه به گستردگی فراوان مصرف کنندگان آب، امروزه استفاده از تکنیک هایی همچون استفاده از سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی موجب شده است که کارشناسان بتوانند سریعتر، راحت‌تر و دقیق‌تر به تحلیل و ارزیابی بهره‌وری آب بپردازند.

فصل پنجم

روش‌های تحلیل و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی

۵ـ۱ـ مقدمه

مطالعات انجام شده توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب بر روی بهره‌وری آب در بیش از ٤٠ شبکه آبیاری در سراسر جهان، نشان می‌دهد که ارزش تقریبی محصول به ازای هر واحد آب مصرفی تقریباً تا ده برابر متفاوت است. بعضی از کارشناسان بخشی از این اختلاف را ناشی از شرایط اقلیمی و یا قیمت غله در مقایسه با محصولات گرانقیمت‌تر می‌دانند. اما حتی در میان اقلیم‌ها و محصولات یکسان، تفاوت‌های زیادی در میزان بهره‌وری آب مشاهده می‌گردد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده نارسایی در عملکرد سیستم‌های آبیاری، نارسایی در روش‌های آبیاری، ضعف مدیریت آبیاری، برنامه‌ریزی ناکارآمد و مواردی از این دست باشد.

با توجه به وضعیت کنونی منابع آب دنیا و به خصوص کشور ایران (در مقدمه کتاب، این موضوع به تفصیل بیان شده است)، یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی توجه جدی به بهره‌وری آب کشاورزی و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های حکیمانه و کارآمد می‌باشد.

حال جای سئوال اینجاست که چه عملیات و راهکارهایی برای بهبود بهره‌وری آب در بخش کشاورزی مورد نیاز است؟ چه تغییراتی در زیر ساخت‌های موجود لازم است؟ این تغییرات به چه میزان هزینه نیاز دارد؟ برنامه‌ریزی برای ارتقای بهره‌وری به چه شکل باید پایه‌ریزی گردد؟ مسئول اجرای آن کیست؟ آیا برنامه‌ریزی‌ها باید کوتاه‌مدت باشد یا بلندمدت؟ وظایف هر دستگاه و نهاد در این برنامه چیست؟ سیستم کنترل و نظارت کجاست؟ سهم آموزش در ارتقای بهره‌وری چقدر است؟ اینها فقط بخشی از سئوالاتی است که همواره به منظور افزایش بهره‌وری مطرح می‌باشد. هیچ برنامه‌ای، اگر در آن روش انجام کار، هزینه مورد نیاز، نحوه تأمین هزینه، متولی

انجام کار، زمان‌بندی عملیات، آموزش و مواردی از این دست مشخص نباشد، تضمینی برای موفقیت آن وجود ندارد، مضافاً به اینکه اراده و خواست مسئولین و نهادهای درگیر در نیل به موفقیت بسیار مؤثر است.

پاسخگویی به سئوالات فوق‌الذکر کار ساده‌ای نیست. جهت برنامه‌ریزی اصولی و جامع لازم است مسئولین و کارشناسان در مناطق مختلف کشور روش‌های منطقی و مبتنی بر فرهنگ‌های بومی را شناسایی و دستورالعمل‌های مدونی که شامل همه ابعاد مسئله از جمله فنی، مدیریتی، زراعی، سازمانی، مالی، آموزشی و غیره را تهیه کنند و با دقت و انگیزه کافی آنها را بکار ببندند.

با توجه به مطالعات انجام شده، متأسفانه میزان بهره‌وری آب کشاورزی در ایران با در نظر گرفتن قدمت کشاورزی، امکانات موجود، پتانسیل کارشناسی و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در بخش آب کشور نسبت به سایر نقاط دنیا بسیار پایین است. علل زیادی را می‌توان برشمرد که در نقصان بهره‌وری آب کشاورزی کشورمان مؤثر هستند. از آن جمله می‌توان به وجود توهمی از پر آبی کشور، فقدان برنامه‌های لازم، نداشتن متولی برای بهره‌وری آب، فقدان آموزش‌های کاربردی چه در بخش دانشگاهی و چه برای زارعین، نبودن زمینه‌های تشویقی و یا تنبیهی، سنتی بودن روش‌های آبیاری، عدم ارزش‌گذاری واقعی قیمت آب، بهره‌برداری نادرست از تأسیسات آبی و علل بی‌شمار دیگر را نام برد.

از آنچه تاکنون بیان شد می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بهره‌وری آب مستلزم رعایت و بکارگیری مجموعه‌ای از هماهنگی‌ها، نهاده‌ها و ابزارها به همراه اصلاحاتی در ساختار و قوانین به همراه تحقیقات لازم و اراده و خواست دولت‌مردان، مدیران، کارشناسان و کشاورزان است.

در این بخش با توجه به مطالبی که در فصل‌های پیشین بیان شد و با توجه به اهمیت و نقش محوری آب در تولید غذا، ابتدا روش‌های تحلیل بهره‌وری تشریح می‌گردد و در ادامه راهکارهایی نیز جهت افزایش بهره‌وری آب کشاورزی توصیه خواهد شد.

۵ـ۲ـ روش‌های تحلیل بهره‌وری

با بررسی و تحلیل شاخص‌های به دست آمده، علل افزایش و یا کاهش این شاخص‌ها مشخص خواهد شد. موشکافی در مورد چگونگی تغییرات شاخص‌ها می‌تواند تحلیل‌گر را به سمت ارایه راه‌حل‌هایی برای بهبود بهره‌وری سوق دهد. این امر می‌تواند به وسیلهٔ تخصیص بهتر منابع و یا استفاده بهتر از روش‌های اثربخش برای تولید صورت گیرد. استفادهٔ بهینه از نهاده‌ها برای تولید بیشتر و یا با کیفیت بهتر در گرو شناخت، اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری است. پارامترها و شاخص‌های بهره‌وری و تغییرات آنها در طی زمان و مقایسهٔ بهره‌وری آب یک منطقه با منطقه دیگر، اطلاعات با ارزشی را برای مدیران فراهم می‌آورد تا به تحلیلِ وضعیت بهره‌وری شبکه آبیاری تحت مدیریت خود و برنامه‌ریزی برای بهبود بهره‌وری آن بپردازند. با این توضیحات می‌توان گفت که بهره‌وری در حالت‌های زیر می‌تواند مورد بررسی و تحلیل واقع می‌شود.

۱- بررسی روند تغییرات بهره‌وری آب در طی زمان (تحلیل زمانی)
۲- مقایسهٔ بهره‌وری آب یک واحد تولیدی با سایر واحدها (تحلیل مکانی)
۳- هدف‌گذاری بهره‌وری آب برای آینده

۵ـ۲ـ۱ـ بررسی روند تغییرات بهره‌وری آب در طی زمان (تحلیل زمانی)

یکی از روش‌های تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب، بررسی روند تغییرات شاخص‌های مختلف بهره‌وری در طی زمان می‌باشد. با اندازه‌گیری مجموعه شاخص‌ها در طی یک دوره کشت یا یک سال زراعی و مقایسه آن با شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سال‌های دیگر، این امکان فراهم می‌گردد که با گذشت زمان روند تغییرات بهره‌وری آب استنتاج شود. چنانچه روند این شاخص‌ها مسیری افزایشی داشته باشند نشان‌دهنده عملکرد مطلوب و هماهنگ اجزای مختلف یک سیستم، مزرعه یا واحد تولیدی می‌باشد. اگر چنانچه روند نتایج شاخص‌ها، مسیر نزولی داشته باشد، این بدان معناست که ایراد و اشکال جدی در قسمتی از سیستم اتفاق افتاده است.

در یک سیستم هر یک از نهاده‌های کشاورزی و یا عملیات مدیریتی می‌تواند جزئی از کل سیستم محسوب شود و ناکارآمدی هر قسمت می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد سایر اجزا داشته و نهایتاً عملکرد سیستم و بهره‌وری آن را کاهش دهد. البته میزان تأثیر هر پارامتر بر افزایش و یا نقصان بهره‌وری آب به راحتی قابل محاسبه نیست. برای شناخت این موضوع، نیاز به انجام تحقیقات میدانی بوده و با انجام مطالعات لازم می‌توان میزان تأثیر هر پارامتر یا هر نوع روش یا تدبیر را بر کل سیستم شناسایی کرد.

برای تجزیه و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب، لازم است که همواره کلیه اطلاعات زراعی، مدیریتی، فنی و غیره بکار گرفته شده به دقت ثبت گردد تا بتوان در طی زمان با بررسی عملیات‌های اعمال شده، نهاده‌های بکار گرفته شده و زمان بکارگیری آنها، به تحلیل روشنی از نقاط ضعف و قوت روش‌ها و کارهای انجام شده، دست یافت.

۵ـ۲ـ۲ـ مقایسه بهره‌وری آب یک واحد تولیدی با سایر واحدها (تحلیل مکانی)

یکی دیگر از روش‌های تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب، مقایسه شاخص‌های یک واحد تولیدی (مانند یک مزرعه، واحد آبیاری یا یک سیستم آبیاری) با واحد تولیدی مشابه خود می‌باشد. به دلیل نوع عملیات اعمال شده، دانش مدیران و کشاورزان، فرهنگ بومی و یا حتی نوع نهاده‌های بکار گرفته شده و مواردی از این دست میزان بهره‌وری آب می‌تواند به صورت مکانی متفاوت باشد، حتی در یک سیستم وسیع، ممکن است میزان بهره‌وری آب یک قسمت با قسمت‌های دیگر در همان سیستم متفاوت باشد، لذا مقایسه شاخص‌های بهره‌وری آب یک واحد تولیدی با واحدهای تولیدی دیگر ، در سایر مناطق کشور و حتی یک واحد تولیدی با واحد تولیدی دیگر در همان سیستم، این امکان را فراهم می‌سازد که علاوه بر مطالعه و تحلیل روند زمانی بهره‌وری آب کشاورزی آن واحد تولیدی، از دلایل ارتقای عملکرد و بهبود بهره‌وری آب سایر واحدهای تولیدی دیگر نیز آگاه شد و با بکارگیری روش‌های مناسب و کارآمدتر به میزان بهره‌وری بالاتر دست یافت. به این نوع روش مقایسه‌ای یک واحد تولیدی با واحدهای تولیدی دیگر اصطلاحاً روش «شاخص‌سنجی»[1] هم گفته می‌شود.

