راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی

گروه کار ارزیابی عملکرد سامانه های آبیاری و زهکشی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره انتشار: ۱۰۳
۱۳۸۶

راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

گروه کار ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی

ترجمه و تدوین:

داریوش بهره‌دار — نقی برهان

عباس قاهری — عزت‌الله فرهادی

مهرزاد احسانی — محمد اثنی‌عشری

علی ذوالفقاری — حسن غروی

محمدقاسم رزمجو

بسم الله الرحمن الرحيم

این دستورالعمل حاصل همکاری بلند مدت اعضاء گروه کاری ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) می‌باشد.

اعضاء این گروه کاری عبارتند از:

دکتر ام. جی. باس. مدیر (هلند)	Dr. M. G. Bos
دکتر فتما عبدالرحمن عطیه (مصر)	Dr. Fatma Abdel-Rahman Attia
دکتر ام. ان. بوتا (پاکستان)	Dr. M. N. Bbutta
پروفسور, دکتر ان, بورین (ایتالیا)	Prof. Dr. N. Borin
دکتر آر. ا. ال. بریتو (برزیل)	Dr. R. A. L. Brito
دکتر ام. ا. بورتن (انگلستان)	Dr. M. A. Burton
آقای جی. چام بولی رُن (آرژانتین)	Mr. J. Chambouleyron
آقای لی چانگ چی (تایوان, جمهوری چین)	Mr. Lee. Changchi
ام. جی. اف. متزگر (کانادا)	M. J. F. Metzger
دکتر دی. مولدن (امریکا)	Dr. D. Molden (USA)
دکتر بی. مول (فرانسه)	Dr. B. Molle
آقای جی. ا. اُرتیز اف. یورتیا (اسپانیا)	Mr. J. A. Ortiz F. Urrutia
دکتر سانگ هیون پارک (کره جنوبی)	Dr. Sang Hyun Park
دکتر تی. واتانابه (ژاپن)	Dr. T. Watanabe
آقای جی. جی. رایت (استرالیا)	Mr. G. J. Wright
دکتر جی. یانگ (جمهوری خلق چین)	Dr. J. Yang
دکتر آی ماکین نماینده IWMI در گروه کار (سریلانکا)	Dr. I. Makin

مؤسسات زیر در تألیف و انتشار کتاب همکاری داشته‌اند:

IWMI International Water Management Institute

ITAD-Water Ltd

ALTERRA-ILRI

سرشناسه: بوس، مارینوس خیبرتوس، ۱۹۴۳- م.
Bos, Marinus Gijsberthus
عنوان و نام پدیدآور: راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی/ [بوس، برتون مولدن]؛ ترجمه داریوش بهره‌دار؛ [برای] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی.
مشخصات نشر: تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری: ۱۰، ۲۳۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: ۹۶۴۶۶۶۸۷۱۲
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت: عنوان اصلی:
Irrigation and drainage performance assessment practical guidelines, c2004
یادداشت: مترجمان داریوش بهره‌دار، عباس قاهری، مهرزاد احسانی، علی ذوالفقاری، نقی برهانی، عزت‌الله فرهادی...
موضوع: آبیاری- - ارزشیابی.
موضوع: آبیاری- - مدیریت.
موضوع: زهکش- - ارزشیابی.
شناسه افزوده: برتون، ام.ا.اس.
شناسه افزوده: Burton, M.A.S
شناسه افزوده: مولدن، دی، ج.
شناسه افزوده: بهره‌دار، داریوش، مترجم.
شناسه افزوده: ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. گروه کار ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی ایران.
شناسه افزوده: ایران. کمیته ملی ابیاری و زهکشی.
رده‌بندی کنگره: ۸۶/۲۱۳۸۶ ب/ ۸۰۵ TC
رده‌بندی دیویی: ۶۳۱/۵۸۷
شماره کتابشناسی ملی: ۱۱۳۷۲۰۳

نام کتاب: راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی

مترجم: داریوش بهره‌دار، نقی برهان، عباس قاهری، عزت‌الله فرهادی، مهرزاد احسانی، محمد اثنی‌عشری، علی ذوالفقاری، حسن غروی، محمدقاسم رزمجو

ویراستار: نقی برهان

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حروف چینی و صفحه آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

چاپ اول: ۱۳۸۶

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۲-۷۱-۶۶۶۸-۹۶۴

نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۲۴، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۲۷۲۲۸۵

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

پیشگفتار رئیس کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:

شرایط اقلیمی کشور ایران به گونه‌ای است که بخش کشاورزی آن به شدت به آب برای تولید محصولات کشاورزی وابسته است. این وابستگی به حدیست که با وجود سطح نسبتاً یکسان اراضی سالانه زیر کشت دیم و فاریاب کشور، حدود ۹۰ درصد فرآورده‌های کشاورزی از زراعت آبی حاصل می‌شود. در چنین شرایطی تأثیرات اقلیمی ناشی از پدیده خشکسالی و یا ترسالی می‌تواند اثرات منفی یا مثبت زیادی بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی ایران داشته باشد.

شرایط متفاوت اقلیمی و منابع آب ایران، طلب می‌کند که محققان، مدیران و مراکز علمی و پژوهشی کشورمان در بخش آبیاری و زهکشی نیز متفاوت‌تر از سایر کشورهای جهان که شرایط طبیعی نسبتاً پایداری دارند باشند. پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی ایران می‌بایست از پویایی، ابتکار، نوآوری و پژوهش محوری ویژه‌ای برخوردار باشند تا بتوانند کشور را در شرایط پایدار تولید حفظ نمایند.

کلیه کارشناسان و مراکز علمی و آموزشی که در خانواده بزرگ آب و خاک کشورمان فعال هستند، مسئولیت بزرگی در تأمین امنیت آبی و غذایی برعهده دارند. یکی از مراکز علمی فعال در صنعت آب کشورمان، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران است که در سال ۱۳۷۰ پس از یک وقفه طولانی به طور رسمی آغاز به کار کرده است. این کمیته ملی طی دهه اخیر نقش مؤثری در اشاعه علوم و فنون آبیاری و زهکشی در ایران داشته است. اثربخشی علمی و فرهنگی بیش از ۱۲۰ کتاب و گزارش فنی این کمیته ملی به همراه برگزاری دهها سمینار و کارگاه‌های فنی در ادبیات کارشناسان و مدیران صنعت آب کشور به خوبی آشکار می‌باشد.

خودباوری کارشناسان ایرانی نه تنها تأثیر عمیقی بر توسعه و پیشرفت آبیاری و زهکشی کشورمان داشته است بلکه از نگاه بیرونی و در سطح بین‌المللی نیز به توفیقات زیادی دست یافته است. اگر بپذیریم که خودباوری و پویایی کارشناسان از

ارکان رشد و توسعه هستند توفیق کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران در این زمینه قابل ارزیابی است.

در اینجا جا دارد از کلیه همکارانم در شورایعالی که نقش سیاست‌گذاری کلان را عهده‌دار می‌باشند و هیئت اجرایی که وظیفه نظارت و هدایت بدنه علمی کمیته ملی را بدوش دارند و کادر علمی و فنی متخصص در گروه‌های کار و در نهایت کارکنان دبیرخانه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران قدردانی و سپاسگزاری نمایم. از خداوند منان پیشرفت و توسعه کشور عزیزمان ایران را در کلیه امور، به ویژه اعتلای صنعت آب و کشاورزی مسئلت داریم.

رسول زرگر

معاون وزیر نیرو در امور آب و آبفا

و رئیس شورایعالی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:

هدف از ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی تأمین اطلاعات لازم و کافی برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و مدیران بهره‌برداری است تا آنها بتوانند با استفاده از این اطلاعات نسبت به تغییر، اصلاح و ارتقای اهداف و یا فعالیت‌های مختلف این سامانه‌ها اقدام نمایند. در حال حاضر با توجه به محدودیت منابع آب شیرین و تقاضای روز افزونی که برای تأمین غذا وجود دارد و نیز رقابتی که بخش‌های صنایع، محیط زیست و اکوسیستم مناطق مختلف در مصرف آب با بخش کشاورزی دارند، سامانه‌های آبیاری و زهکشی بایستی به طریقی مدیریت و مورد استفاده قرار گیرند تا از واحد حجم آب، حداکثر تولید مواد غذائی تأمین گردد و همزمان، حفظ منابع آب و خاک در جهت توسعه پایدار مورد توجه قرار گیرد. در سال‌های اخیر دانشمندان و محققین روش‌های مختلفی را برای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی طراحی و در موارد متعددی نیز به اجرا در آورده‌اند. اجرای این روش‌ها گاهی به صورت جامع و یا اینکه فقط بخش‌هایی از عملکرد یک سامانه را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. ارزیابی عملکرد اطلاعات مفیدی برای ارتقای عملکرد فراراه مدیران راهبری شبکه‌ها قرار می‌دهد و همچنین در جهت اصلاح و تغییر اهداف اصلی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شرایط مناسبی را فراهم می‌سازد. نکته‌ای که در فرآیند طراحی این روش‌ها حائز اهمیت می‌باشد این است که به علت تعدد مؤلفه‌های اثرگذار در عملکرد سامانه‌های آبیاری، هیچ یک از روش‌ها نمی‌توانند بصورت جامع در کلیه سامانه‌ها و یا تعداد زیادی از آنها مورد استفاده قرار گیرند و لذا برای ارزیابی هر سامانه باید روشی متناسب با مشخصات آن انتخاب یا طراحی گردد. کتاب حاضر، حاوی اصول و مبانی روش‌های ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد که در ارزیابی هر سامانه می‌تواند مورد توجه خاص قرار گیرد. در تألیف این کتاب علاوه بر مطالعات و تجارب عملی مؤلفین، نظرات و راهنمایی‌های سایر محققین و صاحب نظران فعال در این بخش، خصوصاً اعضای گروه‌های کار ارزیابی عملکرد کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی و سایر کشورهای عضو، منجمله ایران نیز لحاظ گردیده است. در این رابطه

از سال ۱۳۷۹ آقای دکتر باس، مؤلف اصلی این کتاب، از طریق کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی مکاتبات منظمی را با گروه کار ارزیابی عملکرد کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران داشته و پیش‌نویس هر یک از فصول کتاب را برای اظهار نظر ارسال کرده‌اند و اعضای گروه کار ارزیابی عملکرد نیز فعالانه در انتقال تجربیات و مطالعات خود به مؤلفین اقدام نموده‌اند که بدون شک در پربارتر کردن محتوای کتاب مؤثر بوده است. همچنین اعضای گروه کار ارزیابی عملکرد به محض انتشار کتاب نسبت به ترجمه و نشر آن اهتمام نمودند. امیدوارم مطالعه این کتاب برای محققین، بهره‌برداران و خصوصاً مدیران بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی در تبیین اهداف ارزیابی، طراحی و اجرای اصولی روش‌های ارزیابی عملکرد مفید ومؤثر واقع گردد. در پایان از زحمات اعضای گروه کار ارزیابی عملکرد کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران به لحاظ همفکری با مؤلفین و کوشش در جهت ترجمه و انتشار کتاب سپاسگزاری می‌نماییم، همچنین از تلاش‌ها و دقت نظر آقای دکتر کیومرث ابراهیمی (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران) که مطالعه، بازبینی و ویراستاری کتاب را به عهده داشتند و در نهایت از اعضای دبیرخانه کمیته ملی به لحاظ زحماتی که در فرآیند تهیه متن اصلی، تأمین مجوزهای لازم، چاپ و انتشار کتاب متقبل گردیده‌اند و از سرکار خانم زهره آقابیک برای تایپ و صفحه‌آرایی کتاب قدردانی می‌گردد.

سیداسدالله اسداللهی

دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- پیش زمینه	۱
۱-۲- نگاه کلی	۳
۱-۳- استفاده از نتایج ارزیابی عملکرد	۵
۱-۴- چارچوب راهنما	۶
۱-۵- منابع	۷
فصل دوم، چارچوب ارزیابی عملکرد	۹
۲-۱- تعریف مسئله	۹
۲-۲- هدف و راهبرد	۱۰
۲-۲-۱- هدف	۱۲
۲-۳- نوع ارزیابی	۱۴
۲-۳-۱- ارزیابی داخلی یا خارجی	۱۵
۲-۳-۲- گستره / حدود ارزیابی عملکرد	۱۸
۲-۴- طراحی برنامه ارزیابی عملکرد	۲۱
۲-۴-۱- مبانی ارزیابی عملکرد و هدف‌های سامانه	۲۱
۲-۴-۲- شاخص‌های عملکرد	۲۵
۲-۴-۳- اطلاعات مورد نیاز	۲۹
۲-۴-۴- جمع‌آوری اطلاعات (چه کسی، چگونه، کجا و چه موقع)	۳۰
۲-۴-۵- شکل خروجی برنامه	۳۱

عنوان **صفحه**

۲-۵- اجرای برنامه ۳۱
۲-۵-۱- کاربرد نتایج خروجی ۳۲
۲-۶- اقدامات فراتر ۳۶
۲-۷- توجه ۳۶
۲-۸- منابع ۳۶

فصل سوم، شاخص‌های ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی ۳۹
۳-۱- مشخصات و کابرد شاخص‌های ارزیابی عملکرد ۳۹
۳-۲- انواع شاخص‌های عملکرد ۴۳
۳-۳- شاخص‌های انتخابی برای ارزیابی عملکرد ۴۴
۳-۴- تعریف شاخص‌های عملکرد ۴۸
۳-۴-۱- موازنه آب، خدمات تحویل آب و نگهداری ۵۰
۳-۴-۲- محیط زیست ۶۹
۳-۴-۳- اقتصاد ۷۴
۳-۴-۴- شاخص‌های سنجش از دور ۸۲
۳-۵- گروه‌بندی شاخص‌ها ۸۷
۳-۶- منابع ۸۹

فصل چهارم، ارزیابی عملکرد راهبردی و عملیاتی ۹۳
۴-۱- پیشگفتار ۹۳
۴-۲- ارائه خدمات ۹۴
۴-۲-۱- تعریف ارائه خدمات ۹۴
۴-۲-۲- تنظیم شرح خدمات ۹۶
۴-۳- اجرای ارزیابی عملکرد برای انواع مختلف سامانه‌های آبیاری و زهکشی ۱۰۴

عنوان **صفحه**

۴-۳-۱- نگاه کلی ۱۰۴
۴-۳-۲- خصوصیات فیزیکی ۱۰۵
۴-۳-۳- خصوصیات مدیریتی ۱۰۸
۴-۴- اجرای ارزیابی عملکرد راهبردی و راهبری ۱۰۹
۴-۴-۱- ارزیابی عملکرد راهبردی ۱۰۹
۴-۴-۲- ارزیابی عملکرد راهبری ۱۱۱
۴-۴-۳- مراحل ارزیابی عملکرد راهبردی و راهبری ۱۱۸
۴-۵- منابع ۱۲۹

فصل پنجم، ارزیابی تشخیصی در عملکرد آبیاری ۱۳۱
۵-۱- پیشگفتار ۱۳۱
۵-۲- مفاهیم و اصول اساسی در ارزیابی تشخیصی ۱۳۶
۵-۲-۱- سامانه‌های رهیافت ۱۳۶
۵-۲-۲- نیاز به دیدگاه‌های متفاوت ۱۳۷
۵-۲-۳- نیاز به مشارکت ذینفعان ۱۳۷
۵-۲-۴- استفاده و تفسیر شاخص‌ها در ارزیابی تشخیصی ۱۳۷
۵-۳- مراحل ارزیابی تشخیصی ۱۳۹
۵-۴- روش‌شناسی ۱۴۵
۵-۴-۱- روش‌های تشخیصی ۱۴۵
۵-۵- فنون ویژه ارزیابی تشخیصی ۱۵۵
۵-۵-۱- سنجش از راه دور ۱۵۵
۵-۵-۲- شاخص‌های عملکرد جنسیت در آبیاری ۱۵۸
۵-۵-۳- موازنه آب و حسابداری آن ۱۶۰
۵-۵-۴- بررسی‌های پرسشنامه‌ای ۱۶۴
۵-۶- منابع ۱۶۶

عنوان **صفحه**

فصل ششم، مدیریت داده‌ها در ارزیابی عملکرد ۱۷۷
۶-۱- سابقه ۱۷۷
۶-۲- مدیریت سامانه داده‌ها ۱۷۸
۶-۳- مدیریت پایگاه اطلاعاتی ۱۸۰
۶-۳-۱- فعالیت‌های دفتری ۱۸۰
۶-۳-۲- برنامه کمکی کاربر ۱۹۲
۶-۴- صحت اندازه‌گیری و شاخص‌ها ۱۹۶
۶-۴-۱- اصطلاحات فنی ۱۹۶
۶-۴-۲- انتشار خطاها ۲۰۴
۶-۵- منابع ۲۰۷

پیوست ۱- کلید توصیف‌کنندگان سامانه آبیاری و زهکشی ۲۱۱

پیوست ۲- مشخصات شاخص‌های عملکرد آبیاری و زهکشی ۲۱۷

پیشگفتار مؤلفین

هدف این کتاب، مطرح کردن دانش ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی است که طی تجارب ۱۰ تا ۱۵ سال اخیر بدست آمده و انتشار آن به منظور کمک به ارزیابی‌کنندگان برای استفاده از فرآیندها و روش‌های پیشرفته صورت گرفته است. موضوعات اصلی در این کتاب، تدوین چارچوب ارزیابی عملکرد و راهنمای طراحی و اجرای برنامه‌های مربوط به آن است.

مطالب کتاب با توجه به تخصص‌های مختلف مدیران، محققین، مشاوران آبیاری و زهکشی تدوین شده است. ارزیابی عملکرد، یکی از وظائف اصلی مدیریت است. اگر نحوه استفاده از آب آبیاری بهینه شده و ارتقاء یابد، وضعیت فعلی عملکرد و ابزارهای مورد استفاده آن نیز بایستی مورد اصلاح قرار گیرند.

اولین امتیاز ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی نشان دادن این نکته است که راهبرد مدیریت آب باید با مشورت کلیه ذینفعان سامانه تنظیم گردد. آنگاه این راهبرد توافقی، شالودهٔ راهبری از سامانه آبیاری و زهکشی را بنا می‌کند. **بطور خلاصه، ارزیابی عملکرد دارای مزایای عمدهٔ زیر است:**

- نحوهٔ استفاده از آب در تمامی بخش‌ها (کشاورزی، شرب، صنعت، محیط زیست، اکوسامانه‌ها و غیره) را با توجه به ارتباط بین آنها و سیاست واقعی مصرف آب، می‌توان مورد مشاهده و سنجش قرار داد.
- معمولاً برنامه‌های زمانی شاخص‌های راهبری با توجه به مقدار نهائی و مطلوب آنها به صورت نمودار ترسیم می‌شوند بنابراین زمانی که شاخص‌ها به مقادیر مطلوب خود خواهند رسید می‌تواند مورد سنجش قرار گیرد.
- نحوه استفاده از منابع گوناگون (زمین، آب، سرمایه، دانش و غیره) برای تولید غذا در شرایط موجود با مقادیر هدف (معیار) مقایسه شده و از این طریق اثرات عوامل منفی در رابطه با دستیابی به هدف، شناسایی می‌شوند.
- با توجه به مقادیر اهداف، تأثیر اقدامات مدیریتی بر روی نحوه استفاده از منابع و تولید محصول را می‌توان کنترل کرد.

- ارائه شفاف نتایج عملکرد واقعی سامانه‌های آبیاری و زهکشی، ارتباط بین ذینفعان پروژه را بهبود می‌بخشد.

اعضاء گروه کاری ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی[1]، این دستورالعمل را طی چندین مطالعهٔ موردی، مورد آزمون قرار داده‌اند. این مطالعات نشان داد که دامنهٔ کاربرد این دستورالعمل وسیع و نامحدود است. تشریک مساعی و ارائه پیشنهادات کلیه اعضاء گروه کاری به خصوص، جاکس پلانتی، برونو موله و گروه کاری ارزیابی عملکرد آبیاری USCID[2] قابل تقدیر است. امیدواریم این کتاب در ارتقاء نحوه مدیریت کارآ، بر یکی از مهمترین منابع طبیعی **یعنی آب** که بطور گسترده‌ای مورد استفاده نامطلوب قرار گرفته و موجب هدررفت آن گردیده است مؤثر واقع گردد.

مارینوس جی، باس	واگنینگن، هلند
مارتین آ. بورتن	هوو، بریتانیا
دیوید مولدن	کولمبو، سریلانکا

1- International Committee on Irrigation and Drainage (ICID)
2- United States Committee on Irrigation and Drainage (USCID)

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیش زمینه

تأمین غذای کافی و مورد نیاز جمعیت رو به رشد کره زمین، مستلزم اصلاح و افزایش عملکرد کشت آبی است ولی کمبود آب و رقابت در استفاده از این منابع، محدودیت‌هایی را در این زمینه ایجاد می‌نماید.

بخش عمده غذای انسان امروز از تولیدات کشاورزی حاصل از اراضی کشاورزی دارای سامانه‌های آبیاری بزرگ مقیاس، زمین‌های زهکشی شده، اراضی تحت پوشش چاه‌های آب خصوصی و از سامانه‌های کوچک مقیاس تأمین می‌شود. متأسفانه افزایش ساخت و سازهای زیربنایی به خصوص در سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ موجب کاهش زمین‌های مساعد برای احداث سامانه‌های آبیاری و سرمایه‌گذاری‌ها در این زمینه شده است. شک نیست که توسعه آبیاری، در امنیت غذایی ملت‌ها، توسعه اقتصادی و کاهش فقر سهیم بوده است. معهذا هنوز مسائل زیادی در مورد اکوسامانه طبیعی که ظرفیت توسعه بهره‌برداری از منابع آب برای کشاورزی را فراهم می‌نماید تا فقر غذایی نزدیک به ۷۹۰ میلیون جمعیت گرسنه جهان را برطرف کند، وجود دارد.

وجود نگرانی و مسائل مربوط به کمبود آب واقعاً بر توسعه کشت آبی اثر خواهد گذاشت. کاهش قابل توجه نرخ توسعه سامانه‌های آبیاری در ۲۵ سال گذشته نباید تکرار شود. سازمان خواروبار جهانی[1] پیش‌بینی کرده است که طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۵، نرخ توسعه سامانه‌های آبیاری ۱۴ درصد کاهش می‌یابد. در حالیکه انستیتوی بین‌المللی مدیریت آب[2] این رقم را ۱۷ درصد برآورد می‌کند. معهذا تولید غذا از طریق کشت آبی در این دوره، حداقل ۴۰ درصد رشد خواهد داشت تا نیاز غذائی افزایش

1- FAO
2- IWMI

جمعیت ۳۳ درصدی و بهبود تغذیه جمعیت جهان را برآورده نماید، بنابراین رقابت برای دستیابی به آب افزایش خواهد یافت. استفاده از آب بطور فزاینده‌ای از کشاورزی به سمت مصارف صنعتی و شرب سوق داده می‌شود و اراضی کشاورزی آبی اطراف شهرها به تدریج از چرخه تولید کشاورزی خارج می‌شوند. افزایش روند صنعتی شدن و استفاده آب با کیفیت نامناسب در سامانه‌های آبیاری، موجب کاهش کیفیت آب از جمله آلودگی و شوری گردیده است.

علاوه بر اینها همواره درخواست آب بیشتر برای حفظ محیط زیست نیز وجود دارد. تاکنون بطور دقیق مشخص نشده است که چه مقدار زمین در اثر شور شدن به تدریج از چرخه تولید خارج می‌شوند ولی آنچه که مسلم است قطعاً تولید غذا از طریق سامانه‌های کشت آبی مورد تهدید قرار گرفته است. گرچه این چالش‌ها از قبل شکل گرفته‌اند ولی برای تأمین غذای این جمعیت روزافزون، توسعه کشت آبی از ضروریات است.

برای تولید غذای بیشتر و کافی باید اقدامات زیر صورت پذیرد.

- تولید بیشتر از هر واحد حجم آبیاری
- تولید بدون تخریب محیط زیست
- افزایش درآمد کشاورزان کشورهای در حال توسعه و در نتیجه کاهش سطح فقر

لذا اهداف و اقدامات فوق برای مدیران صنعت آب، کشاورزان و دست‌اندرکاران بخش آبیاری و زهکشی یک وظیفه جدی و در خور توجه محسوب می‌شود.

اصلاح مدیریت آب در سامانه‌های آبیاری و زهکشی یک نقطه شروع است. ما می‌دانیم که سامانه‌های آبیاری و زهکشی بسیار زیادی وجود دارند که با کمتر از ظرفیت واقعی خود کار می‌کنند. خدمات کافی به کشاورزان ارائه نمی‌شود و توزیع آب به صورت غیر عادلانه و غیر مطمئن صورت می‌گیرد. بهره‌وری آب پائین‌تر از سطح قابل قبول است و فعالیت‌های آبیاری در افزایش آلودگی محیط زیست سهیم هستند. البته بسیاری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی هم خوب عمل می‌کنند که

می‌توان از آنها درس آموخت، ولی سامانه‌های با عملکرد نامطلوب هم بسیارند که باید عملکرد آنها را اصلاح نمود.

۱-۲- نگاه کلی

ارزیابی عملکرد را می‌توان بررسی روشمند، مستندسازی و تفسیر و توضیح فعالیت‌های مرتبط با کشت آبی و با هدف اصلاح مداوم تعریف کرد. ارزیابی عملکرد فعالیتی است که برنامه‌ریزی و راهبری را پشتیبانی کرده و به مدیریت پروژه کمک می‌کند تا دریابد که آیا عملکرد رضایت‌بخش است، یا خیر و اگر نیست چه اقدامات اصلاحی و در کجا باید انجام شود تا وضعیت بهبود یابد. ارزیابی، در فرآیند آبیاری و زهکشی دیدگاه‌هائی را مطرح می‌نماید تا مدیران، کشاورزان و برنامه‌ریزان بتوانند کار خود را به صورتی جدید و با بهره‌وری بیشتر و کارآتر به انجام برسانند.

جریان به هنگام و روشمند برای دستیابی به اطلاعات واقعی (اندازه‌گیری یا جمع‌آوری شده) در رابطه با جنبه‌های کلیدی پروژه، شرط اساسی نظارت بر عملکرد بوده و به عنوان ابزاری مؤثر در خدمت مدیریت می‌باشد. این داده‌ها باید اطلاعات کافی را برای مدیران فراهم آورد تا به دو سؤال ساده زیر پاسخ داده شود (موری- راست و اسنلن[1] ۱۹۹۴):

- **"آیا کارها را صحیح انجام می‌دهم؟"** محتوای این سؤال حاکی از آن است که آیا به سطحی از خدمات یا عملیاتی که در نظر گرفته شده و از قبل مقرر گردیده (و یا روی آن توافق شده است) دست یافته‌ایم و یا خیر. این امر پایهٔ ارزیابی عملکرد مطلوب در زمینه راهبری است.
- **"آیا کارهای صحیح را انجام می‌دهم؟"** هدف این سؤال درک این نکته است که آیا هدف‌های اصلی آبیاری و زهکشی محقق شده است و یا خیر. و در صورت

1- Murray-Rust and Snellen

تحقق، ثمربخش بوده است یا خیر. این سؤال بخشی از فرآیند ارزیابی عملکرد راهبردی است.

عملکرد راهبری[1]، عملکرد راهبری در رابطه با اجرای معمول روش‌های راهبری است که مبتنی بر مشخصات از قبل معین شده می‌باشد. این ارزیابی اختصاصاً به اندازه‌گیری میزان دستیابی به سطح هدف‌های فرعی یا نهائی در یک مقطع زمانی از برنامه می‌پردازد و لذا نیازمند اطلاعات واقعی در مورد منابع بکار رفته و نتایج اندازه‌گیری شده حاصل از بکارگیری این منابع می‌باشد.

عملکرد راهبردی[2]، این عملکرد فعالیتی طولانی‌تر است که میزان بهره‌برداری از تمام منابع قابل استفاده را برای رسیدن به سطحی کارآ از خدمات و عملیات را، ارزیابی می‌کند و نیز دستیابی یا عدم تحقق، به عملیات و خدمات منطبق با اهداف اصلی را بررسی می‌نماید. در این فعالیت، معمولاً از مجموعه شاخص‌هائی در زمان‌های مختلف استفاده شده و میزان تغییرات آنها در مقاطع زمانی مربوطه بررسی می‌گردد. عملکرد راهبردی برای تغییر در اهداف بلند مدت مورد استفاده قرار گرفته و همچنین برای تغییر روش‌های راهبری بکار می‌رود تا تقاضای در حال تغییر کشاورزان، مدیران و اجتماع را برآورده نماید.

منابع موجود در این زمینه، صرفاً محدود به منابع مالی نبوده، بلکه منابع طبیعی اساسی (زمین و آب) و انسانی نیز، که مسئول راهبری، نگهداری و مدیریت سامانه‌های آبیاری و زهکشی هستند، را در برمی‌گیرند. مدیریت راهبردی نه تنها مدیران سامانه، بلکه کارکنان و مقامات بالاتر مؤسساتی که در سطوح ملی برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری می‌کنند، را نیز در برمی‌گیرد.

1- Operational Performance
2- Strategic Performance

۱-۳- استفاده از نتایج ارزیابی عملکرد

ارزیابی عملکرد در زمینه‌های مختلفی به شرح زیر بکار می‌رود:

- ارزیابی عملکرد راهبری نشان می‌دهد که مدیران طرح چگونه برنامه‌ها را اجرا کرده‌اند. این ارزیابی می‌تواند همه جوانب تولید را در بر گرفته یا به فرآیندهای کوچک‌تری، مانند سامانه اصلی تحویل آب، تحویل آب در مزرعه، تولید محصول و مانند اینها تقسیم شود. بکارگیری هر یک از موارد فوق به سطح مورد نیاز تجزیه و تحلیل‌کننده بستگی دارد.
- ارزیابی عملکرد راهبردی که بوسیله دولت یا صاحبان سامانه‌ها برای آگاهی از چگونگی انجام عملیات یک پروژه یا پروژه‌ها و نحوه مصرف منابع در دسترس صورت می‌گیرد.
- ارزیابی عملکرد تشخیصی که توسط مدیران پروژه و برای شناسایی علل عملکرد بالا یا پایین، انجام می‌شود.
- ارزیابی عملکرد تشخیصی که برای دستیابی مشاوران به ابزار لازم در زمینه طراحی، اصلاح و احیاء سامانه انجام می‌شود.
- ارزیابی عملکردی که از طرف دولت یا دیگر نهادها برای نظارت بر اینکه آیا سامانه‌ها اهداف تعیین شده را برآورده نموده‌اند یا خیر انجام می‌گردد.
- ارزیابی عملکرد و تجزیه و تحلیل تشخیصی که بوسیله سازمان‌های تحقیقاتی و برای شناسایی علل اصلی عملکرد بالا و پایین در طرح‌های آبیاری صورت می‌پذیرد.
- ارزیابی عملکرد سنجشی که برای مقایسه عملکرد یک پروژه با پروژه‌های مشابه دیگر به منظور تعیین معیارها و استانداردهای مناسب برای رسیدن به عملکرد بالاتر مورد عمل قرار می‌گیرد.
- ارزیابی مقایسه‌ای پروژه‌ها با پروژه‌های دیگری که عملکرد مطلوب دارند و به منظور بکارگیری همان روش‌ها انجام می‌گردد.

ارزیابی عملکرد برای هر نوع سامانه آبیاری و زهکشی کوچک مقیاس تا بزرگ مقیاس با مالکیت کشاورز یا تجاری، دارای سازه‌های تقسیم آب ساده یا پیچیده، با مدیریت‌های گوناگون و در نهایت سامانه‌های با فن‌آوری بالای کنترل رایانه‌ای در خروجی‌ها، امکان‌پذیر است.

جزئیات ارزیابی عملکرد در هر مورد تغییر می‌کند ولی چارچوب کلی فرآیند ارزیابی، مشابه است. روش‌های اجرای ارزیابی عملکرد ارتباط با مقاصد ارزیابی و نوع پروژه دارد. بطوری که نحوه ارزیابی پروژه کوچک مقیاس آبیاری با مالکیت و مدیریت کشاورزان با طرح‌های بزرگ مقیاس آبیاری با مالکیت‌های تجاری و مدیریت مرکزی، متفاوت خواهد بود.

امکان ارزیابی در یک سامانه مجهز به وسائل اندازه‌گیری در نقاط تقسیم با سامانه‌ای که وسائل اندازه‌گیری ندارد، متفاوت است.

سعی شده است که این کتاب به عنوان راهنمایی برای طراحی و اجرای برنامه‌های ارزیابی عملکرد در موقعیت‌های متفاوت کشاورزی آبی موجود در جهان، کمک لازم را ارائه نماید.

۱-۴- چارچوب راهنما

در فصل دوم کتاب چارچوب کلی برای طراحی و اجرای برنامه ارزیابی ارائه گردیده است. این چارچوب هم برای مطالعات تحقیقاتی موردی و هم برای برنامه‌های ارزیابی فصلی و سالیانه مدیران سامانه‌های آبیاری و زهکشی در سال‌های متمادی مناسب است. این فصل تئوری و مراحل ارزیابی عملکرد را معرفی نموده و زمینه‌ای را برای ارائه مطالب فصول بعدی ارائه می‌کند. فصل سوم با تأمین اطلاعاتی که در فصل دوم راجع به شاخص‌های مورد استفاده در برنامه ارزیابی عملکرد ارائه گردیده است بنا می‌گردد. توجه به خصوصیات، نوع و ماهیت شاخص‌ها قبل از تهیه راهنمای انتخاب شاخص‌های عملکرد برای موقعیت‌های خاص ضروری است. چنانچه تهیه راهنمای انتخاب شاخص‌ها برای موارد خاص ممکن نباشد تعدادی از شاخص‌های معمول که برای ارزیابی عملکرد مناسب تشخیص داده شده و معرفی

گردیده است انتخاب می‌گردد. شاخص‌های فوق‌الذکر بانضمام مرجع و کاربرد هر یک از این شاخص‌ها در ضمیمه شماره ۲ آمده است در فصل چهارم استفاده از ارزیابی عملکرد با دیدگاه ارتقاء سطح خدمات و افزایش عملکرد توسط مدیریت برنامه شبکه تشریح می‌گردد. این فصل مدیریت ارائه خدمات را در انواع برنامه‌های سامانه طراحی می‌کند بطوریکه با توجه به محدودیت‌های زمانی، مالی و پرسنلی برنامه ارزیابی عملکرد را اجرا نماید. فصل پنجم در جهت انجام تحلیل‌های تشخیصی پروژه‌های آبیاری و زهکشی راهکارهائی را ارائه و نحوه تهیه دستورالعمل‌های تشخیص و اصلاح نقائص و محدودیت‌های فراراه عملکرد را بیان می‌نماید. فصل ششم به مدیریت اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی عملکرد با تأکید بر دقت و مقرون به صرفه بودن جمع‌آوری اطلاعات می‌پردازد.

۱-۵- منابع:

Murray-Rust, D.H. and Snellen, W.B. (1993) *Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*. Joint IIMI/ILRI/IHEE Publication. International Irrigation Management Institute, Columbo, Sri Lanka.

فصل دوم

چارچوب ارزیابی عملکرد

۲-۱- تعریف مسئله

در این فصل، چارچوب کلی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی مطرح شده است. فصول بعدی کتاب که براساس این چارچوب پایه‌گذاری شده‌اند، جزئیات مراحل مختلف اجرای برنامه ارزیابی عملکرد را ارائه می‌نماید.

تعیین مراحل کار و پیشبرد برنامه‌های ارزیابی عملکرد، به یک چارچوب نیازمند می‌باشند. در منابع مختلف، چارچوب‌های متعددی برای ارزیابی عملکرد پیشنهاد شده‌اند. برخی چارچوب‌ها برای یک سامانه خاص تدوین شده و تعدادی دیگر عمومی‌تر می‌باشند. شاخص‌ترین افرادی که به فرمول‌بندی چارچوب‌های عمومی در این زمینه پرداخته‌اند، عبارتند از: بوترال[۱] (۱۹۸۱)، آبرنتی[۲] (۱۹۸۴)، آد و مک کورنیک[۳] (۱۹۸۹)، سوندسن[۴] (۱۹۹۰)، اسمال و سوندسن[۵] (۱۹۹۲) و موری- راست و اسنلن[۶] (۱۹۹۳). چارچوب مورد بررسی در این کتاب براساس کار انجام شده توسط بورتن[۷] و موتوتوا[۸] (۲۰۰۲) بنا نهاده شده است.