1- Benchmarking

برای کسب موفقیت در ارتقای بهره‌وری، ثبت دقیق جزئیات، نوع عملیات و نهاده‌های بکار گرفته شده در آبیاری و همچنین مدیریت سیستم آبیاری اعم از مدیریت در مزرعه، مدیریت در توزیع، تحویل آب و بهره‌برداری از سیستم و هر نوع اطلاعات مشابه، اهمیت به سزایی دارد.

با توجه به اینکه در یک سیستم آبیاری بزرگ همواره کشاورزانی وجود دارند که با اعمال روش‌های صحیح آبیاری و انجام عملیات مناسب زراعی، عملکرد بهتری نسبت به سایرین دارند، می‌توان میزان بهره‌وری این مزرعه را به عنوان مبنای قیاس با سایر مزارع در همان سیستم آبیاری در نظر گرفت و دستورالعمل بکار گرفته شده در بهبود بهره‌وری آب این مزرعه را به مزارع مجاور توصیه کرد.

۵ـ۲ـ۳ـ هدف‌گذاری بهره‌وری آب برای آینده

وجود محدودیت در منابع آب قابل استحصال کشور و ظهور فشارها و تنگناهای افزون‌تر در آینده از یک طرف، و افزایش رو به رشد جمعیت کشور به همراه افزایش نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر و همچنین رقابت جهت دریافت آب بیشتر بین بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و محیط زیست در آینده، نیاز به داشتن یک برنامه، جامع، کاربردی و دقیق ضروری می‌نماید. البته در رقابت بین بخش‌های مصرف‌کننده آب، بازنده اصلی بخش کشاورزی خواهد بود و قطعاً از سهم آب این بخش برای جبران کمبود آب سایر بخش‌ها کاسته خواهد شد.

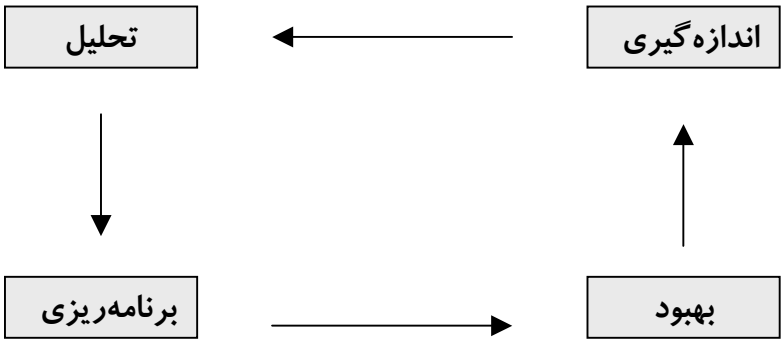
در این راستا جهت جبران کمبود آب و افزایش تولید غذا، ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی در درجه اول اهمیت و اعتبار قرار دارد. بنابراین لازم است میزان بهره‌وری آب در حال حاضر به درستی مطالعه و شناسایی گردد و همچنین میزان کمبود آب کشاورزی در آینده نیز با تحقیق و مطالعه پیش‌بینی گردد تا مشخص گردد که با چه میزان افزایش بهره‌وری آب در هر سال، می‌توان بر کمبود آب بخش کشاورزی بدون کاهش و یا حتی با افزایش تولید فایق آمد تا براساس آن جدول و برنامه زمان‌بندی مشخص به همراه دستورالعمل جامع جهت افزایش بهره‌وری آب برای سال‌های آینده تهیه گردد.

برای کسب نتیجه مطلوب و موفقیت در انجام این کار، لازم است اصلاحاتی در بینش و رویه مدیریت آب کشور به وجود آید. در حال حاضر با توجه به اینکه متولیان آب کشور یکی خود را مسئول تأمین، انتقال و توزیع آب می‌دانند و دیگری خود را مسئول توزیع نهاده‌های کشاورزی می‌شناسند لازم است در بخش آب و کشاورزی کشور، متولی و مسئول مشخصی جهت ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی تعیین گردد. به این طریق، متولی مربوطه می‌تواند به عنوان مرکز و ستاد هماهنگی ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی و با انجام برنامه‌ریزی لازم و تأمین اعتبار مورد نیاز و تحقیقات هدفمند، امکان هدایت استراتژی‌ها و راهبردهای اصولی را میسر نماید.

۵ـ۳ـ نقش مدیریت و برنامه‌ریزی در ارتقای بهره‌وری

هماهنگی بین نهاده‌های کشاورزی، به همراه کیفیت، کمیت و زمان بکارگیری آنها، می‌تواند در افزایش بهره‌وری آب بسیار موثر باشد. برای اطمینان از کسب موفقیت در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، لازم است شاخص‌ها و پارامترهای مختلف تأثیرگذار در بهره‌وری آب که در گذشته و حال به اجرا درآمده، از نظر ثمربخشی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد.

ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی مستلزم برنامه‌ریزی دقیق و اجرای صحیح آن است. برای اینکه نتایج هر مرحله از برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های مربوط به ارتقای بهره‌وری را بدانیم، نیازمند اندازه‌گیری و تحلیل پارامترها و شاخص‌های بهره‌وری خواهیم بود. بدین لحاظ لازم است فرآیندی را به نام «چرخه بهره‌وری» که شامل مراحل چهارگانه اصلی «اندازه‌گیری»، «تحلیل»، «برنامه‌ریزی» و «بهبود» است برای حصول به موفقیت، بکار بست (شکل ۵-۱- چرخه بهره‌وری).



شکل ۵-۱- چرخه بهره‌وری

درخصوص این چرخه که از کجا باید آغاز شود، گروهی بر این عقیده هستند که «اندازه‌گیری»، اولین مرحله این چرخه است و گروهی دیگر با توجه به فعالیت‌های گوناگونی که می‌توان برای ارتقای بهره‌وری انجام داد، بر اولویت «برنامه‌ریزی» تکیه می‌کنند. آنچه مسلم است اینکه این چرخه از هر کجا که شروع شود، باید گردش خود را به طور کامل انجام دهد تا نتایج و آثار فعالیت‌های بهبود بهره‌وری به طور ملموس خود را نشان دهند.

در چارچوب بحث ما، دو مرحله از این چرخه قابلیت بیشتری برای طرح شدن دارند. این دو مرحله عبارتند از «برنامه‌ریزی برای بهبود بهره‌وری» و «اجرای برنامه‌های بهبود بهره‌وری» می‌باشد. در این دو مرحله، روش‌ها و ابزارهای لازم برای بهبود بهره‌وری و همچنین برنامه‌ریزی‌های مفید و مؤثر برای دستیابی به بهره‌وری بالاتر، مورد توجه قرار می‌گیرند.

علاوه بر اینها، تأثیر مدیری کارآمد که بتواند مطابق اصول و ضوابط، حرکت دایمی چرخه بهره‌وری را دنبال کند و نتایج آن را به کار ببندد از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هر یک از اجزای چهارگانه به تنهایی نمی‌تواند هدف نهایی چرخه بهره‌وری را برآورده سازد، لذا نقش مدیریت مجموعه که هماهنگی و ارتباط این سیستم را برقرار می‌کند و ارزیابی مستمری از عملکرد و حرکت چرخه به عمل می‌آورد به طور مستقل در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی نقش اساسی خواهد داشت.

۵-۴- راهکارهای بهبود و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی

در بخش‌های قبلی نحوه تعیین و تحلیل شاخصهای بهره‌وری آب کشاورزی توضیح داده شد. در ادامه این فصل به ارایه برخی راهکارهای اجرایی و عملی برای افزایش ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی خواهیم پرداخت.

۵ـ۴ـ ۱ـ افزایش راندمان‌های آبیاری

هزینه‌های سرسام‌آور تأمین و استحصال آب یکی دیگر از مهمترین تنگناها و فشارها در بخش آب کشور است. در صورت ادامه همین روند، برای جبران نیاز آبی کشور در سال ۱٤۰۰ لازم است تعداد سدهای در دست بهره‌برداری نسبت به وضعیت کنونی حدود ۳۰۰ تا ٤۰۰ درصد افزایش یابد. این مسئله در حالیست که مهار آب‌های سطحی و احداث سدهای مخزنی هزینه‌های گزاف و سرسام‌آوری را به خود اختصاص می‌دهند، بطور مثال براساس بررسی‌های انجام شده در سال ۱۳۷۹ این هزینه‌ها نسبت به هزینه‌های سدهای احداث شده در دهه چهل با مبنای زمانی یکسان حدود ۱۸ برابر شده است و قطعاً در آینده باز هم ارقام سرمایه‌گذاری افزایش خواهد یافت [جهانی، ۱۳۷۹].

همچنین در تأمین نیازهای آبی حال و آینده از طریق برداشت از منابع آب زیرزمینی، آنچه توان بالقوه بوده به فعل درآمده است و حتی بسیاری از دشت‌های مهم کشور نیز با بیلان منفی مواجه شده‌اند. با توجه به آنچه که بیان شد می‌توان نتیجه گرفت در کنار مجموعه عملیات مهار آب‌های سطحی و سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز، توجه جدی به امر مدیریت بهینه مصرف آب کشاورزی مورد نیاز است. مسئولین کشور نیز با درک از این تنگناها، یکی از مهمترین و ضروری‌ترین راهکارهای جبران کمبود آب را افزایش راندمان در طرح‌های آبیاری و زهکشی، مطرح کرده‌اند، در این ارتباط تسریع شده است که می‌بایست طی برنامه‌ای نسبت به افزایش آن اقدام گردد. هر چند در این برنامه به وضوح و روشن بیان نشده که چگونه و طی چه مراحل و با چه میزان هزینه و با چه عملیات مدیریتی و فنی باید به اهداف از قبل تعیین شده نایل شد ولی آنچه مهم است درک صحیح از شرایط حاکم و

تلاش برای عبور از بحران آب با افزایش راندمان آبیاری و افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی می‌باشد.

مجموعه راندمان آبیاری در کشور، بالاخص در شبکه‌های مدرن و نیمه مدرن بسیار پایین گزارش می‌شود، هر چند اطلاعات دقیق و درستی از راندمان آبیاری در کشور در دست نیست لیکن اعداد و ارقام گزارش شده برای کل کشور حاکی از وجود نارسایی‌های عمده‌ای در طرح‌های آبیاری و زهکشی کشور می‌باشد، که لازم است با برنامه‌ریزی دقیق و کاربردی نسبت به شناخت تنگناها و مشکلات موجود اقدام نمود و در مرحله بعدی با اعمال راهکارهای عملی نسبت به تقلیل معضلات اقدام گردد. اما آنچه در برنامه‌ریزی اولیه مورد نیاز است برآورد و تخمین نسبتاً صحیحی از راندمان‌های آبیاری در کشور می‌باشد که در حال حاضر متأسفانه آمارهای گزارش شده عموماً فاقد پایه و اساس فنی و مهندسی بوده و عمدتاً از استاندارد و ضوابط لازم در برآورد راندمان‌های آبیاری برخوردار نمی‌باشند.