چارچوب ارزیابی عملکرد مشخص می‌کند که در یک سامانه چرا ارزیابی عملکرد لازم است، برای انجام آن چه اطلاعاتی مورد نیاز است، چه روش‌هائی برای تحلیل

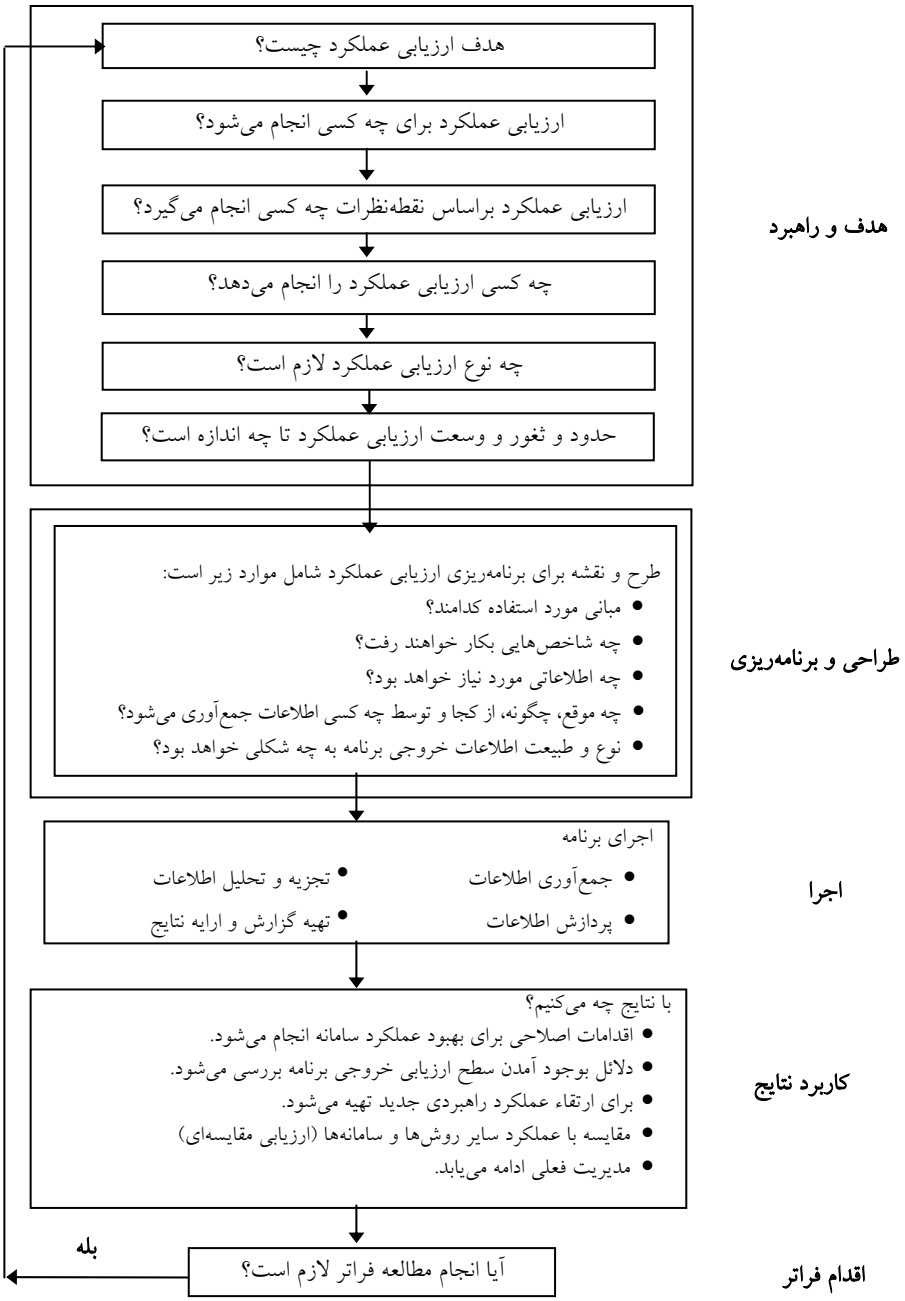
1- Bottrall
2- Abernethy
3- Oad and McCornik
4- Svendsen
5- Small and Svendsen
6- Murray- Rust and Snellen
7- Burton
8- Mututwa

بکار خواهد رفت، چه کسی اطلاعات تهیه شده را مورد استفاده قرار می‌دهد و به پرسش‌هایی از این دست پاسخ می‌دهد. بدون وجود چارچوب مناسب، برنامه ارزیابی عملکرد ممکن است در زمینه تأمین اطلاعات لازم، ارائه متناسب و درک صحیح از آن با شکست مواجه شود.

مجموعه‌ای از سؤالات مختلف، بنیاد چارچوب ارزیابی عملکرد را پی‌ریزی می‌کند (شکل ۲-۱). اولین قدم، هدف و راهبرد برنامه است، که گسترهٔ وسیع‌تری را مدنظر قرار می‌دهد، مانند اینکه ارزیابی برای چه کسی انجام می‌شود، نقطه نظرات چه کسی مورد توجه قرار خواهد گرفت، چه کسی برنامه را اجرا می‌کند و نوع ارزیابی و دامنه آن چگونه است. هنگامی که در خصوص این مسائل تصمیم گرفته شد، طراحی برنامه ارزیابی عملکرد با انتخاب مبانی مناسب و شاخص‌های مورد نیاز امکان‌پذیر شده و اطلاعات مورد نیازی را که باید جمع‌آوری شود مشخص می‌کند. آنگاه اجرای برنامه از قبل تدوین شده، با شروع جمع‌آوری اطلاعات و تحلیل آن آغاز می‌گردد. آخرین بخش برنامه ارزیابی، بهره‌گیری از اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق بررسی و تحلیل آنها در حالات متنوع و ممکن از جمله، تبدیل اطلاعات به دوره‌های با اهداف بلند مدت تا تعیین راهبرد و بهبود روش‌ها و برنامه‌های روزانه برای سامانه مدیریت، راهبری و نگهداری از تأسیسات پروژه می‌باشد.

۲-۲- هدف و راهبرد

اولین قدم در تدوین برنامه ارزیابی عملکرد، اتخاذ تصمیم در مورد هدف و گستره ارزیابی است. مسئله کلیدی در این تصمیم‌گیری، این نکات است، که ارزیابی برای چه کسی انجام می‌شود، نقطه نظرات چه نهادی باید در ارزیابی ملحوظ گردد و نهایتاً نوع و میزان گستردگی و حدود ارزیابی تا کجاست. لازم است برای این بخش از کار که چارچوب مراحل بعدی است، وقت کافی منظور گردد.



شکل ۲-۱- چارچوب ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی

۲-۲-۱- هدف

همانطور که در هر پروژه و برنامه‌ای، تعیین هدف و نتایج مورد انتظار از انجام کار، از ارکان اساسی است، در برنامه ارزیابی عملکرد نیز باید از ابتدای امر هدف مشخص گردد. در این راستا اهداف و منظورها در سه سطح زیر تعیین می‌شوند:

۱- منطق انجام کار

۲- هدف کلی

۳- اهداف خاص

منطق برنامه، دلائل ضرورت انجام ارزیابی عملکرد را تشریح می‌کند. هدف‌های کلی نیز اهداف اصلی را بیان می‌نمایند، در حالی که اهداف خاص، تعیین‌کننده جزئیات اقدامات برای رسیدن به اهداف کلی را ترسیم می‌نماید (جدول ۲-۱).

تنظیم سطوح مختلف اهداف کلی و خاص و تعیین آنها در برنامه ارزیابی عملکرد همیشه روشن و مشخص نیست، لذا در این مرحله از برنامه‌ریزی لازم است دقت شود که این اهداف قبل از شروع ارزیابی به روشنی تعریف شوند.

جدول ۲-۱- مثال برای منطق ضرورت انجام ارزیابی و هدف‌های آن

منطق ضرورت ارزیابی	لازم است مدیریت آب در تمام مزارع واقع در سامانه آبیاری و زهکشی* بهبود یابد تا زندگی بهتری بدست آید.
هدف کلی	تعیین اقدامات قابل اجرا و پایدار مدیریت آب که به افزایش تولید محصول می‌انجامد و از آن طریق درآمد جامعه کشاورزی را ارتقاء می‌دهد.
اهداف خاص	کنترل و هدایت برنامه‌های تخصیص آب براساس نیاز در تمام نقاط کنترل (آبگیرهای درجه ۱، ۲ و ۳) - تحلیل بهره‌وری آب در حال حاضر و تعیین اراضی برای بهبودبخشی و اصلاح - تدوین برنامه راهبرد برای بهبود. - اجرای راهبرد. - پایش و ارزشیابی اثرات.

* واژه «سامانه آبیاری و زهکشی» به شبکه کانال‌های آبیاری و زهکشی و سازه‌های مرتبط به آن اطلاق می‌گردد. این واژه به مجموعه آبیاری و زهکشی، اراضی تحت آبیاری، روستاهای تحت پوشش، جاده‌ها و نظائر آن گفته می‌شود.

۲-۲-۱-۱- برای کدام شخص یا سازمانی؟

ارزیابی عملکرد می‌تواند برای کارفرمایان متنوعی از جمله موارد زیر انجام گیرد.

- دولت
- سازمان‌های سرمایه‌گذار
- مدیران سامانه‌های آبیاری و زهکشی
- کارکنان سامانه‌های آبیاری و زهکشی
- کشاورزان (آب‌بران)
- سازمان‌های تحقیقاتی

سازمانی که ارزیابی عملکرد برای او انجام می‌گیرد با اهداف ارزیابی پیوستگی نزدیکی دارد.

۲-۲-۱-۲- از دیدگاه کدام شخص یا سازمانی؟

انجام ارزیابی عملکرد یک سامانه آبیاری ممکن است از جانب یک و یا چند سازمان و کارفرما سفارش داده شود اما اهداف هر یک از آنها از انجام این کار، می‌تواند مختلف باشد. به عنوان مثال ممکن است مقامات دولتی ارزیابی عملکرد سامانه را به یک سازمان تحقیقاتی محول نمایند تا از این طریق اثرات عملکرد سامانه بر زندگی کشاورزان را بررسی کنند. از طرفی، ممکن است کشاورزان و آب‌بران نیز برنامه ارزیابی عملکرد سامانه را به همان مؤسسه یا سازمان دیگری واگذار کنند اما هدف آنها پاسخ این سؤال باشد که آیا خدماتی که توسط سازمان متولی راهبری به آنها ارائه می‌شود کافی و متناسب با هزینه‌ای است که از ایشان دریافت می‌گردد؟.

۲-۲-۱-۳- بوسیله کدام شخص یا سازمانی؟

سازمان‌های متنوع یا افراد مختلف، قابلیت‌های متفاوتی در انجام ارزیابی عملکرد دارند و لذا انتخاب یک تشکیلات خاص برای انجام ارزیابی، بستگی به اهداف کار و روش انتخابی برای انجام آن دارد (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲- نمونه‌هایی در زمینه پاسخ به اینکه ارزیابی عملکرد برای کدام شخص یا سازمان، از دیدگاه کدام شخص و یا سازمان و بوسیله کدام شخص یا سازمانی ممکن است انجام گردد.

برای کدام شخص یا سازمانی؟	از دیدگاه کدام شخص یا سازمانی؟	بوسیله کدام شخص یا سازمانی؟
مدیریت سامانه	مدیریت سامانه	مدیریت سامانه و کارکنان
دولت	دولت (مثلاً: بازده سرمایه‌گذاری پیشنهادی)	مشاور
دولت	بطور عموم کل جامعه و بطور اخص مصرف‌کنندگان آب	مسئولین قانون‌مند دولتی
سازمان‌های سرمایه‌گذار	کشاورزان (تأمین معاش)	مشاور
جامعه علمی	مدیریت سامانه	مؤسسه تحقیقاتی/ دانشگاه
کشاورزان	کشاورزان	مشاور

برنامه ارزیابی عملکرد راهبری و نگهداری باید بگونه‌ای باشد که کارکنان سامانه قادر باشند عملکرد طرح را نظارت و ارزشیابی نمایند. یک سازمان دولتی ممکن است مشاوری را انتخاب کند که ارزیابی عملکرد سامانه را با هدف افزایش سرمایه‌گذاری انجام دهد در حالیکه یک تیم تحقیقاتی دانشگاهی ممکن است یک برنامه مطالعاتی را برای شناسایی و تعیین فاکتورهای طبیعی و اصلی تأثیرگذار بر عملکرد سامانه به اجرا بگذارد.

۲-۳- نوع ارزیابی

اسمال و سوندسن[1] در سال ۱۹۹۲ چهار نوع مختلف ارزیابی عملکرد را تعریف کرده‌اند که می‌توان «تحلیل تشخیصی» را به عنوان تعریف پنجم به آن اضافه کرد.

۱- راهبری[2]

1- Small and Svendsen
2- Operational

۲- مسئولیت‌پذیری[1]
۳- بهبودبخشی در بازه‌های زمانی[2]
۴- پایداری[3]
۵- تجزیه و تحلیل تشخیصی[4]

نوع ارزیابی عملکرد به اهداف آن وابسته است و در واقع محققین فوق این روش‌ها را به عنوان منطق ضرورت انجام ارزیابی عملکرد معرفی نموده‌اند.

ارزیابی عملکرد راهبری، به ارزشیابی، پایش و هدایت روزانه و یا فصلی سامانه مربوط می‌شود. ارزیابی عملکرد مسئولیت‌پذیری، برای دستیابی به میزان مسئولیت‌پذیری و عملکرد اشخاصی است که مدیریت سامانه را به عهده دارند. ارزیابی عملکرد بهبودبخشی، به منظور مطالعه عملکرد سامانه بطور کلی و روش‌های بهبود عملکرد سامانه انجام می‌شود. ارزیابی عملکرد با لحاظ کردن پایداری سامانه، به منابعی که در درازمدت، پروژه را حمایت کرده و به پایداری آن کمک نمایند توجه می‌کند. در تحلیل تشخیصی، توجه و جستجو در راستای یافتن علت یا علت‌های عملکرد نامطلوب و تعیین راهکارهایی برای برطرف کردن آن به منظور بهبود عملکرد سامانه است. در فصل پنجم این کتاب، بهبودبخشی و تجزیه و تحلیل تشخیصی در ارزیابی عملکرد با تفصیل بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۳-۱- ارزیابی داخلی یا خارجی

اینکه ارزیابی عملکرد مربوط به یک سامانه است (ارزیابی داخلی) و یا سامانه‌های مختلف را با هم مقایسه می‌کند (ارزیابی خارجی) از اهمیت زیادی برخوردار است.

مسئله قابل توجه ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی، پیچیدگی و تنوع آنها می‌باشد. این گوناگونی برای مقایسه عملکرد سامانه‌ها مسئله آفرین است. بعضی سامانه‌ها توسط آب‌بران، برخی دیگر به صورت مشارکتی و یا خصوصی مدیریت می‌شوند. آبیاری در بعضی از سامانه‌ها به صورت ثقلی و در برخی دیگر به طریق تحت فشار و یا انواع دیگر است. تاکنون روش همسانی برای طبقه‌بندی سامانه‌های

1- Accountability
2- Intervention
3- Sustainability
4- Diagnosis Analysis

آبیاری و زهکشی معرفی نشده است لذا همواره در این زمینه که آیا در این مقایسه دو سامانه مشابه هستند یا نه، بحث وجود دارد. در جدول ۲-۳ فهرست کوتاهی از ویژگی‌های کلیدی سامانه‌های آبیاری و زهکشی ارائه شده است (مشروح در ضمیمه شماره ۱). این فهرست می‌تواند برای انتخاب سامانه‌های با خصوصیات کلیدی مشابه به منظور مقایسه با یکدیگر بکار برده شود.

به هر حال مقایسه بین انواع مختلف سامانه‌ها می‌تواند ارزشمند باشد. به عنوان نمونه ممکن است مقامات دولتی بخواهند عملکرد سامانه‌های خصوصی مشارکتی با سهامداران فراوان و سامانه‌های خصوصی با سرمایه‌گذاری فردی را مقایسه نمایند. گرچه این دو گونه سامانه با دو نوع متفاوت مدیریت و اهداف مختلف اداره خواهند شد، اما مقایسه عملکردشان در رابطه با بهره‌وری و اثربخشی منابع بکار برده شده (اراضی، آب، سرمایه، کار) به لحاظ ضوابط و مبانی مورد عمل و نحوه سیاست‌گذاری و تخصیص منابع، از اهمیت و ارزش خاص برخوردار است.

کاربرد روش ارزیابی عملکرد مقایسه‌ای[1] سامانه‌های آبیاری و زهکشی که نوعی ارزیابی عملکرد خارجی محسوب می‌گردد. بطور روزافزون معمول گردیده است. در این روش، سامانه مورد ارزیابی با سامانه‌ای که بهترین عملکرد را داشته باشد، مقایسه می‌شود و تفاوت‌هایی که به اختلاف در عملکرد آنها منجر گردیده است جستجو می‌شوند. در بدو امر ممکن است توجه به مقایسه شاخص‌های خروجی متمرکز گردد. (تحویل آب، تولید محصول و غیره) و سپس برای درک اینکه: (۱) چه عاملی باعث اختلاف در عملکرد شده است و (۲) چه اقداماتی باید انجام شود تا عملکرد سامانه را افزایش دهد، تجزیه تحلیل تشخیصی بکار گرفته می‌شود.

انتخاب مبانی ارزیابی عملکرد بسته به اینکه آیا ارزیابی داخلی است و توجه به هدف‌های خاص در یک سامانه معطوف است و یا ارزیابی خارجی است، صورت می‌گیرد. سامانه‌های مختلف هدف‌های متفاوتی با درجات متفاوت وضوح یا عدم وضوح اهداف خواهند داشت در حالی که ممکن است یک سامانه را که هدف آن بطور شفاف تعریف شده و تحقق یافته باشد (مثلاً موفقیت را در تأمین و تضمین معیشت خوب برای ۱۰۰۰ نفر بداند) موفق تلقی نمود. اگر براساس یک ضابطه خارجی، تولید محصول به ازای واحد حجم آب ارزیابی شود و یا تأثیرگذاری سامانه بر محیط

1- Benchmarking

زیست مورد ارزیابی قرار گیرد، یک عملکرد مطلوب محسوب نمی‌شود. این مطلب گفته‌های پیشین را، «که ارزیابی عملکرد غالباً به دورنمای فکری عوامل انسانی بستگی دارد» قوت می‌بخشد. بدیهی است که آبیاری برای کشاورزان بالادست مفید و برای کشاورزان و ماهیگیران پایین‌دست رودخانه مضر خواهد بود و این دو دیدگاه بر ارزیابی اثرگذارند.

جدول ۲-۳- ویژگی‌های کلیدی سامانه‌های آبیاری و زهکشی

معرف	گزینه‌های ممکن	توضیحات تشریحی	مثال
مساحت قابل آبیاری	-	تعیین‌کننده اهمیت سامانه براساس بزرگ، متوسط و کوچک مقیاس.	۸۵۶۷ هکتار
مساحت تحت آبیاری سالیانه	مساحت آبیاری شده با آب سطحی و آب زیرزمینی	تراکم کاربری اراضی و موازنه آب زیرزمینی و سطحی برای آبیاری را نشان می‌دهد.	۷۲۶۷ هکتار شامل ۴۲۵۳ هکتار آب سطحی ۳۰۱۴ هکتار آب زیرزمینی
اقلیم	خشک- نیمه خشک، مرطوب حاره‌ای، مدیترانه‌ای	مشخص‌کننده نوع آب و هوای منطقه و انواع محصولاتی که در آن رشد می‌کند می‌باشد.	مدیترانه‌ای
متوسط بارش سالیانه (P)	-	وابسته به آب و هوای منطقه و تعیین‌کننده میزان آب لازم برای آبیاری و یا آب اضافی برای زهکشی است.	۴۴۰ میلی‌متر
متوسط تبخیر و تعرق سالیانه گیاه مرجع (ET_o)	-	وابسته به آب و هوای منطقه و تعیین‌کننده مقدار آب مورد نیاز است.	۷۸۰ میلی‌متر
منبع تأمین‌کننده آب	ذخیره سطحی- آب زیرزمینی- انشعاب از رودخانه- استفاده تلفیقی از آب زیرزمینی و آب سطحی	نشان‌دهنده موجودیت و قابلیت اعتماد تأمین آب آبیاری است.	مخزن چند ساله در بالادست رودخانه- سفره آب زیرزمینی
روش تأمین آب	آرتزین- پمپاژ- ثقلی	این ویژگی تعیین‌کننده الگو و هزینه تأمین آب است.	تأمین ثقلی از رودخانه- پمپاژ از آب زیرزمینی
سازه‌های انتقال آب	کانال روباز- پوشش‌دار و پوشش نشده- لوله	این ویژگی، ظرفیت و سطح عملکرد را تعیین می‌کند.	کانال روباز، پوشش شده در سطح کانال‌های درجه یک و دو

ادامه جدول ۲-۳- ویژگی‌های کلیدی سامانه‌های آبیاری و زهکشی

ویژگی	گزینه‌های ممکن	توضیحات تشریحی	مثال
نوع شبکه توزیع آب	برحسب نیاز طراحی شده- براساس میزان تأمین طراحی شده	سطح ظرفیت بهره‌برداری را نشان می‌دهد.	طراحی براساس نیاز
روش غالب آبیاری در مزرعه	- سطحی: فارو- کرتی تسطیح شده- نواری- غرقابی- شیاری کرتی - تحت فشار: بارانی، تفنگی[1]- نیمه ثابت[2]- حرکت چرخشی[3]- قطره‌ای- زیرزمینی[4]	سطح پیشرفتگی بهره‌برداری را نشان می‌دهد.	روش غالب فارو، با قسمتی بارانی و قطره‌ای در حال توسعه
محصولات اصلی (با درصد سطح زیر کشت)	-	تعیین‌کننده نوع زراعت است.	پنبه ۵۳٪- انگور ۲۷٪ ذرت ۱۷٪- بقیه ۳٪
متوسط اندازه مزارع	-	این ویژگی برای مقایسه سامانه‌ها مهم است که آیا بزرگ مقیاس یا کوچک مقیاس هستند.	۰/۵-۵ هکتار (۲۰٪) ۵-۲۰ هکتار (۴۰٪) ۲۰-۵۰ هکتار (۲۰٪) بیشتر از ۵۰ هکتار (۲۰٪)
نوع مدیریت	سازمان دولتی- شرکت خصوصی- سازمان مشترک دولتی و کشاورز با مدیریت کشاورز	این ویژگی بر سطح عملکرد تأثیرگذار است.	سامانه رودخانه‌ای دولتی، سامانه‌های کانال‌های درجه ۱ و ۲ - بوسیله انجمن‌های مصرف‌کننده آب

۲-۳-۲- گستره / حدود ارزیابی عملکرد

گستره عملیات ارزیابی عملکرد سامانه و حدود آن باید مشخص گردد. حدود اساسی شامل حدود مکانی و زمانی هستند. حدّ مکانی تعیین‌کننده مساحت تحت

1- Gun
2- Lateral Move
3- Center-Pivot
4- Subsurface

پوشش سامانه یا سامانه‌هایی است که ارزیابی عملکرد برای آنها انجام می‌شود (و لذا می‌تواند از اراضی تحت پوشش یک کانال درجه دو تا کل سامانه آبیاری گسترده باشد). حدّ زمانی تعیین‌کننده دوره ارزیابی عملکرد است (از یک هفته تا یک فصل و تا چندین سال می‌تواند متغیر باشد).

سایر حدود نسبت به دو حد فوق کمتر مطرح می‌باشند. به عنوان مثال می‌توان گفت آیا ارزیابی عملکرد تنها به مسائل فنی معطوف است یا باید مسائل سازمانی و مالی را نیز در بر گیرد. مثلاً قوانین موجود مرتبط با آب تا چه اندازه بر ایجاد تعاونی‌ها یا مشارکت‌های آب‌بران و یا در واگذاری مدیریت سامانه‌های آبیاری و زهکشی به آنها، تأثیرگذار است.

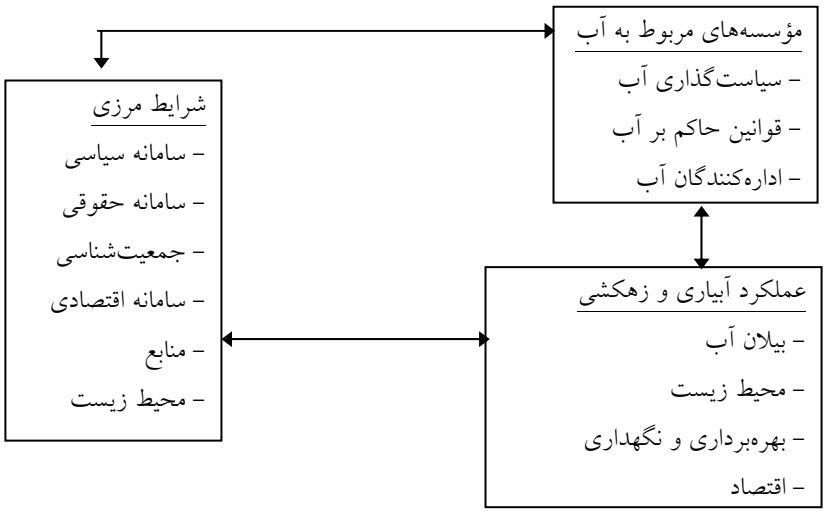
کاربرد نگرش روشمند[1] ابداعی توسط آقای اسمال[2] و سوندسن[3] در سال ۱۹۹۲ می‌تواند به درک بیشتر تعریف حدود و گستره برنامه ارزیابی عملکرد، کمک نماید. روش نگرش روشمند، بر داده‌ها، فرآیندها، خروجی‌ها و اثرات آنها تمرکز می‌کند. اندازه‌گیری خروجی‌ها (مثلاً تحویل آب به آبگیرهای کانال‌های درجه ۳) اطلاعات مربوط به تأثیرپذیری استفاده از ورودی‌ها (آبگیری در آبگیر احداث شده بر روی رودخانه) را تأمین می‌نماید. فرآیند تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها اثرات بر وضعیت پایین دست را نشان می‌دهد- به عنوان مثال الگوی تحویل آب به آبگیرهای درجه ۳ بر میزان تولید محصول بدست آمده توسط کشاورز تأثیر می‌گذارد.

اندازه‌گیری دبی کانال‌ها در خصوص نحوه عملکرد سامانه، اطلاعات لازم را ارائه می‌کند، لیکن به میزان ناچیزی درباره عملکرد کل سامانه آبیاری و زهکشی، اطلاعات در اختیار می‌گذارد. برای کسب اینگونه اطلاعات و ارزیابی عملکرد سامانه لازم است تا گستره مطالعات را به اراضی کشاورزی تحت آبیاری نیز تسری داده و داده‌های مورد نیاز را استخراج نمود. برای ارتباط دادن بین عملکرد سامانه آبیاری (یعنی تأمین کافی و به موقع آب) با اقتصاد کشاورزی (یعنی درآمد کشاورز) با توجه به

1- System Approach
2- Small
3- Svendsen

متغیرهای زیادی که در تأمین آب و درآمد حاصل از تولید محصول توسط زارعین دخالت دارند، باید دقت زیادی مبذول گردد.

گزینه‌های مختلفی را در این زمینه می‌توان تعریف و مورد استفاده قرار داد. در این رابطه مثالی در شکل ۲-۲ نشان داده شده است:



شکل ۲-۲- عملکرد آبیاری و زهکشی در ارتباط با ساختارهای سازمانی گسترده

انتخاب ضوابط و شاخص‌های ارزیابی عملکرد، مستلزم تصمیم‌گیری در خصوص سامانه‌هائی است که باید در انجام ارزیابی عملکرد همراه با مؤلفه‌های ذیربط (شامل داده‌ها، فرآیندها، خروجی‌ها و اثرات) در نظر گرفته شوند. در برنامه ارزیابی عملکرد ممکن است سطح خروجی‌ها (تولید محصول) مورد توجه قرار داشته باشد، و یا ثمربخشی منابع مورد استفاده (از جمله تولید به ازای واحد سطح کشت و یا واحد حجم آب، بودجه، کار و نظایر آن) مد نظر قرار گیرد. همچنین ممکن است ارزیابی عملکرد با توجه به فرآیندها صورت گیرد (راندمان انتقال آب در کانال‌ها). تأثیرگذاری ممکن است در ارتباط با قوانین و مقررات و یا حفاظت از محیط زیست

باشد (مانند میزان شوری آب زهکش‌ها). لازم نیست که تمامی سامانه‌ها و یا همه سطوح در یک سامانه مورد مطالعه قرار گیرند، بلکه مهم این است که در مورد زمینه‌ای که ارزیابی عملکرد بر آن اساس پایه‌ریزی شده است، آگاهی کافی وجود داشته باشد.

۲-۴- طراحی برنامه ارزیابی عملکرد

پس از آنکه رویکرد به برنامه ارزیابی عملکرد با توجه به هدف و راهبرد مشخص شد، ارزیابی عملکرد می‌تواند طراحی شود. اصول کلیدی مورد توجه در این رابطه عبارتند از:

- چه ضوابطی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- چه شاخص‌هائی برای ارزیابی بکار خواهند رفت؟
- چه اطلاعاتی مورد نیاز خواهد بود؟
- توسط چه کسی، چگونه، در کجا و چه موقعی اطلاعات جمع‌آوری می‌شود؟
- فرم اطلاعات خروجی مورد نیاز چگونه است؟

۲-۴-۱- مبانی ارزیابی عملکرد و هدف‌های سامانه

مفاهیمی مانند مبانی ارزیابی عملکرد، شاخص‌های ارزیابی عملکرد و مقادیر عملکرد، در ادبیات این حرفه توسط افراد مختلف با معانی متفاوتی بیان شده است. تعاریف زیر برای روشن کردن واژه‌های مبانی ارزیابی عملکرد، اهداف، شاخص‌های ارزیابی عملکرد و اهداف کوتاه مدت پیشنهاد شده است.

۱- اهداف مربوط به مبانی (i) بیشینه کردن تولید کشاورزی؛ (ii) اطمینان از میزان توزیع عادلانه آب بین کلیه کشاورزان؛ و (iii) بهینه نمودن راندمان توزیع آب تعریف می‌شوند.
۲- برای اندازه‌گیری مبانی می‌توان از شاخص‌های ارزیابی عملکرد استفاده نمود.
۳- شاخص‌های تعیین شده برای ارزیابی عملکرد، اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه آنها را مشخص می‌کنند.
۴- سپس اطلاعات می‌توانند جمع‌آوری، پردازش و تحلیل گردند.

۵- اگر مقادیر هدف، استانداردها، مأخذ، یا مقادیر پایه شاخص‌های عملکرد در اختیار باشد ارزیابی عملکرد امکان‌پذیر می‌شود.

در انتخاب مبانی ارزیابی عملکرد باید مشخص گردد که آیا ارزیابی برای مقایسه با هدف‌ها و ضوابط تدوین شده برای خود سامانه انجام می‌گردد، یا نسبت به گزیده‌ای از اهداف و یا مبانی ارزیابی سنجیده می‌شود. نمونه‌ای از اینکه این ضوابط و استانداردها از کجا اقتباس یا استخراج می‌شود در جدول ۲-۴ آورده شده است. در این مورد هدف‌های کوتاه مدت اراضی زیر کشت و تولید محصول (تحت عنوان تولید محصول و ارزش آن) همچنین می‌تواند برای ارزیابی پایداری سامانه در طول زمان تحت بررسی و کنترل قرار گیرد.

در حالیکه ممکن است اهداف یک سامانه بیان شده باشد، اما ارزیابی را می‌توان براساس مبانی مختلف انجام داد جدول (۲-۵). به عنوان مثال ممکن است دولت براساس نیازهای اقتصادی کشور ارزیابی عملکرد سامانه را مورد توجه قرار دهد و یا اثرات و پایداری محیط زیست مدنظر باشد. به بهانه اینکه این مبانی در اهداف اولیه یک سامانه بیان نشده است، نمی‌توان تلقی کرد که سامانه نمی‌تواند بر مبنای چنین شرایطی که به شدت مورد توجه دولت است ارزیابی شود. به عنوان نمونه ممکن است در یک سامانه، افزایش جمعیت به عنوان یکی از هدف‌ها، آورده نشده باشد، لیکن سازمان قانون‌گذار محیط زیست برای حفظ محیط و براساس استانداردهای خود در نظر گرفتن آن را در ارزیابی عملکرد ضروری دانسته باشد.

در بعضی منابع در مورد ارزیابی عملکرد آورده شده است که ارزیابی باید براساس مجموعه اهدافی انجام شود که برای سامانه تعریف شده است. بدیهی است که این یک نقطه شروع است، اما همانگونه که ایجیر و بورتون[1] (در ۱۹۹۸) دریافتند، اگر برای یک سامانه بطور صریح اهدافی تعیین نشده باشد این روش با شکست مواجه خواهد شد.

1- Ijir and Borton

جدول ۲-۴- نمونه ارتباط بین اهداف، مبانی، شاخص‌های ارزیابی عملکرد و نتیجه نهائی مورد نظر. مأخذ: محاسبات سامانه آبیاری ماگومبو در سومالی توسط بورتون (۱۹۹۳)

هدف	ضابطه	شاخص عملکرد	مقدار هدف کوتاه مدت
به حداکثر رساندن اراضی زیر کشت	بهره‌وری	تراکم کشت	۲۰۵۲ هکتار (۱۰۰٪)
به حداکثر رساندن تولید محصول	بهره‌وری	کل تولید محصول	۷۶۰۰ تن
به حداکثر رساندن بهای کل محصول تولیدی	بهره‌وری	کل بهای محصول تولیدی	۱۰۶۷۲۴۸ دلار
به حداکثر رساندن تولید بهره‌وری آب	بهره‌وری	بهره‌وری آب، مقدار محصول بازای مصرف واحد حجم آب	۰/۱۶ کیلوگرم در مترمکعب ۰/۰۲۳ دلار در مترمکعب
به حداکثر رساندن عدالت در تحویل آب	عدالت	مساحت طراحی شده به مساحت کشت شده نسبت عملکرد تحویل آب	۱ SD<٪۱۰

بطوریکه توسط موری راست[1] و اسنلن[2] در سال ۱۹۹۳ مطرح شده است تعیین مجموعه اهداف، امری حیاتی در یک فرآیند مدیریتی است. تعدادی از نکات کلیدی مربوط به تعیین اهداف برای مدیریت آبیاری و ارزیابی عملکرد در زیر آورده شده است:

۱- صریح[3] یا تلویحی[4]. اهداف هنگامی که به روشنی تعیین و بیان شوند، صریح و آشکار هستند اما اگر از پیش فرض شده و مورد قبول واقع شده باشند ضمنی یا تلویحی محسوب می‌گردند. مثلاً در طرح آبیاری گنگز کوباداک[5] واقع در بنگلادش هدف آشکار تولید غذا بوده است ولی یک هدف تلویحی (اساسی) نیز جلوگیری از سیل و باتلاقی شدن اراضی تحت پوشش پروژه توسط رودخانه گنگ بوده است. در ارزیابی عملکرد، شناسائی هر دو نوع هدف حائز اهمیت است.

1- Murray-Rust
2- Snellen
3- Implicit
4- Explicit
5- Gangs Kobadak

۲- سلسله مراتب اهداف. اهداف در سطوح مختلف در داخل سامانه و یا سامانه‌ها قرار می‌گیرند. سلسله مراتب اهدافی که توسط ساگاردوی[1] و همکارانش (۱۹۸۲) شناسایی شده‌اند به ترتیب اهمیت و برتری عبارتند از:

- عرضه مناسب آب
- استفاده مناسب از منابع کشاورزی
- فروش سودآور محصولات کشاورزی
- ارتقاء وضعیت اجتماعی
- بهبود رفاه و تسهیلات اجتماعی کشاورزان

هر یک از این اهداف به نوبه خود مهم هستند و مقبولیت آنها در یک سطح بدین معنی است که در سطوح بالاتر نیز ممکن است رضایت‌بخش باشند. سلسله مراتب اهداف، ابزار مهمی برای برنامه‌ریزی در یک چارچوب منطقی محسوب می‌شود.

۳- رده‌بندی یا ارزش‌گذاری وزنی اهداف. در یک سامانه ممکن است تعداد زیادی اهداف قابل رؤیت وجود داشته باشد. بطوریکه برای ارزیابی عملکرد لازم باشد اهداف مذکور به لحاظ برتری طبقه‌بندی یا وزن‌گذاری شده و ارزیابی بگونه‌ای انجام گیرد که چگونگی تحقق هدف‌ها به صورت فردی و یا در ارتباط با یکدیگر ارزیابی گردد. این فرآیند معمولاً به عنوان تجزیه و تحلیل چند منظوره نامگذاری می‌شود. یک مثال از وزن‌گذاری و طبقه‌بندی اهداف، با در نظر گرفتن اینکه سامانه آبیاری یک مزرعه دولتی است و یا توسط آب‌بران محلی اداره می‌شود، در جدول ۲-۶ ارائه شده است. هدف ارتقای توزیع عادلانه آب در سامانه اداره‌شونده توسط کشاورزان محلی بیشتر مورد توجه است، در حالی که در سامانه با تفکر مدیریت دولتی، افزایش درآمد حاصل از تولیدات کشاورزی از اولویت اصلی برخوردار می‌باشد. روش مشابهی در آنالیز ارزیابی عملکرد با مبانی رقابتی توسط مولدن و گیتز[2] (۱۹۹۰) و برت و استایلز[3] (۱۹۹۹) بکار رفته است.

1- Sagardoy
2- Molden and Gates
3- Burt and Styles

جدول ۲-۵- مبانی از نظر شخص برای عملکرد خوب سامانه

نوع فرد	اولین ضابطه ممکن برای عملکرد خوب سامانه
کارگران بدون زمین	تقاضا برای افزایش کارگر، روزهای کار و دستمزد
کشاورزان	تحویل آب کافی، سهل‌الوصول، قابل پیش‌بینی و به موقع
مهندس آبیاری	تحویل آب با راندمان بالا از آبگیرها به کانال‌های درجه ۳
متخصص اقتصاد کشاورزی	تولیدات بالا و پایدار محصولات کشاورزی و درآمدها
متخصص اقتصاد	نرخ بازگشت داخلی[1] بالا
متخصص اقتصاد دولتی	توزیع یکسان درآمدها، به خصوص به گروه‌های محروم

۲-۴-۲- شاخص‌های عملکرد

عملکرد بوسیله شاخص‌ها اندازه‌گیری می‌شود و برای این اندازه‌گیری باید اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری و ثبت گردد.

در این فصل، شاخص‌های عملکرد با توجه به موقعیت آنها در چارچوب ارزیابی، معرفی می‌شوند. توضیحات تفصیلی در مورد شاخص‌ها، در فصل سوم ارائه شده است.