برای تعیین متوسط راندمان‌های آبیاری کشور، راندمان آبیاری در اراضی مختلف و با شرایط متفاوت انتقال و توزیع آب ملاک عمل قرار نگرفته است، بلکه این ارقام حاصل برآورد تقریبی نیاز آبی محصولات زراعی و سطح کشت تقریبی این محصولات از یک سو و از سوی دیگر کل آب مصرفی کشاورزی و مقایسه این دو با یکدیگر می‌باشد. به منظور دقیق شدن در راندمان‌های آبیاری، در این بخش راندمان‌ها را به دو قسمت راندمان انتقال، توزیع و تحویل در شبکه‌های آبیاری و راندمان آبیاری در مزرعه تقسیم و تفسیر خواهیم کرد.

۵ـ۴ـ۱ـ۱ـ راندمان انتقال ، توزیع آب و تحویل

بخش قابل توجه‌ای از آب آبیاری در مسیر انتقال، توزیع و تحویل آب به هدر می‌رود. در این ارتباط عموماً چهار عامل «تلفات ناشی از نشت آب در مسیر کانال»، «تلفات آب در ابنیه‌های کانال»، «تلفات ناشی از عدم دقت در اندازه‌گیری» و «تلفات ناشی از تبخیر در مسیر کانال‌ها» به عنوان مهمترین و اصلی‌ترین تلفات شناخته می‌شوند و اصلاح آنها نیز به هزینه‌های زیادی نیاز دارد. ولی جای سئوال اینجاست که آیا شبکه‌هایی که از امکانات، تجهیزات و ابزار کافی جهت حذف این تلفات برخوردارند دارای راندمان قابل قبولی هستند؟ و آیا توانسته‌اند بر این مشکلات فائق

آیند؟ پاسخ منفی است، متأسفانه مدرن‌ترین شبکه‌های آبیاری کشور که دارای کانال‌های پوشش شده بتنی، ادوات اندازه‌گیری جریان و غیره می‌باشند دارای کمترین راندمان‌های آبیاری در سطح کشور می‌باشند. یکی از عوامل تلفات آب در شبکه‌های آبیاری که عموماً با بی‌توجهی مواجه است، «راندمان یا تلفات مدیریتی» است. برای مثال اگر حجم کل آب تحویلی به دریچه‌ها در طول یک دوره کشت یا حتی ماهیانه نسبت به حجم کل ورودی در همین دوره زمانی محاسبه گردد راندمان به مراتب کمتر از مقدار محاسبه شده، خواهد بود، علت این امر تأثیر تلفات جدیدی در شبکه تحت نام «تلفات در مدیریت توزیع» می‌باشد. هر قدر تغییرات ورودی آب شبکه در دوره مذکور به دلیل تغییر نیازهای نقاط تحویل بیشتر باشد، این نوع تلفات نیز احتمالاً افزایش خواهد یافت. برنامه‌ریزی مناسب در چگونگی تقسیم آب و یا زمان قطع و وصل نمودن دریچه‌ها می‌تواند تا حدود زیادی این تلفات را کاهش دهد. عملیاتی همچون تحویل به موقع آب، برنامه‌ریزی صحیح تحویل آب در آبگیرها و مانور به موقع دریچه‌ها می‌توانند در تلفات مدیریتی آب در شبکه‌ها مؤثر باشند. بطور خلاصه بعضی از عواملی که باعث افزایش تلفات آب در انتقال، توزیع و تحویل آب می‌گردد به شرح زیر می‌باشد که اصلاح و بهبود آنها موجب افزایش در راندمان خواهد شد.

- عدم تناسب زمان کاشت با برنامه مدیریتی آبیاری و نبود برنامه صحیح آبیاری در برخی شبکه‌های فرعی.
- بهره‌برداری نامناسب از تأسیسات آبیاری موجود.
- نشت آب از کانال‌های انتقال و توزیع آب.
- فرسوده بودن شبکه توزیع آب.
- طراحی ضعیف و ناسازگار با فرهنگ بومی منطقه.
- عدم انگیزه یا انگیزه ناکافی کارکنان بهره‌برداری هنگام عملیات آبیاری.
- عدم تطابق زمانی و مکانی «انجام کارهای درست» با «درست انجام دادن کارها».
- فقدان نظام بهره‌برداری کارآمد برای رسیدن به اهداف شبکه‌ها.
- عدم توجه به لایروبی به موقع کانال‌های آبیاری.
- عدم برنامه و دستورالعمل مدون جهت ارتقای راندمان و یا پیشگیری از نقصان راندمان.

۵-۴-۱-۲- راندمان آبیاری در مزارع

با توجه به اینکه ۷/۸ میلیون هکتار از اراضی کشور به صورت کشت آبی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد لذا تلفات و هدر رفت آب در این سطح وسیع هر چند به میزان کم هم باشد بسیار حائز اهمیت است. لذا هر تصمیم و عملیاتی که سبب گردد که تلفات آب در مزارع کاهش یابد، کمترین نتیجه و اثر آن صرفه‌جوئی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری خواهد بود.

در مناطقی از کشورمان که محدودیت منابع آب وجود دارد راندمان آبیاری در مزارع و باغات نسبت به مناطقی که توهمی از فراوانی آب وجود دارد، به مراتب بالاتر می‌باشد. محدودیت منابع آب سبب گردیده که کشاورزان در طول دهه‌های گذشته نوعی مدیریت بومی در استفاده بهینه از آب اعمال نمایند ولی با وجود این به دلایل زیر راندمان آبیاری در برخی از مزارع پایین می‌باشد که لازم است با اعمال مدیریت صحیح و تدوین استراتژی کارآمد نسبت به افزایش راندمان در مزارع اقدام نمایند.

- نامناسب بودن اندازه و شکل مزارع در ارتباط با نحوه آبیاری.
- عدم استفاده از روش‌های مناسب آبیاری.
- عدم یکنواختی شیب اراضی و وجود پستی و بلندی در مزارع.
- عدم توجه به نفوذ عمقی آب در مزارع (برخی از زارعین فقط رواناب سطحی را جزو تلفات می‌دانند).
- طول نامناسب فاروها.
- مقدار نامتناسب دبی ورودی به داخل فاروها.
- قیمت پایین و نامتناسب آب در مقایسه با ارزش واقعی آن و در قیاس با سایر نهاده‌های کشاورزی.
- نوبتی بودن آبیاری (این عامل سبب می‌شود که به نیاز واقعی گیاهان توجه کافی نشود و زمان آبیاری صرفاً با نوبت تنظیم شود، هر چند که نیاز آبی گیاه قبلاً مرتفع شده باشد).
- نامناسب بودن الگو و تراکم کشت با میزان آب رها شده در مزارع.
- عدم توجه به تناسب میزان زیر کشت با مقدار آب تحویلی.
- عدم امکانات و ادوات کافی جهت اندازه‌گیری تحویل حجمی آب به زارعین.
- نداشتن امکانات اندازه‌گیری آب و یا پایین بودن دقت آنها.

۵ـ۴ـ۲ ـ تأکید بر مدیریت تقاضای آب به همراه مدیریت عرضه آب

اگر استفاده از آب با تکیه بر مدیریت عرضه آب ادامه یابد و قرار باشد امنیت آبی از این طریق تأمین شود، قادر نخواهیم بود با این شرایط به بحران شدید آب در آینده غلبه کنیم و همواره مجبور خواهیم بود که سهم سرمایه‌گذاری در بخش آب را از تولید ناخالص داخلی نسبت به دهه‌های گذشته دایماً افزایش دهیم. اگر یک بخش، مصرف قسمت اعظم آب را به خود اختصاص داده باشد ولی تولید ناخالص داخلی آن بخش سهم ناچیزی را در کل تولید ناخالص را دارا باشد به مفهوم این است که مدیریت عرضه آب در مسیر اصلی خود حرکت نمی‌کند و استفاده از آب اثربخشی کافی و لازم را برای کشور نداشته است. راه‌حل اساسی در یک کلام گذر از دوران مدیریت عرضه آب به مدیریت تقاضا می‌باشد. البته عبور از این مرحله کار آسانی نیست و نیاز به ابزارها و امکانات گسترده‌ای دارد که امروزه از مجموعه عناصر آن به عنوان مدیریت یکپارچه آب نام برده می‌شود. ایجاد زیرساخت‌ها و بستر لازم برای تحقق مدیریت تقاضا در کلیه ابعاد، کار دشوار و پیچیده‌ای بوده، بنابراین لازم است اقدامات مربوط به مدیریت عرضه آب به موازات توجه به مدیریت تقاضا به شکل منطقی ادامه یابد و به عبارت دیگر در مدیریت آب به یک شیوه تلفیقی (بین مدیریت عرضه و تقاضا) مبادرت شود. برخی از مهمترین و تعیین‌کننده‌ترین راهکارها در این زمینه عبارتند از:

- ✓ عزم مدیران و مسئولین با درک صحیح از موقعیت فعلی آب کشور برای ایجاد تغییر نحوه مدیریت آب با اتخاذ سیاست‌های شجاعانه ولی دشوار.
- ✓ بهره‌گیری از ابزارهای فنی و اقتصادی برای مهار تقاضا و کنترل مصرف آب بدون ایجاد اثرات نامطلوب در سطح رفاه جامعه.
- ✓ انجام اصلاحات در ساختار نهادهای مؤثر در مدیریت آب و تکیه بر تمرکززدایی، مشارکت واقعی مردم در کلیه جنبه‌های مدیریت آب از مرحله سیاست‌گذاری تا بهره‌برداری و تقویت مدیریت‌های محلی به همراه افزایش آگاهی و توسعه سامانه‌های اطلاع‌رسانی.

۵ـ۴ـ۳ـ کاهش تبخیر از سطح مزرعه

نیاز آبی گیاه شامل مقدار آبی است که توسط هر گیاه جذب می‌گردد که معمولاً بخشی از آن با عمل تعرق به محیط باز می‌گردد (غالباً کمتر از ۱ درصد آب جذب شده در گیاه باقی می‌ماند). به علت دشواری اندازه‌گیری مستقیم تبخیر، معمولاً در بیان آب مصرفی گیاه، از واژه تبخیر و تعرق استفاده می‌گردد. با بیان فوق، صرفاً عمل تعرق مورد نیاز گیاه می‌باشد. به طور کلی هر روش آبیاری که موجب کاهش تبخیر از سطح مزرعه گردد، به معنی آن است که راندمان مصرف آب را افزایش داده است. بنابراین روشی که بتواند بدون آبپاشی کردن شاخ و برگ‌ها و یا خیس کردن کل سطح خاک به طور مستقیم آب را به منطقه اصلی جذب آب توسط گیاه برساند، به افزایش بهره‌وری آب کمک خواهد نمود.