رابطه بین مبانی و آنچه که عملکرد در ارتباط با آن ارزیابی می‌شود و شاخص‌هائی که برای اندازه‌گیری مبانی بکار می‌روند بسیار مهم است. در شکل شماره ۲-۳ سامانه‌های همبسته‌ای مانند آبیاری، کشاورزی و اقتصاد کشاورزی نشان داده شده‌اند که رابطه بین مبانی ارزیابی و شاخص‌های مندرج در جدول ۲-۷ را مشخص می‌نماید. باید توجه شود که ضابطه ارزیابی، مثل عدالت در توزیع، می‌تواند براساس سامانه‌ای که به آن وابسته است، تعریف متفاوتی داشته باشد. در بعضی مواقع در نظر گرفتن شاخص‌های حاوی داده‌های ورودی و خروجی در تعدادی از سامانه‌ها مفید خواهد بود. در این خصوص مثال‌هائی در جدول (۲-۸) آورده شده است.

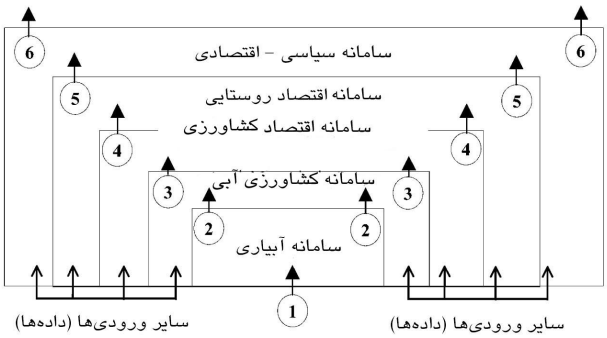
1- Internal Rate of Return

برای این شاخص‌ها می‌توان حد بالای مقادیر را منظور نمود و یا میزان بدست آمده آنها در محل خاص و یا زمان خاص را با مقادیر مشابه که در سایر مکان‌ها اندازه‌گیری شده مورد مقایسه قرار داد و به عنوان تغییرات مکانی یا تغییرات زمانی معرفی نمود. لذا مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص‌ها، می‌تواند با مقادیر مطلوب داخل سامانه و یا با مقادیر مشابه سایر سامانه‌ها مقایسه شود.

جدول ۲-۶- مقایسه اهداف، وزن‌ها و طبقه‌بندی به تفکیک وضعیت مزرعه و طرح استقرار

اهداف	وضعیت مزرعه		طرح استقرار		شاخص ارزیابی	مقدار هدف
	وزن‌گذاری	طبقه‌بندی	وزن‌گذاری	طبقه‌بندی		
به حداکثر رساندن اراضی زیر کشت	۶	V	۱۰	II	مساحت زیر کشت	۲۰۵۲ ha(100%)
به حداکثر رساندن کل تولید محصول	۱۰	IV	۶	III	کل تولید محصول	تن ۷۶۰۰
به حداکثر رساندن ارزش کل تولید محصول	۱۰	I	۶	IV	ارزش کل تولید محصول	دلار ۱۰۶۷۲۳۸
به حداکثر رساندن بهره‌وری اراضی	۱۰	II	۱۰	V	بهره‌وری آب	مترمکعب/کیلوگرم ۰/۱۶
به حداکثر رساندن بهره‌وری آب	۱۰	III	۱۰	VI	ارزش تولید محصول در واحد حجم آب	(مترمکعب/دلار)۰/۰۲۳
به حداکثر رساندن عدالت در تأمین آب	۰	VI	۱۰	I	مساحت اراضی طراحی شده به مساحت اراضی زیر کشت	۱/۰۰
					نسبت عملکرد تحویل	SD(10%)

* در وزن‌گذاری، ۱ پایین‌ترین و ۱۰ بالاترین نمره- در طبقه‌بندی I بالاترین و VI پایین‌ترین است.



ورودی به خروجی در هر سامانه

۱) بهره‌برداری از تأسیسات آبیاری
۲) تأمین آب محصولات
۳) تولید محصولات کشاورزی
۴) درآمد بخش روستایی
۵) توسعه اقتصاد روستایی
۶) توسعه در سطح ملی

شکل ۲-۳- آبیاری در زمینه سامانه‌های همبسته (1992, Svendsen, Small)

جدول ۲-۷- مثال‌هائی از ارتباط بین مبانی و شاخص‌های ارزیابی عملکرد با راهبری و نگهداری (O&M)

مبانی	(الف) شاخص عملکرد		
	(ب) سامانه آبیاری و زهکشی	(ب) سامانه کشاورزی آبی	(ب) سامانه کشاورزی اقتصادی
ارتفاع مفید آب	نسبت سطح آب	–	–
کفایت	نسبت کلی مصرف نسبت عملکرد تحویل	تولید محصول نسبت به نیاز غذائی خانوار	ارزش نقدی تولید محصول نسبت به خط فقر تعیین شده
عدالت	نسبت کلی مصرف نسبت عملکرد تحویل	توزیع مکانی در وضعیت: نوع محصول عملکرد محصول تراکم کشت	توزیع مکانی در وضعیت درآمد مزرعه.
اعتمادپذیری	نسبت کلی مصرف نسبت عملکرد تحویل آب	تعداد سال‌هایی که تولید محصول کافی یا رضایت‌بخش بوده است.	تعداد سال‌هایی که درآمد از محصول تولیدی رضایت‌بخش بوده است.
راندمان	نسبت کلی مصرف نسبت کاربرد مزرعه نسبت خروجی آب به ورودی آن	عملکرد محصول	ضریب راهبری و نگهداری
بهره‌وری	–	عملکرد محصول	مرز کلی تولید نرخ بازگشت داخلی
سودآوری	–	–	سود حاصل از مزرعه بازگشت سرمایه (EIRR)
پایداری	بهره‌دهی سازه‌ها عمق آب زیرزمینی مقدار شاخص برای شوری	پایداری اراضی تحت آبیاری	خودکفائی مالی ضریب راهبری و نگهداری نسبت جمع‌آوری آب‌بها

الف: برای آشنایی با شاخص‌ها فصل ۳ مطالعه شود.

ب: جزئیات تفصیلی در شکل ۲-۳.

جدول ۲-۸- نمونه‌هائی از شاخص‌های مورد استفاده در ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه‌های مختلف

مبانی	نمونه شاخص	سامانه تحت پوشش
بهره‌وری	بهره‌وری اراضی (هکتار/کیلوگرم)	سامانه آبیاری سامانه کشاورزی آبی
بهره‌وری	بهره‌وری آب (هکتار/دلار)	سامانه آبیاری سامانه اقتصاد کشاورزی

۲-۴-۳- اطلاعات مورد نیاز

با توجه به تعاریف ارائه شده برای مبانی ارزیابی و شاخص‌های عملکرد، اطلاعات مورد نیاز تعیین می‌شوند (جدول ۲-۹).

جدول ۲-۹- ارتباط بین شاخص‌های عملکرد و داده‌های مورد نیاز

شاخص (الف)	تعریف	واحدها	داده‌های لازم
تراکم کشت	مساحت واقعی اراضی کشت شده / مساحت اراضی آبیاری شده	٪	مساحت واقعی اراضی کشت شده (هکتار) مساحت اراضی آبیاری شده (هکتار)
عملکرد محصول	مقدار تولید محصول / مساحت اراضی زیرکشت	کیلوگرم هکتار	تولید محصول (کیلوگرم) مساحت اراضی زیر کشت (هکتار)
نسبت مصرف کل	نیاز آبی محصول منهای بارندگی مؤثر / حجم آب تأمین شده به سطح زیر سامانه	-	نیاز آبی محصول (میلی‌متر) میزان بارندگی مؤثر (میلی‌متر)
بهره‌وری آب	مقدار برداشت محصول / حجم آب آبیاری تأمین شده	کیلوگرم مترمکعب	تولید محصول (کیلوگرم) مساحت اراضی زیر کشت (هکتار) حجم آب مصرف شده (مترمکعب)

الف: تعریف تفصیلی این شاخص‌ها در فصل سوم آمده است.

۲-۴-۴- جمع‌آوری اطلاعات (چه کسی، چگونه، کجا و چه موقع)

در زمان طراحی برنامه ارزیابی عملکرد، تعیین اینکه چه کسی این اطلاعات را جمع‌آوری می‌کند و با چه روش و چگونه، در کجا و چه موقع، بسیار مهم است. توضیحات تفصیلی برای این بخش، در فصل ششم داده شده است. لذا آنچه در این جا گفته می‌شود در زمینه چارچوب ارزیابی عملکرد است.

برای محاسبه شاخص‌ها، ممکن است همه و یا بخشی از اطلاعات مورد نیاز نظیر مساحت زیر کشت موجود باشد و یا ممکن است اطلاعات بیشتری مورد نیاز باشد که جمع‌آوری آنها روش‌های خاص و یا تجهیزات ویژه‌ای را طلب نماید (نظیر سطح‌سنج اتوماتیک ثبات برای اندازه‌گیری مداوم دبی کانال‌ها). در بودجه ارزیابی عملکرد باید برای هزینه‌های مرتبط با جمع‌آوری اطلاعات و اجرای برنامه، اعتبار لازم تخصیص داده شود.

برای درک عملکرد یک سامانه آبیاری، جمع‌آوری اطلاعات برای تمام نقاط سامانه، نه مورد نیاز، نه اقتصادی و نه مفید خواهد بود. برنامه ارزیابی عملکرد باید بگونه‌ای طراحی شود که نمونه‌های انتخابی بتوانند معرف کل سامانه بوده و تحلیل‌های کافی را برای تأمین نیازها امکان‌پذیر نماید. مثلاً در یک کانال درجه سه هنگامی که عملکرد مدیریت توزیع آب آبیاری ارزیابی می‌شود باید نمونه‌ها از ابتدا، میانه و انتهای کانال انتخاب شوند.

پس از تعیین اطلاعات مورد نیاز، برنامه و نحوه جمع‌آوری آنها تنظیم خواهد شد. مثالی از برنامه ارزیابی عملکرد بوسیله مدیریت یک سامانه آبیاری در جدول ۲-۱۰ آورده شده است.

همچنین می‌توان ماتریسی که شاخص‌های ارزیابی و نیازهای اطلاعاتی را نشان دهد طراحی نمود (جدول ۲-۱۱). بطوریکه از مثال ارائه شده مشخص می‌شود، بعضی از داده‌ها برای محاسبه شاخص‌های متعدد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۴-۵- شکل خروجی برنامه

در مرحله برنامه‌ریزی ارزیابی عملکرد، پیش‌بینی نوع و شکل خروجی‌های برنامه، مفید خواهد بود. آماده کردن پیش‌نویسی از برنامه ارائه گزارش و فهرست جداول و نمودارها و محتوای مورد انتظار از آنها، به حصول اطمینان نسبت به اینکه اطلاعات جمع‌آوری شده کفایت دارند، کمک می‌کند. مثالی در جدول ۲-۱۲ در این خصوص برای درک عملکرد تأمین آب آبیاری در سطح سامانه ارائه شده است.

تهیه جداول و نمودارهای ساده برای فرم‌های مربوط به خروجی برنامه، به صورتی که استفاده‌کننده ارزیابی عملکرد از گزارشات انتظار دارد، مفید خواهد بود. مثلاً کارکنان غیر فنی به نموداری که روند کاهش کیفیت آب نسبت به زمان را با اطلاعات بسیار زیاد و مفصل نشان می‌دهد علاقمند نیست، در حالیکه کارکنان فنی، همراه با نمودار، به جداول حاوی اطلاعات وسیع‌تری نیز نیاز دارد.

۲-۵- اجرای برنامه

پس از طراحی برنامه ارزیابی عملکرد، مرحله اجرائی که شامل تهیه روش جمع‌آوری، پردازش، تحلیل و گزارش اطلاعات می‌باشد، مطرح می‌شود. به مقتضای طبیعت برنامه ارزیابی عملکرد، اجرای برنامه ممکن است در یک بازه کوتاه زمانی (یک هفته‌ای) یا طولانی‌تر (چند ساله) انجام پذیرد. در هر وضعیتی، ضروری و ارزشمند است که پردازش و تجزیه و تحلیل تعدادی از اطلاعات جمع‌آوری شده (اگر نه تمام آن) برای خطایابی و انجام اقدامات اصلاحی در جای لازم و در طول اجرای کار، انجام شود.

در مورد جمع‌آوری اطلاعات، پردازش، تحلیل و تدوین گزارش در فصل ششم با جزئیات بیشتر توضیح داده شده است.

۲-۵-۱- کاربرد نتایج خروجی

کاربرد نتایج بدست آمده از برنامه ارزیابی عملکرد، بسته به هدف آن، متفاوت است. موارد استفاده از این نتایج به هدف و انگیزه اولیه از انجام برنامه ارزیابی عملکرد، بستگی دارد.

عملیاتی که پس از اخذ نتایج ارزیابی عملکرد و جمع‌بندی آنها ممکن است انجام گیرد، به شرح زیر می‌باشد:

۱- بازنگری و تعیین مجدد اهداف راهبردی و یا اهداف میان مدت.

۲- بازنگری و تعیین مجدد اهداف راهبری و یا اهداف میان مدت.

۳- اجرای اقدامات اصلاحی، مانند:

- آموزش نیروی انسانی
- احداث سازه‌های جدید
- انجام تعمیرات فشرده و جامع
- تدوین برنامه‌های زمان‌بندی شده جدید
- تغییر در روش‌های آبیاری
- بازسازی سامانه
- به روز در آوردن سامانه
- ایجاد سامانه زهکشی در مزرعه

جدول ۲-۱۰- نمونه‌ای از روش جمع‌آوری اطلاعات (چه کسی- چگونه- کجا و چه موقع)

اطلاعات مورد نیاز	واحد	چه کسی	چگونه	کجا	چه موقع
اراضی قابل آبیاری	هکتار	مدیریت طرح	از نقشه‌های طراحی یا بانک اطلاعاتی طرح	در اداره	-
تولید محصول	کیلوگرم	کارشناس کشاورزی طرح	مصاحبه با کشاورزان	در واحدهای درجه ۳ نمونه انتخابی	در انتهای فصل
مساحت واقعی زیرکشت	هکتار	کارشناس کشاورزی طرح	اطلاعات دریافتی از کشاورزان و/ یا کنترل نقطه‌ای در مزرعه	برای تمام طرح با انتخاب نمونه در اراضی زیر کانال‌های درجه ۳	در طول فصل آبیاری
تولید محصول در واحد سطح	کیلوگرم در هکتار	کارشناس کشاورزی طرح	برداشت محصول	برای تمام طرح با انتخاب نمونه در اراضی زیر کانال‌های درجه ۳	در زمان برداشت محصول
نیاز آبی گیاه	میلیمتر در روز	کارشناس کشاورزی یا مهندس آبیاری	با محاسبه از روش‌های استاندارد (مثلاً CROPWAT یا CRIWAR)	برای تمام طرح با انتخاب نمونه در اراضی زیر کانال‌های درجه ۳	در طول فصل آبیاری
بارندگی	میلیمتر در روز	مسئولان آب	استفاده از باران‌سنج	نقاطی در داخل طرح	روزانه
دبی واقعی	مترمکعب در ثانیه	مسئولان آب	قرائت وسیله‌های اندازه‌گیری دبی	در نقاط نمونه انتخابی زیر کانال‌های درجه ۳	روزانه
مدت زمان واقعی آبیاری	ساعت	مسئولان آب	قرائت وسیله‌های اندازه‌گیری دبی	در نقاط نمونه انتخابی زیر کانال‌های درجه ۳	روزانه
دبی پیش‌بینی شده	مترمکعب بر ثانیه	مدیریت طرح	از طریق دریافت نظرات کشاورزان	در اداره	هفتگی
مدت زمان پیش‌بینی شده آبیاری	ساعت	مدیریت طرح	از طریق دریافت نظرات کشاورزان	در اداره	هفتگی
بهای محصول در بازار	دلار در کیلوگرم	کارشناس کشاورزی طرح	مصاحبه با کشاورزان و دلالان	روستاها و بازار	در انتهای فصل

جدول ۲-۱۱- تشریح نحوه ارتباط بین شاخص‌های ارزیابی عملکرد و جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات لازم	واحد	درصد تراکم کشت (٪)	تولید محصول (هکتار/کیلوگرم)	نسبت کلی مصرف	ثمربخشی آب (مترمکعب/کیلوگرم)	نسبت عملکرد تحویل	تولید محصول در واحد سطح (هکتار/دلار)	تولید بازای واحد حجم آب (مترمکعب/دلار)
اراضی قابل آبیاری	هکتار	✓						
تولید محصول	کیلوگرم		✓		✓		✓	✓
مساحت واقعی اراضی زیر کشت	هکتار	✓	✓				✓	
عملکرد محصول	هکتار/کیلوگرم		✓					
نیاز آبی گیاه	میلیمتر			✓				
بارندگی	میلیمتر			✓				
دبی واقعی	مترمکعب در ثانیه			✓	✓	✓		✓
مدت زمان واقعی آبیاری	ساعت			✓	✓	✓		✓
دبی پیش‌بینی شده	مترمکعب در ثانیه					✓		
مدت زمان پیش‌بینی شده آبیاری	ساعت					✓		
بهای محصول در بازار	کیلوگرم/دلار						✓	✓

توضیح: مثال‌های فوق از برنامه ارزیابی عملکرد یک سامانه کامل توسط مدیریت آن با هدف دستیابی به یک دیدگاه و برداشت کلی از عملکرد سیستم استخراج شده است.

جدول ۲-۱۲- نمونه‌ای از جداول و اشکال مورد استفاده در برنامه ارزیابی عملکرد

	توضیحات
شماره شکل فرضی	
۱	نقشه جانمایی سامانه آبیاری
۲-۱۰	هیدروگراف دبی- زمان (روزانه) در محل آبگیرهای اصلی، درجه ۲ و درجه ۳ انتخابی
۱۱-۱۶	هیستوگرام نشان‌دهنده عمق آبیاری در تعدادی از مزارع انتخاب شده به عنوان نمونه
۱۷-۲۲	هیستوگرام نشان‌دهنده نسبت عملکرد تحویل آب در تعدادی از مزارع انتخاب شده به عنوان نمونه
شماره جداول فرعی	
۱	جدول خلاصه عملکرد تنظیم‌کننده‌های سطح‌سنج در آبگیرها از جمله کل سطح سامانه، سطح آبیاری شده، حجم آب (MCM)، تعداد کل روزهای آبیاری در طول فصل، متوسط دبی در واحد سطح (لیتر در ثانیه در هکتار)
۲-۶	جدول خلاصه سطح قابل کشت در اراضی تحت کنترل، مساحت زیرکشت، نوع گیاهان کشت شده، تراکم کشت در اراضی زیر کانال‌های درجه ۱ و نمونه اراضی زیر کانال‌های درجه ۲ و درجه ۳.
۷-۱۲	جدول خلاصه اطلاعات جمع‌آوری شده در سطح مزرعه از جمله، برای هر مزرعه نمونه شامل: مساحت، نوع محصول، تعداد دفعات آبیاری، عمق‌های آبیاری، دوره‌های آبیاری (فاصله بین آبیاری‌ها)، حداکثر کمبود رطوبت خاک، کل آب تأمین شده، کل آب تخمین زده شده مورد نیاز، تولید محصول و بهای محصولات در بازار.
۱۳-۱۸	جدول خلاصه نتایج محاسبات: تولید در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار)، تولید بازای واحد حجم آب تأمین شده (کیلوگرم در مترمکعب)، نتایج خروجی در واحد سطح (دلار در هکتار)، خروجی بازای واحد حجم آب تأمین شده (دلار در مترمکعب).

۲-۶- اقدامات فراتر

براساس نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد سامانه، ممکن است نیاز به مطالعات بیشتری احساس شود. همانطور که در فصل اول بحث شد و در فصل پنجم گفتگو در مورد آن ادامه خواهد یافت، ارزیابی عملکرد کمترین فاصله را با علت‌یابی و تشخیص ضعف‌های سامانه دارد. غالباً مواردی مطرح می‌شود که یک برنامه ارزیابی عملکرد اولیه، به تشخیص مناطقی که به مطالعات، اندازه‌گیری‌ها و اقدامات بیشتری نیاز دارند، منجر می‌شود و لذا جمع‌آوری اطلاعات بیشتر برای شناسایی علت‌های ریشه‌ای مسائل و محدودیت‌ها در آن مناطق، ضرورت پیدا می‌کند.

وقتی ارزیابی عملکرد، علل ریشه‌ای بروز یک مسئله یا محدودیتی را روشن می‌کند، ممکن است لازم باشد مطالعات فراتری انجام شود تا اقدامات اجرائی برای حل آن مسائل معین گردد: مثلاً برای برطرف کردن مسئله ماندابی شدن اراضی، نقشه‌برداری از مزرعه برای تدوین برنامه کار از ضروریات خواهد بود.

۲-۷- توجه:

چارچوب منطقی: در طراحی یک پروژه، کنترل و زیر نظر گرفتن و برآورد نظارت و ارزشیابی ابزاری معمول برای سازمان‌های سرمایه‌گذار به منظور مشخص کردن اهداف پروژه بطور شفاف، مقاصد مورد نظر، خروجی‌ها و اقدامات بعدی می‌باشد.

۲-۸- منابع:

Abernethy, C.L. (1984) *Methodologies for Studies of Irrigation Water Management*. Report OD/TN 9. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Bottrall, A.F. (1981) *Comparative Study of the Management and Organisation of Irrigation Projects*. World Bank Staff Working Paper No. 458. World Bank, Washington, DC.

Burt, C.M. and Styles, S.W. (1999) Modern water control and management practices in irrigation – impact on performance. Water Report No. 19, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Burton, M.A. (1993) A simulation approach to irrigation water management. Unpublished PhD thesis, University of Southampton, UK.

Burton, M.A. and Mututwa, I.M. (2002) A methodology for performance assessment of irrigation and drainage systems (draft paper).

Chambers, R. (1988) *Managing Canal Irrigation: Practical Analysis from South Asia*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ijir, T.A. and Burton, M.A. (1998) Performance assessment of the Wurno Irrigation Scheme, Nigeria. *ICID Journal*, 47 (1). International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi.

Molden, D.J. and Gates, T.K. (1990) Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *ASCE*, 116(6).

Murray-Rust, D.H. and Snellen, W.B. (1993) *Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*. Joint IIMI/ILRI/IHEE Publication. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Mututwa, I.M. (2002) A framework for performance assessment of irrigation and drainage schemes. Unpublished MPhil thesis, University of Southampton, UK.

Oad, R. and McCornick, P.G. (1989) Methodology for assessing the performance of irrigated agriculture. *ICID Bulletin* 38 (1). International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi.

Sagardoy, J.A, Bottrall, A. and Uittenbogaard, G.O. (1982) Organisation, operation and maintenance of irrigation schemes. Irrigation and Drainage Paper No. 40, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

Small, L.E. and Svendsen, M. (1992) *A Framework for Assessing Irrigation Performance*. IFPRI Working Papers on Irrigation Performance No. 1. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, August.

Svendsen, M. (1990) Choosing a perspective for assessing irrigation system performance. Paper presented at the FAO Regional Workshop on Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Bangkok, Thailand, 22–26 October.

فصل سوم

شاخص‌های ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی

۳-۱- مشخصات و کاربرد شاخص‌های ارزیابی عملکرد

همانطور که از تعاریف مندرج در فصل اول استنباط می‌شود، ارزیابی عملکرد ابزاری است برای:

الف- بهبود و ارتقاء سطح خدماتی که مؤسسات مرتبط با آبیاری ارائه می‌کنند.

ب- بهبود راندمان بهره‌برداری از منابع آب

اطمینان از اینکه شاخص‌های انتخابی برای کمی کردن جنبه‌های مختلف کارکرد یک سامانه آبیاری، قادرند عملکرد آن را براساس اهداف تعریف شده تبیین کنند، از اهمیت والایی برخوردار است. یک شاخص مناسب و مطلوب، می‌تواند برای رسیدن به دو هدف مجزا مورد استفاده قرار گیرد: به مدیر نشان دهد که عملکرد سامانه هم اکنون در چه وضعیتی است و در تلفیق با سایر شاخص‌ها، به او کمک کند تا بهترین راهکار را برای بهبود عملکرد سامانه شناخته و بکار گیرد. بدین ترتیب، این شاخص مدیر را یاری می‌دهد تا با شناخت برخی جنبه‌های ضعیف یا ناقص در مجموعه عملکرد سامانه، قبل از آنکه اثرات و پیامدهای نادرست آنها، عملکرد کل سامانه را تضعیف و تخریب کرده و هزینه‌های هنگفتی را برای بازسازی تحمیل کنند، آنها را متوقف کرده و یا اصلاح نماید.

در رابطه با ویژگی‌های مطلوب و مورد نیاز شاخص‌های ارزیابی عملکرد، توضیحات کافی و مشروح در جدول شماره ۳-۱ ارائه شده است.

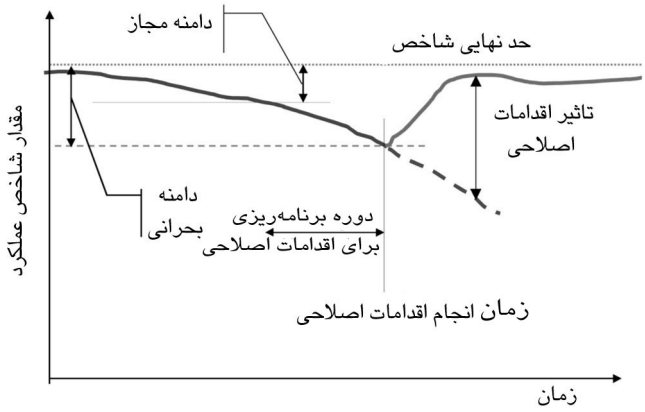
همانگونه که اشاره شد، غایت مقصود از ارزیابی عملکرد، دستیابی به سامانه‌ای کارآمد، مؤثر و مولد در آبیاری و زهکشی می‌باشد تا با فراهم آوردن بازخورد و تعامل مناسب در تمام سطوح مدیریتی، به شناسایی و حل مشکلات و نارسایی‌ها

کمک کند. بدین ترتیب، ارزیابی عملکرد، ابزاری مناسب برای مدیران و سیاست‌گذاران خواهد بود تا مطلوب بودن یا نبودن عملکرد را تشخیص داده و در صورت مطلوب نبودن آن، نسبت به شناسائی نارسایی‌ها و اقدامات اصلاحی که باید صورت گیرد تا موقعیت بهبود یابد، اقدام نمایند.

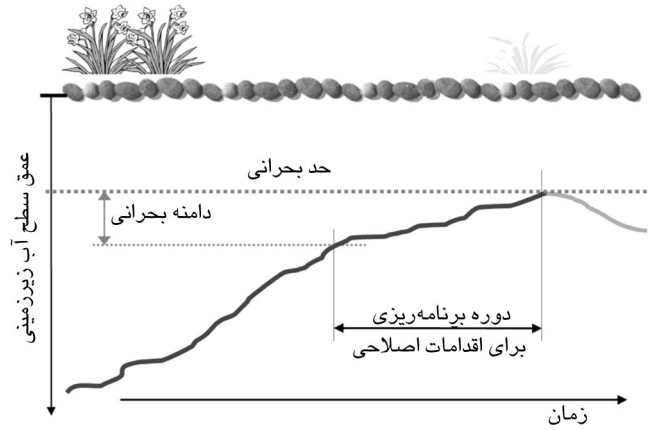
برای تعیین سطح مطلوبیت عملکرد، باید مجموعه‌ای بهنگام و پویا از داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شده یا جمع‌آوری شده) مربوط به عوامل کلیدی پروژه را همواره با مقادیر حداکثر (مطلوب) یا حداقل (بحرانی) آنها مقایسه نموده و محک زد. این مقایسه به دو صورت قابل انجام می‌باشد:

- از طریق یک شاخص عملکرد (بدون بُعد) که نسبت بین مقدار واقعی و مقدار مطلوب (یا بحرانی) پارامترهای کلیدی را ارائه می‌کند (شکل ۳-۱). همانگونه که در فصل دوم ذکر شد، شاخص باید دارای یک مقدار بهینه باشد که براساس موافقتنامه‌ها و قراردادها معین می‌شود. در محدوده این مقدار نیز، دامنه قابل قبولی برای تغییرات وجود دارد که مقدار شاخص می‌تواند بدون نیاز به اقدامات اصلاحی از جانب مدیریت سامانه، نوسان نماید. بنابراین چنانچه شاخص از این دامنه تجاوز نماید، تشخیص علت امر و برنامه‌ریزی برای انجام اقدامات اصلاحی مورد نیاز خواهد بود.
- از طریق مقایسه مقدار واقعی (اندازه‌گیری شده) یک پارامتر کلیدی با مقدار مطلوب (یا بحرانی) آن (شکل ۳-۲). در این شکل تغییرات این پارامتر به عنوان تابعی نسبت به متغیر زمان، از لحظه وارد شدن به محدوده بحرانی تا رسیدن به سطح (سقف) بحران رسم شده است. زمان ورود این پارامتر به محدوده بحران، مقطع شروع اقدامات تشخیصی و اصلاحی محسوب می‌گردد.

هر دو نوع شاخص می‌توانند علاوه بر زمان، با توجه به توزیع مکانی نیز تجزیه و تحلیل شوند.



شکل ۳-۱- اصطلاحات مربوط به استفاده از شاخص عملکرد بدون بعد



شکل ۳-۲- تغییر یک پارامتر (عمق آب زیرزمینی) در طول زمان و مقایسهٔ آن با حد بحرانی مربوطه (برای جلوگیری از شوری زمین)

جدول ۳-۱- ویژگی‌های شاخص‌های ارزیابی عملکرد، (باس و همکاران ۱۹۹۴)

مبانی علمی

شاخص باید دارای یک ساختار علت و معلولی بوده و از لحاظ آماری قابل آزمون و به طور تجربی قابل اندازه‌گیری باشد. این مدل مربوط به آن بخش از فرآیند آبیاری می‌شود که آن را توصیف می‌کند. تمایزات میان اصول تئوریک و تجربی شاخص باید روشن باشد. یعنی نباید توسط قالب و شکل آن شاخص مخفی گردد. برای تسهیل در مقایسهٔ بین‌المللی مطالعات ارزیابی عملکرد، شاخص‌ها می‌باید هر چقدر که امکان دارد، به طور یکسان یا مقایسه‌ای طراحی شوند (باس و نوگترن ۱۹۹۰، ICID ۱۹۷۸، ولترز ۱۹۹۲).

شاخص‌ها باید قابل کمی شدن باشند.

داده‌های لازم برای کمی شدن شاخص باید در دسترس یا با فن‌آوری‌های موجود قابل دستیابی (قابل اندازه‌گیری) باشند. اندازه‌گیری‌ها باید تکرارپذیر باشند.

ارجاع به مقدار مطلوب یا بحرانی

البته این خصوصیت، در تعریف یک شاخص عملکرد دیده می‌شود. این مطلب متضمن آن است که ارتباط و مناسبت مقادیر بحرانی یا مطلوب و حدود تعبیرات آن را می‌توان برای شاخص تعیین کرد. این مقادیر (و دامنه مجاز انحرافشان) باید هماهنگ با سطح فن‌آوری و مدیریت باشد (باس و همکاران ۱۹۹۱).

فراهم آوردن اطلاعات بدون پیش داوری

کمال مطلوب آن است که طراحی شاخص‌های عملکرد گرفتار مبانی اخلاقی محدودکننده نشود. در عمل، تحقق این امر بسیار دشوار است چون حتی امور فنی نیز مشمول قضاوت‌های ارزشی می‌شوند (اسمال ۱۹۹۲).

فراهم آوردن اطلاعات در مورد فرآیندهای قابل برگشت و قابل مدیریت

این خصوصیت یک شاخص عملکرد می‌باشد که به ویژه از دیدگاه یک مدیر آبیاری قابل درک است. بعضی از فرآیندهای غیر قابل برگشت و غیر قابل کنترل، شاخص‌های خوبی را می‌توانند فراهم کنند، اگرچه نتایجی که پیش‌بینی می‌کنند، ممکن است غیر مستقیم باشند. مثلاً تواتر و شدت باران قابل مدیریت و کنترل نیست، اما اطلاعات حاصل از این داده‌ها در درازمدت برای برنامه‌ریزی پیشگیری از کمبود آب مفید بوده و در کوتاه مدت، به مدیران امکان می‌دهد تا در برنامه‌های عرضه آب تغییراتی بدهند.

ادامه جدول ۳-۱-

طبیعت شاخص یک عامل مهم و مؤثر در انتخاب شاخص، طبیعت آن است: هر شاخص ممکن است یک عمل مشخص را توصیف کند یا مجموعه گروهی از عملیات زیربنایی را توصیف کند. شاخص‌ها، به طور آرمانی فراهم‌کننده اطلاعات در مورد مقادیر فعالیتی واقعی نسبت به مقدار مطلوب یا بحرانی آن فعالیت هستند. امکان ترکیب این نسبت‌های بدون بعد و تبدیل آنها به شاخص‌های تجمعی باید مورد مطالعه قرار گیرد، همانگونه که بسیاری از شاخص‌های مورد استفاده در عملکرد اقتصاد ملی ترکیبی هستند. **سهولت در استفاده، قابل فهم و مقرون به صرفه بودن** شاخص‌های عملکرد، مخصوصاً برای کارهای مدیریتی روزمره و معمول، باید از لحاظ فنی عملی بوده و با توجه به سطح مهارت پرسنل مؤسسه، از لحاظ بکارگیری نیز آسان باشد. به علاوه، هزینه استفاده از شاخص‌ها از لحاظ بودجه، تجهیزات و منابع انسانی در حد امکانات مؤسسه باشد.

۳-۲- انواع شاخص‌های عملکرد

همچنانکه پیش‌تر بحث شد، اقدام اصلی در ارزیابی عملکرد، مقایسه میزان ***اندازه‌گیری شده*** یک پارامتر با مقدار ***استاندارد یا بهینه*** همان پارامتر است. نتیجه این مقایسه، یک کسر بدون بُعد است که در صورت آن، مقدار واقعی داده (قابل اندازه‌گیری) و در مخرج آن، مقدار استاندارد یا مطلوب قرار می‌گیرد. جدول ۳-۲ توضیحات لازم را ارائه می‌کند.

مقدار پارامتر مخرج کسر را می‌توان به چهار گروه اصلی به شرح زیر تقسیم کرد:

- **مقدار بحرانی پارامترهای کلیدی،** زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که اگر فرایند مورد ارزیابی، به این مقدار نزول (یا صعود) کند، اثراتی بحران‌زا بر روی سایر عوامل به دنبال خواهد داشت. معمولاً این شاخص‌ها یک عامل

مشخص را توصیف می‌کنند. بیشتر شاخص‌های این گروه را می‌توان در ارزیابی عملکرد راهبردی مورد استفاده قرار داد.

- **مقدار مطلوب،** به رقمی از یک پارامتر اتلاق می‌شود که تصمیم انسان، در تعیین این مقدار نقش داشته باشد. این شاخص‌ها غالباً گروهی از فعالیت‌های زیربنایی را توصیف می‌کنند. بیشتر شاخص‌های این گروه را می‌توان در ارزیابی عملکرد راهبری مورد استفاده قرار داد.
- **مقدار (واقعی) ورودی،** که برای اندازه‌گیری و تعیین نسبت بین مقادیر خروجی به مقادیر ورودی منابع اصلی استفاده می‌شود. این گروه از نسبت‌ها، نمایانگر راندمان‌های بهره‌برداری از آب و سایر منابع هستند.
- **مقدار کل،** که برای تعیین و اندازه‌گیری میزان واقعی و مورد استفاده (درصدی) از کل منابع در دسترس، بکار برده می‌شود. این شاخص‌ها اغلب در مورد جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی (بودجه‌ای) مدیریت آبیاری بکار می‌روند.

اگرچه همواره، استفاده از شاخص‌های بدون بُعد مورد تأکید و توصیه است، اما استفاده از پارامترهای قابل اندازه‌گیری نیز نفی نمی‌شود. به ویژه، مقایسه مقادیر یک پارامتر (قابل اندازه‌گیری) به عنوان تابعی از زمان با مقدار بحرانی آن، اطلاعات روشنی دربارهٔ عملکرد پارامتر مورد نظر ارائه می‌کند (شکل شماره ۳-۲).

۳-۳- شاخص‌های انتخابی برای ارزیابی عملکرد

با توجه به خصوصیات و شرایط ذکر شده در جدول شماره ۳-۱، برای ارزیابی عملکرد مدیریت آب (در آبیاری و زهکشی) شاخص‌هایی انتخاب و تعریف شده‌اند. جدول ۳-۳ شاخص‌هایی که برای استفادهٔ کلی توصیه شده‌اند، را ارائه می‌کند. بطور کلی، شاخص‌ها در چهار گروه به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

گروه اول- موازنه آب، خدمات تحویل آب و نگهداری. شاخص‌های این گروه، به اهداف اولیه و اصلی آبیاری و زهکشی یعنی ارائه خدمات تحویل آب به آب‌بران، مربوط می‌شوند.

گروه دوم- محیط زیست. آبیاری و زهکشی، نوعی مداخله انسان در طبیعت است که با هدف تأمین شرایط بهینه برای رشد بهتر محصولات کشاورزی صورت می‌گیرد. تأثیرات غیر عمدی این مداخله در محیط زیست (عمدتاً منفی) با استفاده از شاخص‌های این گروه مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

گروه سوم- اقتصادی. شاخص‌های این گروه، عملکرد محصولات کشاورزی و سرمایه مصرفی برای دستیابی به عملکردهای مطلوب را برای مدیریت سامانه ارزیابی می‌کند.

گروه چهارم- شاخص‌های فراگیر. این گروه خود دارای چهار دسته شاخص است که مقادیر پارامترهای آنها باید با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های سنجش از دور اندازه‌گیری شود. این فن‌آوری برای دستیابی به اطلاعات و اندازه‌گیری برخی پارامترها، روش اقتصادی و مؤثری محسوب می‌گردد.