آبیاری موضعی از جمله روش‌های مؤثر در افزایش بهره‌وری آب می‌باشد و دارای مزیت‌هایی از قبیل خشک نگهداشتن بخش وسیعی از سطح خاک است. این روش همچنین موجب عدم رشد علف‌های هرز می‌شود (وجود علف‌های هرز نه تنها از نظر مصرف مواد غذایی و رطوبت خاک و یا حتی نور موجب رقابت با گیاهان می‌گردد، بلکه موجب تسریع در رشد آفات و مشکل‌تر شدن مبارزه با آنان نیز خواهد شد).

باید توجه داشت که هیچ روش آبیاری به تنهایی دستیابی به بهره‌وری بالاتر را تضمین نمی‌نماید و همواره چگونگی عملکرد سیستم بسیار مهم می‌باشد. با اعمال مدیریت ضعیف، حتی بهترین سیستم‌ها نمی‌تواند از اتلاف آب و کاهش راندمان مصرف جلوگیری نماید. البته یک مدیریت با تجربه، کارآمد و مطلع می‌تواند با بکارگیری یک سیستم آبیاری مناسب، تمام پتانسیل بالقوه آن را به بالفعل تبدیل نماید.

برای افزایش بهره‌وری آب توسط گیاه لازم است همواره تأمین نیاز واقعی گیاه به آب و افزایش حداکثر تولید همگام دنبال شود. این امر مستلزم به حداقل رساندن اتلاف آب از طریق جریان‌های سطحی آب، نفوذ عمقی و تبخیر از زمین لخت، کنترل

علف‌های هرز و مواردی از این دست می‌باشد. با انجام عملیات زیر می‌توان به برخی از موارد فوق‌الذکر دست یافت.

- ✓ کاهش تبخیر مستقیم در زمان آبیاری به وسیله اجتناب از آبیاری در اواسط روز.
- ✓ کاهش تلفات ناشی از رواناب سطحی و نفوذ عمقی.
- ✓ کاهش تبخیر از سطح خاک لخت توسط پاشیدن مالچ و پوشش‌های دیگر.
- ✓ کاهش تعرق به وسیله از میان بردن علف‌های هرز.

البته باید توجه داشت که در آبیاری حصول راندمان ۱۰۰ درصد نیز هیچگاه نباید مورد هدف قرار گیرد، زیرا همواره بخشی از تلفات عمقی باعث شستن نمک از منطقه ریشه گیاه خواهد شد.

۵ـ۴ـ۴ـ انجام کم آبیاری به منظور ارتقای بهره‌وری

آبیاری کامل به منظور کسب حداکثر محصول از واحد سطح در شرایطی قابل اعمال است که اولاً آب به مقدار کافی در اختیار باشد و ثانیاً امکان توسعه و افزایش سطح زیر کشت وجود نداشته باشد. اما شرایط اقلیمی و اراضی کشاورزی در بیشتر مناطق کشورمان به گونه‌ای است که نه تنها آب به اندازه و مقدار کافی در دسترس نیست، بلکه اراضی مستعد و قابل احیای زیادی وجود دارند که در صورت رسیدن آب به آنها امکان افزایش تولید قابل توجهی وجود خواهد داشت.

با توجه به محدودیت منابع آب توصیه می‌شود که کم آبیاری به عنوان یک گزینه کارآمد به منظور افزایش بهره‌وری آب در طرح‌ها و پروژه‌های آبیاری مدنظر قرار گیرد. کم آبیاری عبارت است از «مصرف عامدانه و عالمانه کمتر آب، به منظور افزایش تولید در مجموعه اراضی تحت پوشش» و یا به عبارت ساده‌تر می‌توان گفت کم آبیاری عبارت است از «استفاده بیشتر و بهتر از واحد حجم آب» می‌باشد. نتایج تحقیقات انجام شده در کشور حاکی از کارآمد بودن این روش به منظور استفاده صحیح‌تر از آب و کسب سود بیشتر است. باید توجه داشت برای استفاده حداکثر از پتانسیل واحد حجم آب لازم است در مرحله اول از «دانش آبیاری» و در مرحله دوم از «عملیات صحیح آبیاری» توأمان بهره گرفت. در بکارگیری فن کم آبیاری رعایت ملاحظات مهندسی از ضروریات رسیدن به موفقیت است و باید توجه داشت صرفاً با

کم آب دادن به گیاه بدون توجه به زمان، مقدار و کیفیت آب آبیاری ممکن است نه تنها سود بیشتری حاصل نگردد بلکه موجب بروز خسارات زیادی نیز گردد. لذا برای انجام عملیات کم‌آبیاری، ملاحظات زیر مورد توصیه قرار می‌گیرد.

۱- **گیاهان مناسب برای کم آبیاری؛** (گیاهانی که دارای دوره رشد کوتاه، راندمان مصرف بالا و مقاوم به خشکی هستند در عملیات کم آبیاری بهتر نتیجه می‌دهند).

۲- **خاک‌های مناسب برای کم آبیاری؛** (خاک‌هایی که دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتری هستند شرایط بهتری برای پذیرش کم آبیاری دارد).

۳- **کیفیت آب آبیاری؛** (آبی که در کم آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد لازم است از کیفیت خوبی برخوردار باشد تا گیاه همراه با تنش آبی در معرض تنش شوری و تأثیرات منفی آن قرار نگیرد).

٤- **عملیات زراعی**؛ (شخم باید به اندازه کافی عمیق باشد تا آب باران بتواند بهتر در خاک نفوذ کرده و ذخیره شود از طرفی زمان کاشت باید به گونه‌ای انتخاب شود که گیاه بتواند از رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری استفاده نماید. در عملیات زراعی لازم است به کنترل علف‌های هرز و کاهش تبخیر از سطح خاک توجه جدی به عمل آید).

٥- **میزان آبیاری؛** (میزان آب آبیاری باید از روی منحنی تابع تولید، درآمد و هزینه تعیین گردد).

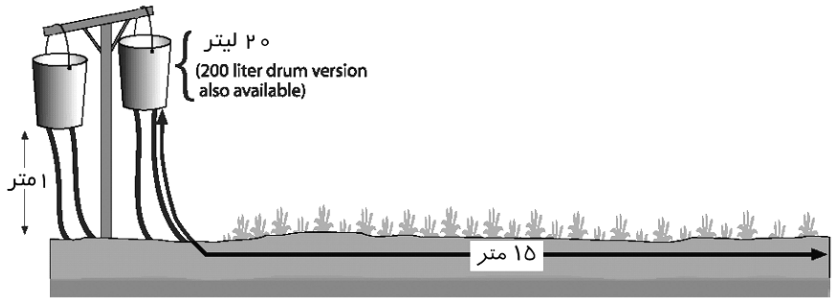
٦- **زمان آبیاری؛** (گیاهان در مراحل مختلف رشد واکنش‌های مختلفی به کم آبی دارند لذا لازم است با شناخت کامل رفتار گیاه، به گونه‌ای که تأثیرات منفی به حداقل برسد زمان آبیاری تنظیم گردد).

۷- **روش‌های اعمال کم آبیاری؛** (روش‌های اعمال کم آبیاری به وسیله تغییرات در دور و حجم آبیاری نسبت به آبیاری کامل قابل اعمال می‌باشد. انتخاب هر کدام از این روش‌ها بستگی به خصوصیات و کیفیت آب و خاک دارد. یکی دیگر از روش‌های توصیه شده، آبیاری یک در میان فاروهاست. همچنین محل کاشت بوته‌ها بر روی پشته‌ها و فاصله آنها تأثیر بسزایی در موفقیت کم‌آبیاری دارد).

۸- **مصرف کود:** (اثربخشی کودها در شرایط کم آبی کاهش می‌یابد، مخصوصاً اگر مصرف این کودها با رشد رویشی گیاهان مطابقت نداشته باشد. لذا توصیه می‌گردد که مصرف کودها یکباره و قبل از کاشت گیاه انجام پذیرد و از مصرف کود در مراحل رشد صرف نظر گردد. همچنین در میان کودها، کودهای پتاسیمی مخصوصاً سولفات پتاسیم و سولفات‌روی نقش مهمتری در تنظیم روزنه‌ها و تعادل یونی در سیستم گیاهی به منظور کاهش تنش‌های حاصل از کم آبی ایفا می‌نماید. بنابراین در کم آبیاری مصرف کودها باید متعادل و بهینه بوده و به مصرف کودهای پتاسیمی نیز توجه ویژه‌ای گردد. همچنین مصرف کود فسفر به ویژه در شرایط دیم، طول دوره رشد را کوتاه کرده، بنابراین صدمات تنش آبی را در اواخر فصل رشد کاهش می‌دهد، به عبارت دیگر مصرف فسفر در این شرایط باعث کاهش صدمات کم آبی می‌گردد).

۵ـ۴ـ۵ـ استفاده از تکنولوژی‌های ارزان و کارآمد

بکارگیری انواع مختلف سیستم‌های آبیاری مدرن از جمله سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای مستلزم انجام سرمایه‌گذاری نسبتاً زیاد و داشتن دانش کافی برای بهره‌برداری مناسب و مطلوب از آن می‌باشد. لذا بکارگیری این سیستم‌ها در مزارع برای کشاورزان فقر و کم سواد ممکن است مقرون به صرفه نباشد. بدین لحاظ برای برنامه‌ریزی افزایش بهره‌وری آب در این جوامع لازم است از فن‌آوری‌های ارزان قیمت، در دسترس، با بهره‌برداری ساده، وجود قطعات کافی در محل و سازگار شده با فرهنگ محلی استفاده جست. بطور مثال یکی از تکنولوژی‌های ارزان قیمت که توسط موسسه بین‌المللی مدیریت آب برای جوامع روستایی و اراضی با وسعت کم بالاخص برای مناطق خشک و کم آب جهت افزایش بهره‌وری آب کشاورزی توصیه شده است استفاده از سطل‌ها یا منبع های آب بسیار ارزان قیمت مطابق شکل زیر به منظور پیاده‌سازی سیستم آبیاری قطره‌ای در اراضی کشاورزی است. این تکنولوژی هم اکنون در سطح وسیعی در آفریقا و بخش‌هایی از آسیا مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۵ـ۲ـ نمونه‌ای از یک سیستم آبیاری ارزان قیمت

۵ـ۴ـ۶ ـ ارزش‌گذاری واقعی قیمت آب

قیمت آب آبیاری در مقایسه با سایر نهاده‌های کشاورزی در ایران بسیار پایین است. شاید یکی از دلایل مصرف بالای آب در بخش کشاورزی و کاهش راندمان آبیاری، قیمت ناچیز آب باشد. یافتن خط و مشی‌های مشخص و قابل اجرا می‌تواند علاوه بر جلوگیری از هدر رفت آب، بهره‌وری آن را نیز افزایش دهد.

هر راهکاری که سبب شود میزان آب هدر رفته (یا آب اضافی) را با قیمت واقعی محاسبه نماییم بهترین انگیزه را برای صرفه‌جویی آب به وجود خواهد آورد. برداشتن یارانه آب کشاورزی نخستین گام در این زمینه می‌باشد ضمن اینکه باید به تأثیر افزایش قیمت فرآورده‌های کشاورزی و کشاورزان کم درآمد نیز توجه داشت.

قیمت‌گذاری باید به گونه‌ای باشد که کشاورزان نه هزینه واقعی و کامل آب را بپردازند و نه آن را به رایگان به دست آورند. به طور مثال می‌توان نیمی از نیاز آبی گیاه را با قیمت‌های فعلی و متعارف محاسبه کرد و برای یک چهارم آب اضافی دیگر، افزایش قیمت عادلانه‌ای در نظر گرفت و برای یک چهارم آخر نیز قیمت واقعی و تمام شده و یا حتی کمی بیشتر را منظور نمود. این روش تعیین آب‌بها به عنوان یک نمونه می‌تواند موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه آب شود.

با اعمال این روش، ممکن است این امکان فراهم گردد که کشاورزان از درخواست و گرفتن یک چهارم نهایی آب به واسطه قیمت زیاد آن صرف‌نظر کنند و کمبود آب را با اعمال مدیریت آبیاری صحیح و افزایش راندمان آبیاری جبران نمایند، که نتیجه نهایی آن ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی خواهد بود. حتی می‌توان برای ایجاد انگیزه بیشتر، کشاورزانی را که از گرفتن یک چهارم آب اضافی آخر صرف‌نظر کنند، تشویق کرد.

۵ـ۴ـ۷ـ آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک

آنچه در زمینه بهبود بهره‌وری مورد نیاز است صرفاً انتقال تکنولوژی نیست. بلکه آگاهی از نیازها، اصول بهبود بهره‌وری و اصلاح کارآیی اجزای آن می‌باشد. هیچ تکنولوژی به خودی خود موفق نخواهد بود، زیرا اگر مردم نتوانند از یک تکنولوژی خوب استفاده کنند و یا آن را درک کنند و یا نتوانند توانایی‌های آن را حس کنند بهترین تکنولوژی‌های دنیا نیز بی‌فایده و بی‌اثر خواهد ماند.

استفاده از هر نوع سیستم و روش آبیاری مستلزم رعایت اصول و مقرراتی است. چگونگی کاربرد این اصول در مناطق مختلف بستگی به شرایط ویژه محل از نظر تأثیر بر وضعیت اقتصاد، زمین، آب، نیروی کار، ماشین‌آلات، انرژی، دانش بومی، نوع محصولات و مواردی از این دست دارد. بدیهی است که در مورد چگونگی طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های آبیاری کارا، به هیچ‌وجه نمی‌توان یک دستورالعمل کلی و یک نسخه از پیش تعیین شده ارایه نمود. آنچه که در زمینه توسعه آبیاری مورد نیاز می‌باشد تنها انتقال فن‌آوری نیست. هیچ تکنولوژی به خودی خود موفق نخواهد بود، اگرچه برخی از آنها پتانسیل و امکان موفقیت بیشتری نسبت به برخی دیگر داشته باشند.

اگر قرار است کارآئی زمین و آب مفهومی بیش از یک مفهوم مجرد را بیابد، باید به صورت یک هدف اصلی و مهم برای مسئولان، کارشناسان و بهره‌برداران درآید. سیستم‌های آبیاری باید از ابتدا به گونه‌ای برنامه‌ریزی و طراحی شوند که برای صاحبان و بهره‌برداران انگیزه، درآمد و فرصت رسیدن به موفقیت را فراهم سازد.

آنچه تاکنون تجربه شده است نشان می‌دهد که پیاده‌سازی سیستم‌های آبیاری در مقیاس کوچک برای عموم کشاورزان و بهره‌بردارانی که دوره‌های آموزشی خاصی را ندیده‌اند مناسب‌تر خواهد بود. هرچه یک سیستم از پیچیدگی و ابهامات کمتری برخوردار باشد به همان اندازه امکان موفقیت و افزایش راندمان آن بالاتر خواهد بود لذا با توجه به تجارب حاصله از آفریقا، برخی از مناطق آسیا و خاصه کشورهای

خشک و نیمه خشک (که افزایش بهره‌وری آب برای آنها از اهمیت بالایی برخوردار است)، به کارگیری سیستم‌های آبیاری در مقیاس کوچک توانسته کارآیی بیشتری در تولید محصول و کاهش مصرف آب نسبت به سیستم‌های آبیاری با مقیاس بزرگ فراهم آورد. به نظر می‌رسد که بکارگیری این اصول با توجه به دانش بومی کشاورزان، میزان سرمایه‌گذاری لازم و وجود ادوات و تجهیزات محلی و بومی در ایران نیز امکان‌پذیر خواهد بود و کمک زیادی به افزایش بهره‌وری آب خواهد کرد.

۵ـ۴ـ۸ـ مدیریت آبیاری در مزرعه

مجموعه عملیاتی که باعث می‌گردد که آب به «اندازه مورد نیاز» و در «زمان لازم» در اختیار گیاه قرار گیرد را مدیریت آبیاری می‌نامند. به عبارت دیگر مدیریت آبیاری عبارت است از: تحویل به موقع آب مورد نیاز گیاه، با روشی مطمئن، قابل پیش‌بینی و یکنواخت به منظور افزایش تولید گیاه طبق اصول فنی و مهندسی و با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی.

برای رسیدن به اهداف فوق مجموعه‌ای از اطلاعات اولیه از جمله شناخت وضعیت خاک از لحاظ کیفی و کمی، شناخت وضعیت گیاه از لحاظ آستانه‌های تنش آبی، شوری و سمیت و همچنین شناخت سایر عوامل محیطی و زراعی مورد نیاز است.

برخی از مؤثرترین پارامترها در مدیریت آب آبیاری در مزرعه عبارتند از «آبیاری بر مبنای نیاز گیاه»، «کاهش زمان پیشرفت آب تا رسیدن به انتهای مزرعه»، «کاهش عمق آبیاری»، «کاهش تلفات سطحی»، «کاهش سطح خیس زمین»، «استفاده مؤثر از باران» و «زمان مناسب آبیاری». برای اثر بخش شدن هر پارامتر، اقدامات به موقع و صحیحی باید به کار بست. در جدول شماره ۸ رابطه بین پارامترها، عملیات مورد نیاز و ملاحظات مربوطه به تشریح بیان شده است. چنانچه مدیریت آبیاری و مدیریت زراعی در مزرعه به صورت همگام و همسو و هدفمند صورت پذیرد، علاوه بر افزایش راندمان آب در مزرعه، افزایش بهره‌وری آب را نیز به همراه خواهد داشت.

جدول شماره ۵-۱- پارامترهای مدیریت آبیاری و عوامل مؤثر در اثربخشی آن.

پارامتر	عوامل مؤثر	ملاحظات
آبیاری بر مبنای نیاز گیاه	- عمق ریشه - میزان تبخیر و تعرق - دور آبیاری - ویژگی‌های خاک	اولین قدم در آبیاری شناخت نیاز آبی گیاه است. در آبیاری توجه به عمق ریشه گیاه، بافت خاک و دور آبیاری از اصول کار می‌باشد.
زمان آبیاری	- ظرفیت زراعی - مرحله رشد گیاه - طول روز	زمان آبیاری باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی گردد که گیاه به طور واقعی به آب نیاز داشته باشد و دوران حساس گیاه از جمله جوانه زدن و گلدهی نیز با دقت در برنامه‌ریزی لحاظ شده باشد. در آبیاری در هنگام ظهر و هوای خیلی گرم نیز علاوه بر افزایش حساسیت گیاه، موجب افزایش تبخیر از سطح خاک نیز می‌شود.
کاهش زمان پیشرفت آب از ابتدا تا انتهای مزرعه (در آبیاری سطحی)	- جریان آب بیشتر - شیب تندتر - طول کوتاه‌تر	هر چقدر اختلاف زمان تماس آب با خاک در ابتدای جویچه یا نوار با زمان تماس در انتهای آن بیشتر باشد تلفات نفوذ عمقی در قسمت‌های ابتدایی بیشتر خواهد بود. شیب خیلی کم و عدم تسطیح یکنواخت بخشی از عوامل ایجاد این مشکل هستند. افزایش جریان آب و کوتاه کردن طول نوارها در کاهش زمان رسیدن آب به انتهای نوار مؤثر می‌باشند.
کاهش نفوذ عمقی آب	- کوتاه کردن زمان بین دو آبیاری - کاهش زمان پیشرفت آب از ابتدا به انتهای مزرعه (در آبیاری سطحی)	جهت کاهش نفوذ عمقی و هدر رفت آب می‌توان زمان بین دو آبیاری را کاهش داد این عمل در شرایط شور بودن خاک و آب به افزایش تولید کمک می‌کند زیرا این وضعیت مانع افت زیاد پتانسیل ماتریک خاک می‌گردد و لذا گیاه در برابر افت پتانسیل اسمزی تحمل بیشتری نشان می‌دهد.
کاهش تلفات سطحی	- کاهش جریان در حین پیشرفت آب - باز چرخانی آب	جهت جلوگیری از هدر رفت سطحی آب می‌توان با کم کردن دبی ورودی در زمانی که جبهه آب در نیمه دوم طول نوار می‌باشد اقدام نمود همچنین آب‌های خارج شده نیز به گونه‌ای مجدداً به سیستم تولید هدایت گردد.