همانگونه که در فصل دوم ذکر شد، تعداد شاخص‌های مورد نیاز برای انجام ارزیابی، بستگی به شرایط محدودکننده و هدف ارزیابی دارد. عملکرد هر سامانه‌ای باید از تمام جوانب ارزیابی گردد و برای این کار باید ترکیبی مناسب از گروه‌های فوق‌الذکر انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد. برای به حداقل رساندن هزینه‌های مربوط به اندازه‌گیری داده‌ها، توصیه می‌شود که برای استفاده از هر شاخص، توجیه لازم وجود داشته باشد.

جدول ۳-۲- تعاریف و اصطلاحات

اصطلاحات	تعاریف	ملاحظات
مقدار واقعی	آنچه که قابل اندازه‌گیری و تشخیص باشد.	مثلاً دبی جریان، عملکرد محصولات، آب‌بها، عمق آب زیرزمینی
نشانه	نتیجه مطلوب یک عمل یا مقدار مطلوب شاخص‌های عملکرد	استفاده از نتایج مطلوب نمونه‌های مشابه
مقدار بحرانی	حد بحرانی یک پارامتر کلیدی، نتیجه فرآیندی فیزیکی را نشان می‌دهد که موجب بروز تغییرات شیمیایی نامطلوب و تأثیر آن بر کاهش عملکرد محصول می‌شود.	به عنوان مثال شوری آب آبیاری، پارامتری بحرانی است که به کاهش عملکرد محصولات می‌انجامد.
مقدار پیش‌بینی شده	رقمی است که مدیریت آبیاری تلاش می‌کند تا به آن دست یابد.	این رقم باید براساس کار کارشناسی و علمی و در چارچوب برنامه‌های راهبردی تعیین شود.
پارامتر کلیدی	پارامتری قابل اندازه‌گیری که تأثیر آن بر روی روند آبیاری و زهکشی تعیین‌کننده می‌باشد.	مانند ظرفیت جریان، عملکرد محصولات، آب‌بها، عمق آب زیرزمینی
سطح ارائه خدمات	مقدار عددی مواد مصرفی یا خدمات که از طریق یک مؤسسه به آب‌بران ارائه می‌شود.	این سطح باید براساس قوانین کشور یا موافقت‌نامه‌های مبادله شده بین خدمات‌دهنده و آب‌بران، تعیین شود.
مقدار هدف آنی (بهینه)	میزان مطلوب شاخص ارزیابی عملکرد	مانند تعداد آب‌بران، تعداد سازه‌ها و تأسیسات.
مقدار کل	تعداد کل یا جمع پارامترها	به عنوان مثال: تعداد آب‌بران، تعداد ساختمان‌ها، غیره.

جدول ۳-۳- چهار گروه کلی شاخص‌های ارزیابی عملکرد

مقدار شاخص	نوع ارزیابی
مقدار واقعی پارامتر کلیدی / مقدار بحرانی پارامتر کلیدی	فرآیندی فیزیکی و واقعی که موجب بروز محدودیت‌های بحرانی در عملکرد محصولات یا پایداری فعالیت‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه می‌شود.
مقدار واقعی پارامتر کلیدی / مقدار پیش‌بینی شده پارامتر کلیدی	مقایسه رایج بین آنچه که عملاً انجام شده و آنچه که قبلاً پیش‌بینی شده بود. بخش عمده شاخص‌های مربوط به ارزیابی مقوله «تحویل آب» در این گروه قرار دارند.
مقدار واقعی خروجی پارامتر کلیدی / مقدار واقعی ورودی پارامتر کلیدی	ارزیابی راندمان بهره‌برداری از منابع (آب، خاک، بودجه،...). راندمان آبیاری در این گروه طبقه‌بندی می‌شوند.
مقدار واقعی پارامتر کلیدی / مقدار کل پارامترهای کلیدی	ارزیابی آن میزان از زیر ساخت‌ها و منابع که فعال بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همانند تمامی داده‌ها، اندازه و رقم یک شاخص، به تنهائی نمی‌تواند اطلاعات کافی برای پشتیبانی از یک تصمیم مدیریتی را ارائه دهد. زمانی می‌توان اطلاعات بیشتری از این رقم بدست آورد که هر دو شرط زیر را در برداشته باشد:

- تابعی از زمان. بدین طریق، روند نزدیک شدن شاخص به سطح مورد انتظار قابل بررسی خواهد بود.
- توزیع مکانی. به این طریق می‌توان مقادیر شاخص‌ها در واحدهای مختلف (مناطق تحت پوشش) را با سایر مناطق آبیاری (یا زهکشی) مشابه مقایسه نمود و همبستگی آنها را با سایر عناصر شناسایی کرد.

۳-۴- تعریف شاخص‌های عملکرد

در این بخش، تعریف شاخص‌های ارزیابی عملکرد که خلاصه آنها در جدول شماره ۳-۴ درج شده و همچنین کارآیی هر یک از آنها با ذکر مثال‌های مشخص، ارائه و تشریح می‌گردد.

جدول ۳-۴- شاخص‌های منتخب عملکرد و وظایفشان، چنانچه برای اندازه‌گیری روند یک فعالیت در طی زمان و یا در یک توزیع مکانی مورد استفاده قرار گیرند.

شاخص‌ها	اطلاعات فراهم شده از طریق بکارگیری شاخص	
	در مقاطع زمانی	توزیع مکانی
موازنه آبی، خدمات آب و نگهداری:		
نسبت مصرف کل	بخشی از نیازهای آبیاری مربوط به آب‌بران که برآورده شده است. (کشاورزان، مصرف‌کنندگان شهری، صنعت، محیط زیست)	نشان‌دهندهٔ تفاوت در تأمین آب مصرف‌کنندگان در مناطق مختلف تحت پوشش است. تأمین عادلانه و یکنواخت آب را اندازه‌گیری می‌کند.
نسبت کاربرد آب در مزرعه	تغییرات استفاده از آب توسط آبیاران	تأثیر شرایط مختلف محدودکننده بر (بازدهی) استفاده از آب آبیاری
نسبت مصرف آب	نشان‌دهنده تغییرات استفاده واقعی از آب	تفاوت‌های موازنهٔ آب مناطق مورد نظر (تحت فرمان) را اندازه‌گیری می‌کند.
نسبت زهکشی	میزان آبی که در درون حوضهٔ زهکشی مصرف شده است.	مناطقی را که می‌توان در آنها منابع آبی را توسعه داد، شناسایی می‌کند.
نسبت جریان خروجی به جریان ورودی	نیاز به نگهداری از اجزاء سامانه را تعیین می‌کند.	بخش‌هایی از سامانه را که نیاز به تعمیر یا تعویض دارد، شناسایی می‌کند.
نسبت عملکرد تحویل آب	نشان‌دهندهٔ تغییرات در سطح خدمت‌رسانی به آب‌بران می‌باشد.	عرضهٔ عادلانه و پیوسته آب را اندازه‌گیری می‌کند.
اعتمادپذیری فواصل زمانی تحویل آب آبیاری	نشان‌دهندهٔ تغییرات سطح خدمت (فقط از لحاظ زمانی) به آب‌بران است.	عدالت (فقط از لحاظ زمان‌بندی) در خدمت‌رسانی (تحویل آب) به آب‌بران را نشان می‌دهد.
نسبت سطح آب در کانال به سطح طراحی شده	نیاز به نگهداری اجزاء سامانه را اندازه‌گیری می‌کند.	بخش‌هایی از سامانه را که نیازمند تعمیر یا تعویض است، شناسایی می‌کند.

ادامه جدول ۳-۴-

شاخص‌ها	اطلاعات فراهم شده از طریق بکارگیری شاخص	
	در مقاطع زمانی	توزیع مکانی
اثربخشی تأسیسات زیربنایی	تأثیر فعالیت‌های نگهداری را ارزیابی می‌کند.	مناطقی را که دچار مسائل و مشکلات نگهداری هستند، نشان می‌دهد.
محیط زیست طبیعی:		
عمق آب زیرزمینی	نشان‌دهندهٔ زمانی است که عمق آب‌های زیرزمینی از سطح بحرانی عبور می‌کند را ارائه می‌دهد.	مناطقی را که مشکل بالقوه شور شدن و یا زهدار شدن دارد و یا از آب‌های زیرزمینی آنها می‌توان استفاده کرد، نشان می‌دهد.
آلودگی آب	نشان‌دهندهٔ زمانی است که سطح آلودگی از مقدار بحرانی می‌گذرد.	مناطقی را که مستعد آلودگی آب هستند، نشان می‌دهد.
پایداری اراضی قابل آبیاری	تراکم کشت محصولات را در منطقه تحت آبیاری ارائه می‌کند.	تراکم کشت در پائین‌دست شبکه را اندازه‌گیری می‌کند.
اقتصاد		
بهره‌وری آب	تغییر در عملکرد محصول به ازای هر مترمکعب آب تأمین شده را اندازه‌گیری می‌کند.	تغییرات بهره‌وری آب (kg/m^3) در مناطق مختلف را نشان می‌دهد.
بهره‌وری خاک	تغییر در عملکرد محصول به ازای واحد سطح	نشان‌دهندهٔ تغییرات بهره‌وری خاک (kg/ha) ناشی از تغییر مکان.
نسبت خودکفایی مالی مدیریت نگهداری و راهبری	نشان‌دهندهٔ تغییر در توجیه مالی مؤسسه مدیریت آب	نحوه اعمال مدیریت توسط ارگان‌های مختلف را در داخل یک سامانه ارزیابی می‌کند (مانند انجمن‌های آب‌بران).
نسبت راهبری و نگهداری	درجه کفایت بودجه مربوط به وظایف راهبری و نگهداری را ارائه می‌کند.	نحوه اعمال مدیریت توسط ارگان‌های مختلف را در داخل یک سامانه ارزیابی می‌کند (مانند انجمن‌های آب‌بران).
نسبت جمع‌آوری آب‌بها	میزان تمایل آب‌بران به پرداخت هزینه‌های خدمات آب‌رسانی را مشخص می‌کند.	مناطقی را که آب‌بران آن پولی نمی‌پردازند، نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۳-۴-

شاخص‌ها	اطلاعات فراهم شده از طریق بکارگیری شاخص	
	در مقاطع زمانی	توزیع مکانی
نسبت هزینهٔ آب	سهم آب در سر جمع هزینه‌های تولید را نشان می‌دهد	مناطقی را نشان می‌دهد که استحصال آب در آنها خیلی گران تمام می‌شود.
نسبت بهای محصولات	تغییرات در شرایط بازاریابی محصولات آبی را نشان می‌دهد.	مناطقی را که احتمالاً کشاورزان به علت اقتصادی نبودن کشاورزی آن را متوقف می‌کنند، نشان می‌دهد (آبیاری ارزش اقتصادی ندارد).
شاخص‌های سنجش از دور:		
کمبود آب مورد نیاز	کمبود در میزان تبخیر و تعرق را اندازه‌گیری می‌کند.	مناطق کم آب را شناسایی می‌کند.
نسبت تبخیر و تعرق	کاهش نسبی در میزان تبخیر و تعرق را اندازه‌گیری می‌کند.	مناطق کم آب را شناسایی می‌کند.
رطوبت نسبی خاک	تغییرات در مقدار آب موجود در خاک برای رشد محصول را اندازه‌گیری می‌کند.	مناطقی را که با کمبود آب و مشکلات زهکشی روبرو هستند، نشان می‌دهد.
نسبت ماده خشک به آب آبیاری	تغییرات در میزان تولید ماده خشک به ازای هر مترمکعب آب تأمین شده را مشخص می‌کند.	تغییرات میزان در تولید ماده خشک را برحسب مکان نشان می‌هد (kg/m^3).

۳-۴-۱- موازنه آب[1]، خدمات تحویل آب و نگهداری

شاخص‌های مربوط به آب در رابطه با «وظیفه اصلی» آبیاری، یعنی تأمین، انتقال و تحویل آب آبیاری به آب‌بران (اعم از فردی یا گروهی) و سایر بخش‌های مصرف‌کننده آب است. این شاخص‌ها میزان هماهنگی میان تحویل آب آبیاری و

1- Water Balance

تقاضاها و همچنین درجه تأمین و تحویل آب به صورت مطمئن، کافی و بهنگام را بررسی می‌کنند و در رابطه با جنبه‌های اجتماعی مقوله عدالت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

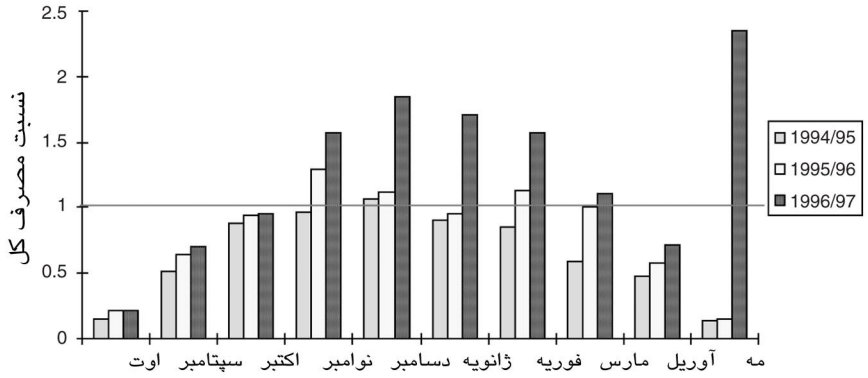
۳-۴-۱-۱- نسبت مصرف کل

نسبت مصرف کل، بخشی از نیازهای آبی محصول را که توسط آب آبیاری (تأمین، انتقال و تحویل) در مناطق تحت کشت برآورده شده است، ارائه می‌کند (باس و ناگ‌ترن (۱۹۷۴؛ ویلاردسن و همکاران، ۱۹۹۴). این نسبت با فرض اینکه اگر مقدار آبی که صرف اموری غیر از آبیاری شده است، ناچیز باشد، با رابطه زیر تعریف شده است (باس و ناگ‌ترن ۱۹۷۴):

$$\text{نسبت مصرف کل} = \frac{ET_p - P_e}{\text{حجم آب ورودی به مناطق تحت پوشش}}$$

در این رابطه، Pe بارندگی مؤثر و ETp تعریق و تبخیر پتانسیل یا بالقوه می‌باشد. صورت این شاخص در واقع شامل: «حجم آب مورد نیاز، برای احتراز از بروز تنش آبی نامطلوب در محصول در طول دوره رشد می‌باشد» (ICID، ۱۹۷۸). این مقدار (ET_p-P_e) برای هر منطقه، براساس ویژگی‌های محصول، آب و هوا و فاصله میان آبیاری، تعیین می‌شود. از اینرو مقدار واقعی نسبت مصرف کل آب با حجم واقعی آب آبیاری تأمین شده برای منطقه تحت پوشش تغییر می‌کند. مقدار (ET_p-P_e) با استفاده از روش‌هائی مانند CRIWAR (باس و همکاران، ۱۹۹۶) و CROPWAT (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۱) قابل محاسبه است. مقدار کل آب تأمین شده برای منطقه تحت پوشش (شبکه آبیاری) در زمره اولین مقادیری است که باید اندازه‌گیری شود (همراه با مساحت زیر کشت، الگوی کشت و داده‌های هواشناسی)، لذا راندمان آبیاری می‌تواند اولین شاخصی محسوب شود که باید برای هر منطقه

آبیاری در دسترس باشد. مثالی از تغییرات این شاخص در طی سه سال، در شکل ۳-۳ آورده شده است.



شکل ۳-۳- نسبت مصرف کل به صورت تابعی از زمان در طول سه فصل آبیاری در سه سال (تونایان آرژانتین) (مورا بیتو و همکاران، ۱۹۹۸)

شکل ۳-۳ اثر چند شیوه مدیریتی مختلف را اندازه‌گیری می‌کند. بعداً خواهیم گفت که بعضی از این شیوه‌ها اثرات جانبی نامطلوبی دارند.

- در طول فصلی که عرضه آب کافی بوده است (۱۹۹۵-۱۹۹۴)، نسبت مصرف کل از مقادیر بسیار کم (< ۰/۲) در اوایل و اواخر فصل آبیاری تا نسبت بالای ۱/۰ در خلال ماه‌های اوج در نوسان بوده است.
- در دوره‌هایی که این نسبت پایین بوده است، قسمتی از آب که مصرف نشده، باعث بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی (چنانچه این آب فقط در زمین‌های کشاورزی مصرف شده باشد) شده است. در حالیکه در دوره‌هایی که نسبت فوق بالای ۰/۶ می‌باشد، آب‌های زیرزمینی باید پمپاژ و ذخیره می‌گردید تا از کمبود آب جلوگیری شود (باس و همکاران ۱۹۹۱).

- در دوره زمانی که میزان عرضهٔ آب کم شده است (۱۹۹۶-۱۹۹۵)، تعداد ماه‌هایی که این نسبت در آنها بیش از ۱بوده، افزایش یافته و اگر بتوان مصرف آب را به گونه‌ای مدیریت کرد که در ماه‌های غیر اوج مصرف این نسبت بین ۰/۵ و ۰/۶ باشد، می‌توان آب را ذخیره کرد و بدین‌سان دوره‌های کمبود آب را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.
- در طول فصل بسیار خشک ۱۹۹۷-۱۹۹۶، عرضه آب به مصرف‌کنندگان (تشکل‌های آب‌بران) ۳۰ درصد کاهش یافت. این کاهش به دلیل پیش‌بینی منابع آب موجود در ماه اکتبر بود. براساس تصمیم مدیریتی، در اوایل ماه باید کانال‌ها بسته می‌شد، چون ذخایر آبی خالی شده بود.

راندمان کل را می‌توان برای اراضی زیر کانال‌های درجه ۲ و یا ۳ نیز اندازه‌گیری و به صورت توزیع مکانی ارائه داد. توصیه ما این است که در یک منطقه زیر کشت آبی، یک رقم را برای راندمان آبیاری به عنوان هدف مشخص و نسبت واقعی را به طور ماهانه و سالانه با آن مقایسه کنید.

۳-۴-۱-۲- نسبت کاربرد آب در مزرعه[1]

نسبت کاربرد آب در مزرعه، همان ساختار نسبت مصرف کل را دارد و بدین صورت تعریف می‌شود (ICID ۱۹۷۸):

$$\text{نسبت کاربرد آب در مزرعه} = \frac{ET_p - P_e}{\text{حجم آب تحویل شده به مزرعه (مزارع)}}$$

صورت این شاخص در واقع شامل: «حجم آب آبیاری مورد نیاز و در دسترس، برای احتراز از ایجاد تنش آبی به محصولات در طول (زمان مورد بررسی) دوره رشد است». این حجم را به صورت مترمکعب در هکتار و یا عمق آب بیان می‌کنند.

1- Field Application Ratio

صورت رابطه مساوی تبخیر و تعرق بالقوه محصول آبی منهای بارندگی مؤثر یعنی ET_p-P_e است.