ادامه جدول۵-۱

کاهش سطح خیس شدگی زمین	- قطره‌ای - جویچه‌ای یک در میان	چنانچه آب مستقیماً به محدوده توسعه ریشه گیاه که عمل جذب آب و غذا را به عهده دارد رسانده شود باعث جلوگیری از رواناب سطحی و نفوذ عمقی خواهد شد و ضمناً باعث خشک ماندن سایر قسمت‌های خاک می‌گردد که این عمل مانع از رشد علف‌های هرز و کاهش آفات می‌گردد.
استفاده از آب باران	- افزایش نفوذ باران به خاک - شستشوی زمستانه - جمع‌آوری جریان‌های سطحی و متمرکز کردن آنها	می‌توان با تمهیداتی در سطح خاک مقدار نفوذ باران را افزایش داد و از فرار آب به خارج جلوگیری کرد. این اقدام در شرایط کم‌آبی، ذخیره آبی خوبی در خاک تأمین می‌کند. و حتی ممکن است یکی دو نوبت در آبیاری بهاره صرفه‌جویی گردد.

۵ـ۴ـ۹ـ اصلاح خاک به منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی

خاک منبع اصلی تأمین آب و غذای گیاه است و هر نوع عملیات زراعی بدون توجه به مدیریت خاک، کم اثر خواهد بود. چنانچه با اقداماتی توانایی نگهداری آب در خاک افزایش یابد و یا این که سرعت نفوذ آب در خاک‌های سنگین تسهیل شود موجب استفاده مؤثرتر گیاه از آب خواهد شد و در نتیجه بهره‌وری آب نیز بهبود می‌یابد. یکی از مؤثرترین اقدامات در مورد بهبود خاک، افزایش توانایی خاک برای نگهداری آب می‌باشد. این خاصیت خاک، تأثیرات بالقوه‌ای را بر روی سایر پارامترهای آبیاری پدید می‌آورد. به عنوان نمونه، ظرفیت خاک برای نگهداری آب در برنامه‌ریزی آبیاری و تعیین دور آبیاری مستقیماً اثر می‌گذارد، همچنین میزان تلفات آب در روش‌های مختلف آبیاری، از این خصوصیت خاک تأثیر می‌پذیرد.

برخی از خاک‌ها، به ویژه خاک‌های با بافت سبک، ظرفیت کمی برای نگهداری آب دارند. در این خاک‌ها، آبیاری باید با فواصل زمانی کوتاه تری انجام شود و نیز معمولاً تلفات آب بر اثر نفوذ آب به زیر ناحیه ریشه زیاد می‌شود. برای رفع این مشکل، اصلاح این نوع خاک‌ها با افزودن موادی مانند پلیمرهای مصنوعی جاذب آب (سوپر جاذب‌ها)، مواد معدنی متخلخل مانند پرلیت و استفاده از مواد آلی مختلف امکان‌پذیر می‌باشد.

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند در کاهش جریان سطحی در خاک‌های سنگین و سدیمی مؤثر باشد افزایش سرعت نفوذ آب در خاک می‌باشد. بدون اصلاح این خاصیت، آبیاری خاک‌های مذکور باعث به وجود آمدن حالت ماندابی سطحی در خاک و هدر رفت آن از طریق تبخیر مستقیم می‌شود. بنابراین، اصلاح خاک‌های سنگین و سدیمی، از به وجود آمدن مسایل زهکشی سطحی یا زیرزمینی و نیز از هدر رفت آب جلوگیری خواهد کرد. بکارگیری مواد آلی در همه حال و کاربرد مواد بهساز خاک‌های سدیمی (مانند گچ، گوگرد و اسید سولفوریک) در اصطلاح خاک مؤثر است.

یکی دیگر از موانعی که باعث افت بازدهی خاک می‌گردد و اثربخشی آب را کاهش می‌دهد کفه‌ها و لایه‌هایی از خاک در نزدیکی سطح زمین است. این لایه از نفوذ آب و ریشه به لایه‌های پایین جلوگیری می‌نماید. در چنین خاک‌هایی فروروی آب به اعماق پروفیل خاک متوقف شده و شرایط ماندابی در لایه‌های بالای نیمرخ خاک پدید می‌آید. این مشکل سبب می‌گردد که نمک‌هایی که با آب آبیاری به خاک افزوده می‌شوند در لایه‌های بالای سخت کفه‌ها متراکم و انباشته شده و منطقه ریشه‌دوانی گیاه به تدریج شور گردد. آبشویی و بهسازی شیمیایی این خاک‌ها بدون شکستن سخت کفه مؤثر نخواهد بود. بنابراین استفاده از شخم عمیق و کاربرد زیرشکن برای از بین بردن سخت کفه ضروری است.

۵ـ۴ـ۱۰ـ تأثیر کمی و کیفی اطلاعات آماری در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی

عصر کنونی جهان، عصر ارتباطات و مدیریت اطلاعات می‌باشد، بدین لحاظ اساس و پایه برنامه ریزی بسیاری از فعالیت‌های سیاسی، اقتصادی، تولیدی، تجاری و بازرگانی صرفاً بر مبنای آمار و اطلاعات روزآمد و صحیح استوار می‌باشد. در عصر حاضر موفقیت در هر نوع فعالیت تولیدی و تجاری مرهون میزان سطح دسترسی به داده‌ها، میزان صحت و روزآمدی آنها است. بسیاری از معادلات سیاسی بین کشورها یا موفقیت در سرمایه‌گذاری و یا حتی شکست‌های تجاری و تولیدی صرفاً به سرعت دریافت (زود یا دیر رسیدن) اطلاعات و داده‌هابستگی دارد. از این رو بسیاری از کشورهای پیشرو تلاش‌های زیادی را برای ثبت و ضبط داده‌ها

و اطلاعات در بخش‌های مختلف صنعت، معدن، کشاورزی، جامعه، اقتصاد و غیره انجام می‌دهند.

علی‌رغم سرمایه‌گذاری عظیم در زیرساخت‌های کشاورزی کشور و توسعه آبیاری و زهکشی در طی سال‌های گذشته، متأسفانه همگام با توسعه سخت‌افزاری کشاورزی در ایران به توسعه نرم‌افزاری این بخش و ایجاد پایگاه اطلاعاتی به منظور ثبت دقیق داده‌ها و جزئیات توجه نشده است. همین امر سبب گردیده که بسیاری از تحلیل‌ها و برنامه‌ریزی‌ها براساس گمان و تخمینی از واقعیت موجود صورت پذیرد.

در حال حاضر بسیاری از داده‌ها و اطلاعات اولیه که بعضاً از پارامترهای اثرگذار و تصمیم‌ساز در برنامه‌ریزی آب و خاک کشور می‌باشد، با ابهام، تردید و عدم شفافیت روبروست، که از آن جمله می‌توان به اعداد و ارقام ذکر شده برای راندمان‌های آبیاری، میزان اراضی فاریاب کشور، میزان آب برداشت شده از سفره‌های آب زیرزمینی، تغذیه این سفره‌ها، وسعت و کیفیت شبکه‌های آبیاری و زهکشی در دست بهره‌برداری، بهره‌وری آب کشاورزی، میزان افت کیفیت اراضی از لحاظ شوری و ده‌ها پارامتر دیگر نام برد. این مشکل صرفاً منحصر به صحت و دقت آمار کلان بخش آب و خاک نمی‌باشد بلکه حتی در برخی موارد در اجزای یک سیستم واحد مانند سد، شبکه‌های آبیاری و زهکشی نیز با تناقض‌های متعددی روبروست.

اگر چنانچه قرار است کمبود منابع آب کشور از طریق افزایش بهره‌وری آب کشاورزی جبران گردد باید به درستی دانست که راندمان‌های آبیاری در حال حاضر چقدر است؟ یا میزان بهره‌وری آب در کشور و یا در مناطق مختلف چقدر است؟ به چه میزان سرمایه‌گذاری برای افزایش آن نیاز است؟ به چه تمهیدات مدیریتی و فنی برای تحقق این امر نیاز است؟ دقت سیستم‌های اندازه‌گیری به چه میزان می‌باشد؟ نداشتن برنامه جامع و اطلاعات کافی می‌تواند رسیدن به نتایج و اهداف برنامه‌ها را با مشکل مواجه کند بطوریکه نمی‌توان به روشنی بیان کرد که کی و به چه شکلی و با چه میزان اطمینان و دقتی به اهداف برنامه‌ها خواهیم رسید.

با توجه به اهمیت توسعه کشاورزی از یک سو و شرایط خاص اقلیمی و جغرافیایی کشور از سوی دیگر، طلب می‌نماید که مدیران و مسئولین کشور همگام با پیشرفت‌های فیزیکی طرح‌ها، سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های مناسبی را به صورت کوتاه مدت و یا دراز مدت برای ایجاد بانک اطلاعاتی روزآمد و کارا در بخش آب و کشاورزی کشور انجام دهند بطوریکه بتواند نیازهای برنامه‌ریزان، محققان و مدیران را برآورده سازد، تا از این طریق امکان تهیه برنامه‌های کارآمد، راهبردی و مطمئن برای بهبود پارامترهای اثر بخش آب و خاک کشور فراهم گردد.

۵ـ۴ـ۱۱ـ استفاده از پساب‌ها در کشاورزی

محدودیت منابع آب شیرین و افزایش هزینه‌های استحصال آب‌های جدید همواره گریبانگیر کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. یکی از راهکارهای توصیه شده برای کاهش این فشارها، افزایش بهره‌وری آب از طریق بازچرخانی پساب‌ها و زه‌آب‌ها به چرخه تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. از طرفی عموماً هزینه استحصال آب از طریق بهره‌برداری مدبرانه از پساب‌ها و زه‌آب‌ها به مراتب کمتر از تأمین منابع آب اضافی جدید از طریق احداث سدها و طرح‌های انتقال آب می‌باشد. افزایش رشد شهرنشینی و به طبع آن افزایش مصرف آب در این بخش، باعث افزوده شدن پساب‌ها گردیده است که می‌تواند بعد از تصفیه شدن به عنوان مکمل آب شیرین در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

علاوه بر موارد فوق، استفاده از پساب‌ها در آبیاری دارای فواید و مزایایی از جمله «کاهش هزینه آب آبیاری»، «تأمین مواد غذایی گیاه»، «کاهش فشار به منابع آب»، «افزایش تولیدات کشاورزی»، «کاهش بار آلودگی وارده به محیط زیست»، «ارزان و در دسترس بودن» و غیره می‌باشد، که می‌توان با شناخت و آگاهی از نوع مدیریت آبیاری و زارعی در هنگام استفاده از فاضلاب‌ها مزایای فوق را از بالقوه بودن به بالفعل تبدیل کرد.

در استفاده از پساب‌ها، انتخاب نوع روش آبیاری، انتخاب نوع محصول، مدیریت آبیاری، برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت مزرعه بسیار مهم است و می‌توان گفت که

بدون توجه به موارد ذکر شده، ممکن است استفاده از فاضلاب‌ها آثار زیان‌باری بر روی سلامتی انسان‌ها، کیفیت خاک، بهداشت و محیط زیست داشته باشد.

۵-۴-۱۲- مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری

هزینه‌های سرسام‌آور بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی و عدم تکافوی آب‌بها جهت تأمین این هزینه‌ها، اولین انگیزه برای مشارکت گرفتن کشاورزان برای مدیریت شبکه‌های آبیاری در دهه ۸۰ میلادی بوده است. عوامل دیگر همچون، مدیریت بهره‌برداری و نگهداری ضعیف و نامناسب، عدم توجه به رضایت‌مندی کشاورزان، عملکرد پایین و کندی جریان کار و سرعت گرفتن روند فرسایشی شبکه‌ها انگیزه دولت‌ها را برای انتقال مدیریت شبکه‌ها را به کشاورزان مصمم‌تر کرد.

در این فرآیند، مسئولین بر این باور بوده‌اند که انتقال مدیریت آبیاری نه تنها به کاهش بار مالی دولت کمک خواهد کرد بلکه به واسطه اصلاح نظام مدیریتی، سودآوری بیشتری برای کشاورزان به همراه خواهد داشت. از این رو برنامه‌های عملی برای انتقال مسئولیت‌های دولت‌ها به تشکل‌های آب‌بران آغاز شد و هم اکنون با گذشت حدود ۲۰ سال از آغاز این حرکت، علاوه بر فایق آمدن بر مشکلات فوق، عایدات فراوان دیگری برای شبکه‌ها و خاصه کشاورزان به دنبال داشته است. شایان ذکر است که با وجود افزایش بار هزینه‌های مالی بر دوش کشاورزان، رضایت‌مندی از این انتقال در خور توجه است.

افزایش عملکرد محصول، افزایش راندمان مصرف آب و بهبود نگهداری از تأسیسات آبیاری و کاهش تصدی‌گری دولت، بخشی از توفیقات گزارش شده از انتقال مدیریت آبیاری در سایر کشورها می‌باشد. به عنوان نمونه در بلغارستان انجمن‌های مصرف‌کننده آب، مدیریت بهره‌برداری و نگهداری تأسیسات آبی بیش از ۱۱۰۰۰۰ هکتار از اراضی را به عهده دارند. این مشارکت موجب شده که افزایش چشمگیری در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و رشد ۷۵ درصدی در تولید محصولات کشاورزی به وجود آید. نمونه‌های زیادی از سایر کشورهای جهان گزارش می‌شود که به موفقیت‌های زیادی در این خصوص دست پیدا کرده‌اند. نتایج

بررسی‌ها و مطالعات کارشناسان این کشورها نشان می‌دهد که توسعه فیزیکی یا مدیریت شبکه‌های آبیاری بدون توجه به نقش جامعه بهره‌برداران محلی، تصمیم‌گیری‌ها را با ناکامی مواجه خواهد کرد و در درازمدت آثار و تبعات منفی زیادی را بر جای خواهد گذاشت.

در ایران نیز قبل از اجرای پروژه‌های آبیاری و زهکشی، با استفاده از امکانات محلی و وضع قوانین بومی و مناسبات اجتماعی محلی، سیستم پایداری برای استفاده از منابع آب و خاک وجود داشته که با توسعه شبکه‌های آبیاری همه آن مناسبات بدست فراموشی سپرده شده است و هم اکنون که دولت قصد احیای مناسبات گذشته را دارد، به واسطه عادت کشاورزان به خدمات رایگان یا یارانه‌ای تمایلی برای مشارکت وجود ندارد.

با وضع موجود تعیین راهکارهای جدید و مناسب برای تحقق مشارکت آب‌بران در مدیریت شبکه‌های آبیاری نیازمند به بررسی‌های عمیق، جامع و بهره‌جویی از دیدگاه‌های علمی و عملی است. در این زمینه باید به تدریجی بودن عملیات و حرکت از پایین به بالا توجه داشت. استفاده از تجارب سایر کشورها می‌تواند در این زمینه موثر باشد.

۵-۴-۱۳- ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری

شبکه‌های آبیاری و زهکشی شامل مجموعه‌ای از اجزای مختلف بوده و تحت تاثیر پارامترهای مختلفی همانند پارامترهای فنی، اقتصادی، اجتماعی، مدیریتی، زراعی و زیست محیطی می‌باشد. هر یک از این پارامترها نیز شامل ده‌ها مؤلفه جزئی‌تر می‌باشد که هر کدام از آنها تأثیر درونی و بیرونی خاصی در بهبود عملکرد سیستم و بهبود بهره‌وری آب کشاورزی دارند. همچنین نقص یا بهبود یک پارامتر یا یک مؤلفه می‌تواند بر کمیت و کیفیت دیگر مؤلفه‌ها و پارامترها نیز تأثیرات چندگانه‌ای داشته باشد. از این رو هر روش یا ابزاری که امکان سنجش این پارامترها را به همراه میزان تأثیرگذاری آنها بر عملکرد شبکه آبیاری اندازه‌گیری نماید، مفید می‌باشد. یکی از ابزارهای مدیریتی که در بسیاری از کشورهای دنیا به صورت

گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد «ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی» است.

ارزیابی عملکرد عبارت است از: «نظارت روشمند به همراه مستندسازی و تفسیر و تحلیل پارامترهای موثر در شبکه‌های آبیاری و زهکشی با هدف کسب اطمینان از اینکه آیا ورودی منابع، جدول زمانبندی برنامه‌ها، اهداف پیش‌بینی شده و فعالیت‌های لازم طبق برنامه پیش می‌رود یا نه؟». بنابراین ارزیابی عملکرد دقیق و کارآمد نیازمند برنامه‌ریزی صحیح و اصولی به همراه تشریح کامل جزییات می‌باشد. هدف نهایی از ارزیابی عملکرد رسیدن به عملکرد مؤثر و افزایش کارآیی شبکه‌های آبیاری و زهکشی از طریق بازخورد مناسب اطلاعات به تمام سطوح مدیریت پروژه می‌باشد. بدین ترتیب، برای مدیریت شبکه این امکان فراهم می‌گردد تا مشخص نماید که آیا عملکرد با معیارهای پیش‌بینی شده و مورد نظر نزدیک است یا خیر؟ و اگر نیست چه اقدامات اصلاحی و در کجا باید انجام شود تا وضعیت شبکه آبیاری بهبود یابد.

روند صحیح و هوشمند اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات از عوامل موثر و کلیدی در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد. این داده‌ها می‌بایست اطلاعات کافی را برای مدیران فراهم سازد تا به دو سؤال ساده زیر پاسخ گوید:

- **«آیا کارهای صحیح را انجام می‌دهیم؟»** محتوای سؤال این است که آیا به سطح خدمتی که پیش‌بینی شده و یا روی آن توافق شده است، دست یافته‌ایم؟ این موضوع اساس و پایه‌های لازم برای رسیدن به عملکرد مطلوب است.
- **«آیا کارهای صحیح را بدرستی انجام می‌دهیم؟»** هدف این سؤال فهمیدن این نکته است که آیا هدف‌های اصلی آبیاری و زهکشی محقق شده است؟ و در صورت تحقق هدف، آیا ثمربخش بوده است؟ این سؤال بخشی از فرآیند ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی است.

لذا با توجه به اینکه این ابزار توانمند قادر است صدها مؤلفه و شاخص اثرگذار در آبیاری را مورد سنجش و تحلیل قرار دهد بنابراین به عنوان یک ابزار قوی مدیریتی در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی مطرح می‌باشد.

این ابزار توانمند پیشرفت‌های زیادی در برخی از کشورهای جهان بوجود آورده است بطوریکه بسیاری از سیستم‌های جامع نظارت عالیه بر شبکه‌های آبیاری کشورهای پیشرو، با خدمت گرفتن از این ابزار در سطح گسترده، ابزار مدیریتی جدیدی را به نام «شاخص سنجی» مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند که اساس و پایه این ابزار مدیریتی جدید ارزیابی عملکرد می‌باشد. ولی متأسفانه به واسطه عدم شناخت و پاره‌ای ابهامات، این روش در هیچکدام از شبکه‌های آبیاری کشور مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۵-۴-۱۴- استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار

بررسی‌ها و تحقیقات متعدد در جهان نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش تولید محصول قابل توجهی به همراه داشته باشد. در صورتی که این سیستم‌ها خوب طراحی و اجرا شوند و مصالح مورد استفاده در آنها از کیفیت و خصوصیات فنی لازم برخوردار باشند و بهره‌برداران نیز از دانش فنی و کافی در نگهداری و بهره‌برداری از آن بهره‌مند باشند، این سیستم‌ها قادر خواهند بود از ۳۰ تا ۶۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب و از ۲۰ تا ۷۰ درصد افزایش در تولید محصولات کشاورزی را فراهم نماید. لذا با توجه به شرایط حاکم بر منابع آب و خاک کشور، می‌توان با استفاده از این سیستم‌ها ضمن کاهش فشار بر منابع آب، زمینه ارتقای جهشی بهره‌وری آب کشاورزی را فراهم کرد. در خصوص مزایا و معایب این سیستم‌ها و انواع آنها در کتاب‌ها و مقالات متعدد به حد کافی توضیح داده شده است.

۵-۴-۱۵- کشت در محیط‌های کنترل شده

محیط‌های کنترل شده به محیط‌هایی گفته می‌شود که کلیه یا یکی از عوامل رشد و نمو گیاه از جمله نور، آب، مواد غذایی، هوا و رطوبت تحت کنترل و نظارت هوشمندانه قرار داشته باشد. در این شرایط میزان آب مصرفی گیاه به مقدار بسیار زیادی کاهش می‌یابد، همچنین میزان عملکرد محصول نیز افزایش قابل توجهی پیدا خواهد کرد.

در مقایسه‌ای که برای مصرف آب در محصول خیار و گوجه‌فرنگی در دو شرایط هیدروپونیک و کشت در مزرعه بعمل آمده نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم خیار به روش هیدروپونیک به ۱۰ لیتر آب نیاز دارد در صورتیکه در شرایط مزرعه آب مصرفی خیار برای تولید یک کیلوگرم محصول، بیش از ۲۰ برابر می‌باشد. همچنین آب مصرفی گوجه فرنگی در مزرعه نسبت به هیدروپونیک حدود ۱۰ برابر می‌باشد.

۵-۴-۱۶- توجه به آموزش، تحقیقات و ترویج در افزایش بهره‌وری آب

توجه مسئولان به آموزش‌های کاربردی برای کشاورزان، کارشناسان و مدیران و تحقیقات در مواردی همچون افزایش عملکرد محصول و همچنین ترویج آخرین یافته‌ها علمی و کاربردی می‌تواند اثر مهمی در افزایش میزان بهره‌وری آب داشته باشد.

در پایان خاطرنشان می‌سازد که علاوه بر روش‌های ذکر شده در این کتاب، قطعا روش‌های فنی و مدیریتی دیگری نیز برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی وجود دارد. لذا توصیه می‌شود کارشناسان و محققین محترم کشور نسبت به توسعه این علم با انجام تحقیقات لازم همت گمارند.

منابع:

ابطحی، ح. و کاظمی، ب.، ۱۳۷۵. بهره‌وری. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

اورعی، ک.، ۱۳۷۸. تحلیل و محاسبه بهره‌وری. انتشارات نشر علوم دانشگاهی.

بای‌بوردی، م.، ۱۳۷۹. کم آبیاری و استفاده بهینه از آب. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳٦.

بهره‌دار، د. و آل‌یاسین، م.، ۱۳۸۱. مدیریت نوین آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد شبکه‌های آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۷۱.

پورزند، ا.، ۱۳۷۷. راندمان‌های آبیاری و روش‌های مدیریتی در کاهش تلفات آب. خلاصه مقالات کارگاه فنی راندمان‌های آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

توکلی، ع.، ۱۳۷۹. بررسی نقش کم آبیاری در مدیریت مصرف آب. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳٦.

توکلی، ع.، ۱۳۷۹. بررسی نقش آبیاری تکمیلی در مدیریت مصرف آب در شرایط دیم. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

توکلی، م. و طباطبایی، م.، ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۸.

جهانی، ع.، ۱۳۷۹. امنیت آبی و مدیریت تقاضا، مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

حیدری، غ.ر. و همکاران. ۱۳۷٤. اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل بهره‌وری در کشاورزی. مؤسسه پژوهش‌ها و برنامه‌ریزی کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.

حیدریان، س. ا. و همکاران.، ۱۳۸۱. راهنمای پایش و ارزشیابی انتقال مدیریت آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ٥٦.

خالدی، هـ و آل‌یاسین، م.، ۱۳۷۹. عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵ (سناریوها و مسایل). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳٤.

خیرابی، ج.، ۱۳۷۹. مدخلی به مبحث کم آبیاری؛ تعریف و تبیین انواع آن. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳٦.

خیرابی، ج.، ۱۳۸۱. راندمان‌های آبیاری. خلاصه مقالات کارگاه آموزشی نگرش کاربردی به مدیریت آبیاری در شرایط کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

درودی، م. س.، ۱۳۷۹. کود و کم آبیاری. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳٦.

رحیمی، ح. و خالدی، هـ، ۱۳۷۹. بحران آب و غذا در جهان و ایران و راه‌های مقابله با آن. مجموعه مقالات اولین همایش مقابله با کم آبی. جهاد دانشگاهی دانشگاه کرمان.

سیادت، ح. و دربندی. ص.، ۱۳۸۱. کارآیی آب در تولید محصولات کشاورزی. خلاصه مقالات کارگاه آموزشی نگرش کاربردی به مدیریت آبیاری در شرایط کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

سیادت، ح.، ۱۳۷۷، نکاتی درباره گزینه‌های زراعی برای مسایل آبیاری و زهکشی کشور. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

سیادت، ح.، ۱۳۷۹. برهم کنش آب و کود. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳٦.

سیاهی، م. ک. و فیوضات، ن.، ۱۳۷۸. تدارک برای انجام پروژه‌های کوچک آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳۵.

سیاهی، م. ک.، ۱۳۷۸. تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری. مجموعه مقالات کارگاه فنی مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری.، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۲۷.

سیاهی،. م. ک.، ۱۳۸۱ تحلیلی بر راندمان آبیاری نیاز به نگرشی روزآمد. خلاصه مقالات کارگاه آموزشی نگرش کاربردی به مدیریت آبیاری در شرایط کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

طباطبایی، ح.، خالدی، هـ، ۱۳۸۱. آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک؛ اصول و روش‌ها. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۷۲.

عابدی، م. ج. و نجفی، پ.، ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.، ش. ٤٧.

عباسی، ف. روش‌های بهبود بازدهی مصرف آب در مزارع کشاورزی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

علیزاده، ا.، ۱۳۸۰.، بهره‌وری آب در کشاورزی. مجموعه مقالات کارگاه بهره‌وری آب. مشهد.

غفاری شیروان، ج.، ۱۳۷۷، مروری بر وضعیت بهره‌برداری منابع آب ایران. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

فرشی، ع. ا.، ۱۳۷۹. ارائه یک روش عملی برای برنامه‌ریزی بهینه در کم آبیاری. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ٣٦.

فرشی، ع.ا.، ۱۳۸۰. برنامه‌ریزی بهینه در کم آبیاری. مجموعه مقالات کارگاه بهره‌وری آب. مشهد.

فرشی. ع. ا و همکاران، ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ٨٦.

فیوضات، ن. و همکاران. ۱۳۷۸. جنبه‌های مالی مدیریت آب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ۳۳.

کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک.،۱۳۷۹. وضعیت موجود، چشم‌اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی آن، مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

کهریزی، ا. و سندگل، ر.، ۱۳۸۱. رهنمودهای انتقال مدیریت خدمات آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.، ش. ۵۵.

لطفی، ا.، ۱۳۸۱. مدیریت آب در کشاورزی؛ پیامدهای اقتصادی- اجتماعی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ٦٣.

لیاقت، ع. م. و دربندی، ص.، ۱۳۷۹. استراتژی مدیریتی کم آبیاری برای بهینه‌سازی مصرف آب. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ٣٦.

مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی.، ۱۳۷۷. بهره‌وری و کشاورزی؛ مقالات منتخب. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.

ملکوتی، م. ج.، ۱۳۷۹. رابطه کم آبیاری با مقدار و نوع کودهای مصرفی. خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ش. ٣٦.

منتظر، ع.ا.، حیدریان، ا.، ۱۳۷۹. رهیافت‌های نوین در انتقال مدیریت شبکه آبیاری. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

وزارت صنایع سنگین.، ۱۳۷۱. مجموعه بهره‌وری؛ حرکت بهره‌وری. وزارت صنایع سنگین (معاونت آموزش و تحقیق).

Alcamo, J.; T. Henrichs; and T. Rosch. 2000. **World water in 2025: Global modeling and scenario analysis.** In World water scenarios analyses, ed. Rijsberman. London: Earthscan Publications.

Amir Kassam and Martin Smith,. 2001. **FAO Methodologies on Crop Water Use and Crop Water Productivity;** Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bazza, M. and Ahmad, M. 2002. **A Comparative Assessment of Links between Irrigation Water Pricing and Irrigation Performance in the Near East.** Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ben Groom & Phoebe Koundouri ; 1997**. Irrigation water management under risk: An application to Cyprus.**

Brent Paterson. 2002. **Food Production, Poverty Alleviation and Environmental Challenges as Influenced by Limited Water Resources and Population Growth**., 18th Congress International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)., Montreal.

D. Molden, F. Rijsberman, Y. Matsuno and U. A. Amarasinghe. 2003**. Increasing Productivity of Water: A Requirement for Food and Environmental Security.** International Water Management Institute.

David Stifel, Bart Minten, and Paul Dorosh,. 2003. **Transactions Costs and Agricultural productivity: Implications of Isolation For Rural Poverty in Madagascar;** International Food Policy Research Institute.

FAO. 2003. **FAOSTAT agriculture data base**. Rome. www.fao.org.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, .2003., **Review of world water resources by country**. 23 .Water Reports. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2000. **Crops and drops: making the best use of water for agriculture.**

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2002. **The State of Food and Agriculture.**

Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2003. **Agriculture, food and water.** Food and Agriculture Organization of the United Nations.

International Atomic Energy Agency;. 2002. **Improving Productivity in Agriculture**; International Atomic Energy Agency.

International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). 2002. **Water for Food and Rural Development.** www.icid.org

International Water Management Institute (IWMI). 2003. **How do we get more crop from every drop? Improving Water Productivity.**

International Water Management Institute. 2000. **World water supply and demand.** Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

International Water Management Institute. 2000. **World water supply and demand in 2025.** In World water scenarios analyses, ed. Rijsberman. London: Earthscan Publications.

J. W. Kijne, T. P. Tuong,at All,. 2002. **Ensuring Food Security via Improvement in Crop Water Productivity.**

J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden. 2003. **Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement.** Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Kijne, J. W. 2001. **Lessons learned from the change from supply to demand water management in irrigated agriculture: A case study from Pakistan.** Water Policy 3:109-123.

LAURIAN J. 2001. **Food Safety in Food Security and Food Trade**; A 2020 Vision for Food,Agriculture, and the Environment.

Mark W. Rosegrant & Ximing Cai, Sarah A. Cline. 2002. **World water and food to 2025 : Dealing with Scarcity**., International Food Policy Research Institute, USA.

Molden, D. J. 1997. **Accounting for water use and productivity**. SWIM Paper 1.Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Molden, D. J.; and C. de Fraiture. 2000. **Major paths to increasing the productivity of water. In World water scenarios analyses**, ed. Rijsberman. London: Earthscan Publications.

Molden, D.; R. Sakthivadivel; and Z. Habib. 2001. **Basin-level use and productivity of water: Examples from South Asia.** Research

Report 49. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Molden, D.; R. Sakthivadivel; C. J. Perry; C. de Fraiture; and W. H. Kloezen. 1998. **Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems**. Research Report 20. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Murray-Rust, H.; Abdullaev, I.; ul Hassan, M.; Horinkova, V. 2003. **Water productivity in the Syr-Darya river basin.** Research Report 67. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Oweis, T.; and A. Hachum. 2002. **Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa. In Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement,** ed. J. W. Kijne. Wallingford, UK: CABI (in press).

Paul van Hofwegen & Mark Svendsen; 2000. **A Vision of Water for Food and Rural Development.**

Perry, C. J. 2001. **Charging for irrigation water: The issues and options, with a case study from Iran.** Research Report 52. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

United Nations publication, 2003. **World Population Prospects: The 2002 Revision.**

United Nations., 2001.**Population, Environment and Development;** The Concise Report; United Nations.

United Nations., 2002. **Population Ageing;** United Nations.

World Bank, 2002. **Crop and Water Productivity of the Pakistan Wheat and Rice Systems;** World Bank.

Yasin AL- Zu'bi, **Water Productivity.**

Water Productivity in Agriculture

Iranian National Committee on

Irrigation and Drainage

By:

Mehrzad Ehsani **Homan Khaledi**

2003