مقدار (ET_p-P_e) کلاً توسط نوع محصول، وضعیت آب و هوا و دور آبیاری معین می‌شود. در نتیجه، مقدار نسبت کاربرد آب در مزرعه با توجه به مقدار واقعی آب آبیاری که به مزارع داده می‌شود، تغییر می‌کند. تحویل آب به اطمینان‌پذیری از خدمات مؤسسه آبرسان، مهارت کشاورزان و نیز یکنواختی انتقال آب به مزارع بستگی دارد (ضمن اینکه به فن‌آوری اعمال آب نیز ارتباط دارد) می‌باشد. از نقطه نظر فن‌آوری، مقادیر قابل حصول نسبت (بازدهی) مصرف مزارع در جدول ۳-۵ نشان داده شده است.

دوره زمانی محاسبه نسبت کاربرد آب در مزرعه، بستگی به (متوسط) فواصل زمانی بین آبیاری‌ها دارد. اگر این فواصل بسیار کوتاه باشد، تعداد آبیاری‌ها در هر یک از دوره‌ها متفاوت خواهد شد. بنابراین توصیه می‌شود که از دوره‌ای استفاده شود که حداقل دو بار آبیاری در آن دوره صورت گرفته باشد. (کوتاه‌ترین دورهٔ مناسب یک ماه است).

در مناطق خشک و نیمه خشک نسبت کاربرد آب در مزرعه در یک دوره محاسباتی مربوط به یک فصل آبیاری را باید زیر ۹۰ درصد نگه داشت تا از تجمع نمک در منطقه ریشه محصول جلوگیری شود. در نتیجه از نقطه نظر حفظ پایداری، کوشش و تلاش برای دستیابی «راندمان بسیار زیاد» در استفاده از آب آبیاری، بی‌معنی جلوه می‌کند. بنابراین، مقدار هدف کمتر از مقدار حداکثر قابل حصول از جدول ۳-۵ می‌باشد.

جدول ۳-۵ مقادیر حداکثر و رایج نسبت کاربرد آب در مزرعه (باس ۱۹۷۴، ۱۹۸۲، جورینز و همکاران، ۲۰۰۱).

روش تخصیص آب آبیاری	حداکثر شاخص نسبت کاربرد مزرعه (قابل حصول)
آبیاری سطحی	
شیاری با تسطیح لیزری	۰/۷۰
شیاری با سایر روش‌های تسطیح	۰/۶۰
نواری با تسطیح لیزری	۰/۷۰
نواری با سایر روش‌های تسطیح	۰/۶۰
کرتی با تسطیح لیزری	۰/۹۲
کرتی با سایر روش‌های تسطیح	۰/۸۰
آبیاری بارانی	
سامانه متحرک دستی	۰/۶۰
آبیاری بارانی تحت فشار	۰/۸۰
آبیاری بارانی کم فشار	۰/۹۰
آبیاری میکرو	
قطره‌ای	۰/۹۵
بارانی	۰/۹۵

۳-۴-۱-۳- نسبت مصرف آب[1]

این کسر، نسبتی است که سه مؤلفه تشکیل‌دهنده موازنه آبی یک منطقه (تحت آبیاری) را با هم مقایسه می‌کند. شاخص نسبت مصرف آب برای تشخیص اهداف در مناطق کم آب مفید است. این شاخص، نسبت تبخیر و تعرق واقعی منطقه انتخاب شده، به جمع کل حجم بارندگی آن منطقه، به اضافه جریان آب سطحی ورودی به منطقه تحت آبیاری را نشان می‌دهد (آب آبیاری تیپیک). این موضوع بوسیله (مولدن ۱۹۹۸، مولدن و ساکتی و ادیول ۱۹۹۹) ارائه شده است.

$$\text{نسبت مصرف آب} = \frac{ET_a}{P_e+V_c}$$

1- Depleted Fraction

در رابطه فوق:

ET_a= تبخیر و تعرق واقعی در اراضی با پوشش گیاهی

P_e= بارندگی اراضی با پوشش گیاهی (باران مؤثر)

V_c= جریان آب ورودی سطحی به اراضی تحت پوشش

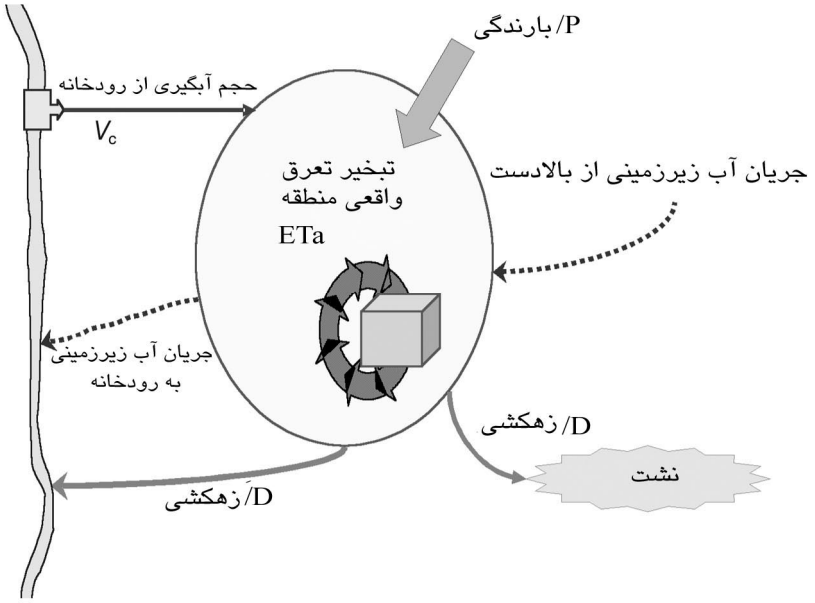
می‌باشد.

به دلیل اینکه اندازه‌گیری تبخیر و تعرق واقعی و مقدار بارندگی، فقط در محدوده‌ای خاصی از اراضی تحت آبیاری عملی نیست، لذا اندازه‌گیری در کل منطقه تحت پوشش انجام می‌شود. همانطور که در شکل ۳-۴ مشاهده می‌شود، نسبت مصرف آب، مقدار آب سطحی منهای زه‌آب خروجی را اندازه‌گیری می‌کند. مدیر آب می‌تواند در مقدار V_c تأثیر بگذارد که این کار به نوبه خود در کمبود آب منطقه (تبخیر و تعرق بالقوه منهای تبخیر و تعرق واقعی) تأثیر می‌گذارد.

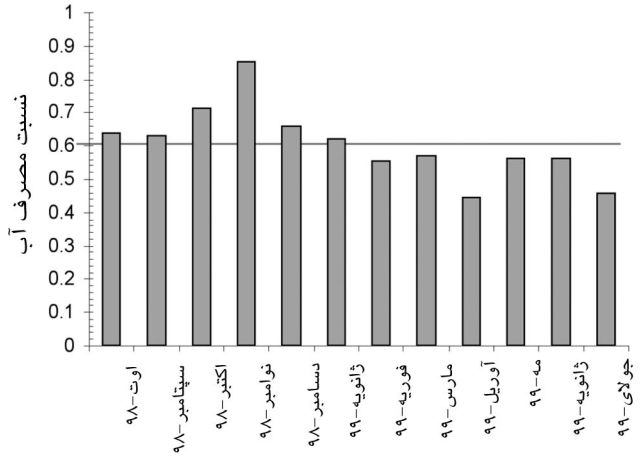
به خاطر تعریف فوق از مؤلفه‌های موازنهٔ آبی، «نسبت مصرف آب معمولاً برای کل منطقه تحت آبیاری اندازه‌گیری می‌شود». توصیه ما، بررسی نسبت مصرف آب با توجه به زمان است. شکل ۳-۵ مقادیر ماهانه این نسبت را برای منطقه‌ای به وسعت ۳۳۸۰۰ هکتار نشان می‌دهد. در مناطق خشک و نیمه خشک مقدار بحرانی نسبت مصرف آب بین ۰/۵ تا ۰/۷ (متوسط ۰/۶) می‌باشد (باستیانس و همکاران، ۲۰۰۱ به فصل ششم نیز مراجعه شود).

مقدار بحرانی نسبت مصرف آب DF =۰/۶ بدین معناست که اگر تعرق واقعی منطقه ET_a از حدود $(P+V_c)$ ۰/۶ کمتر باشد قسمتی از این آب قابل دسترس ذخیره می‌شود و باعث افزایش سطح آب زیرزمینی می‌گردد، در مقابل اگر تعرق واقعی منطقه ET_a از $(P+V_c)$ ۰/۶ بزرگتر باشد میزان ذخیره کاهش می‌یابد. بنابراین حجم آب وارد شده به سطوح آبیاری شده، در خلال چند ماه با یک DF پایین می‌تواند کاهش یابد.

اگر این آب به زمین وارد نشده و در استخر ذخیره آب نگهداری شود که در مناطق خشک و نیمه خشک معمول است این آب می‌تواند در ماه‌های خشک به زمین وارد شود.



شکل ۳-۴- نمای کلی جریانات در موازنه آبی یک منطقه تحت آبیاری



شکل ۳-۵- نسبت مصرف آب در پروژه نیلو کولهو[1]، برزیل (باستانیانسن ۲۰۰۱).

1- Nilo Coelho

۳-۴-۱-۴- نسبت زهکشی[1]

با توجه به کمبود روزافزون منابع آب، مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک، مسئله مقدار (حجم آب در ماه یا سال) آب موجود برای آب‌بران جدید پیوسته چشمگیرتر می‌شود. این مسئله را می‌توان در مقیاس‌های مختلف مطرح کرد، مثلاً در سامانه حوضه یک رودخانه، شاخه‌های فرعی آن و سامانه‌های زهکشی، نسبت زهکشی که به صورت زیر تعریف می‌شود، پارامتر قابل توجهی به شمار می‌رود (باس و همکاران ۱۹۹۴):

$$\text{نسبت زهکشی} = \frac{\text{مقدار کل آب زهکشی شده از منطقه}}{\text{مقدار کل جریان آب ورودی به منطقه}}$$

نسبت زهکشی، نشان‌دهنده آب مصرفی در (قسمتی از) حوضه آبریز رودخانه و با مرزهای مشخص می‌باشد. برای نشان دادن مثالی از نحوهٔ کاربرد این نسبت، جدول ۳-۶ مقادیر سالانه سه حوضه را مشخص کرده است. اگر مقدار ۰/۱۵ را پایین‌ترین حدی که مانع تجمع نمک در منطقه زهکشی شده می‌گردد فرض کنیم، واضح است که آب اندکی در دسترس آب‌بران جدید در داخل سه حوضه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

جدول ۳-۶- مقادیر سالانه نسبت زهکشی (باس و فن‌آرت[2] ۱۹۹۶)

منطقه زهکشی شده (حوضه آبریز رودخانه)	نسبت زهکشی
حوضه دریای آرال	۰/۱۷
نیل در مصر	۰/۲۱
ایندوس[3] (پاکستان)	۰/۲۲

1- Drainage Ratio
2- Van Aart
3- Indus

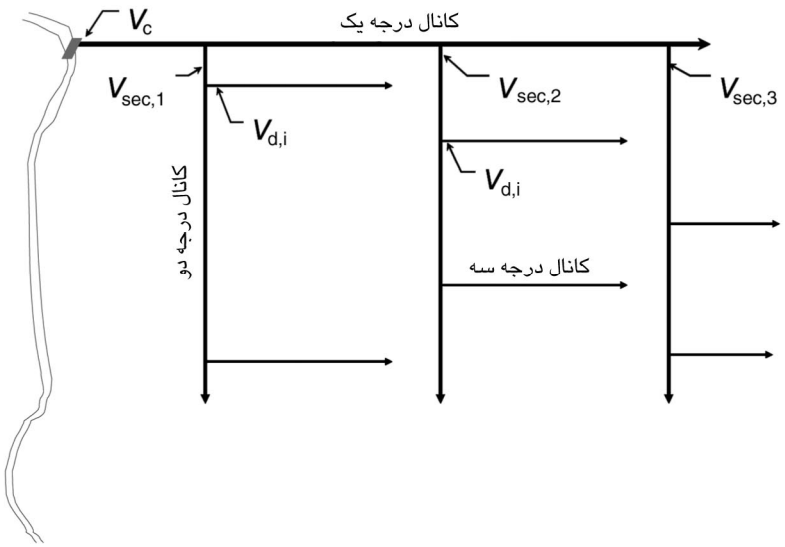
۳-۴-۱-۵- نسبت جریان خروجی به جریان ورودی[1]

شاخص‌های رایج مورد استفاده برای تعیین بیلان آب در سامانه‌های آبیاری روباز، شاخص‌های «نسبت جریان خروجی به جریان ورودی» هستند (غالباً آنها را راندمان یا کارآئی نیز می‌نامند). تمام این نسبت‌ها دارای ساختار یکسانی هستند. یعنی:

$$\text{نسبت جریان خروجی به جریان ورودی} = \frac{\text{کل برداشت آب از کانال}}{\text{کل آب ورودی به کانال}}$$

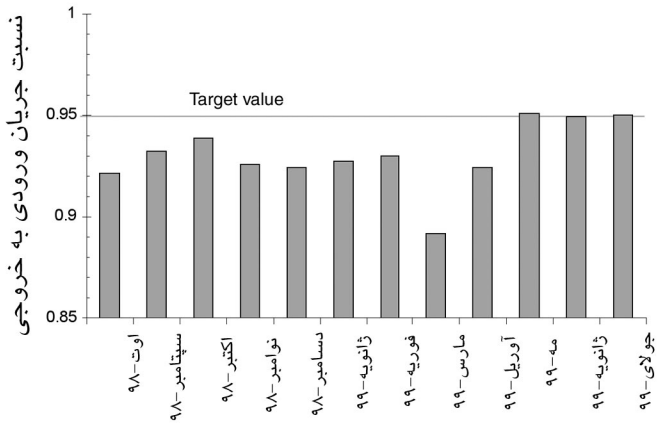
برای سامانه‌های آبیاری بزرگ مقیاس، معمولاً نسبت انتقال را در بخش‌های مختلف سامانه در نظر می‌گیرند. در این مورد، توصیه این است که ۱) نسبت انتقال در بالادست سامانه را که توسط مسئولان آبیاری مدیریت می‌شود و ۲) نسبت توزیع در بخشی که توسط انجمن‌های آب‌بران (WUA) مدیریت می‌شود را در نظر بگیریم. مثلاً شکل ۳-۶ نشان‌دهنده سامانه آبیاری روبازی است که فقط یک منبع آب سطحی دارد (از آب زیرزمینی استفاده نمی‌شود) و آب را برای چند کانال جانبی تأمین می‌کند.

1- Outflow over in flow ratio



شکل ۳-۶- طرح کلی یک سامانه آبیاری کانالی

بنابراین نسبت انتقال کانال درجه یک مساوی با $\frac{V_c}{\sum V_{Sec.1}}$ می‌شود. این نسبت باید در طی مدت زمان کوتاه (ماه) و بلند (فصل) (شکل ۳-۷) محاسبه شود. برای مثال شدت تغییرات این نسبت، شاخصی برای تعیین میزان نیازمندی به فعالیت‌های نگهداری سامانه است. اندازه‌گیری نسبت جریان خروجی به جریان ورودی در مدت یک ماه در صورتی اطلاعات در اختیار مدیر سامانه می‌گذارد که مقدار هدف برای این نسبت تعیین شده باشد. اندازه‌گیری منظم و پی‌درپی این نسبت امکان ارزیابی روند تغییرات این شاخص را، در طول زمان می‌دهد. این کار به مدیر کمک می‌نماید تا قبل از اینکه اقدامات اصلاحی بسیار پرهزینه یا پیچیده را انجام دهد، تمهیدات لازم را فراهم آورد.



شکل ۳-۷- مقادیر ماهانه نسبت انتقال (جریان خروجی به جریان ورودی) کانال اصلی نیلو کولهو (پوشش بتنی، ظرفیت طراحی ۲۰ مترمکعب در ثانیه، طول ۳۲/۵ کیلومتر)

۳-۴-۱-۶- نسبت عملکرد تحویل آب[1]

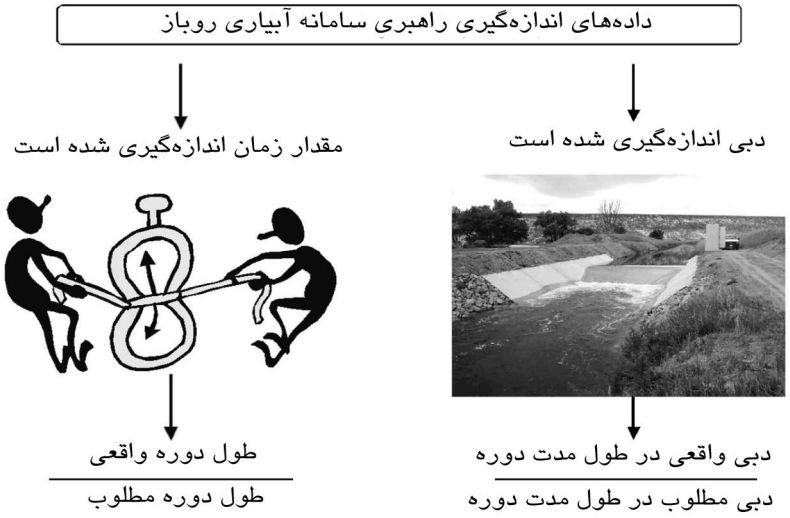
ساده‌ترین و شاید هنوز هم مهمترین شاخص عملکرد راهبری، نسبت عملکرد تحویل آب است (کلمنس[2] و ددریک ۱۹۸۴؛ کلمنس و باس[3] ۱۹۹۰؛ مولدن و گیتس[4] ۱۹۹۰؛ باس و همکاران ۱۹۹۱). شکل بنیادی این نسبت بدین صورت تعریف می‌شود:

$$\text{نسبت عملکرد تحویل آب} = \frac{\text{جریان واقعی آب}}{\text{جریان مطلوب آب (پیش‌بینی شده)}}$$

«جریان آب» را نسبت به در دسترس بودن داده‌ها می‌توان به دو شیوه اندازه‌گیری کرد (شکل ۳-۸):

1- Delivery Performance Ratio
2- Clemmens & Dedrick
3- Clemmens & Bos
4- Molden & Gates

- در سامانه‌هایی که هیچ سازه‌ای برای اندازه‌گیری ظرفیت جریان وجود ندارد، زمان تنها پارامتر باقیمانده برای اندازه‌گیری عملکرد تحویل آب است. همانطور که در شکل ۳-۸ نشان داده شده است. نسبت عملکرد تحویل آب[1] (DPR) مدت واقعی تحویل آب را با مدت زمان مطلوب مقایسه می‌کند. بنابراین برای اهداف راهبری، اینطور فرض می‌شود که شدت جریان در مدت زمان نسبتاً طولانی ثابت است.
- در سامانه‌های متکی به تحویل حجمی آب، جریان باید اندازه‌گیری شود (به m^3/s). در این حالت عملکرد تحویل آب، رابطه حجم واقعی تحویل آب نسبت به حجم مطلوب را نشان می‌دهد. طول مدت زمانی که این حجم محاسبه می‌شود بستگی به فرایندی دارد که باید ارزیابی شود. این مدت از یک ثانیه (برای شدت جریان)، تا یک دور آبیاری (برای در دسترس بودن آب) تا مطالعات یک ماهه یا یک ساله (برای موازنه آب) تغییر می‌کند.



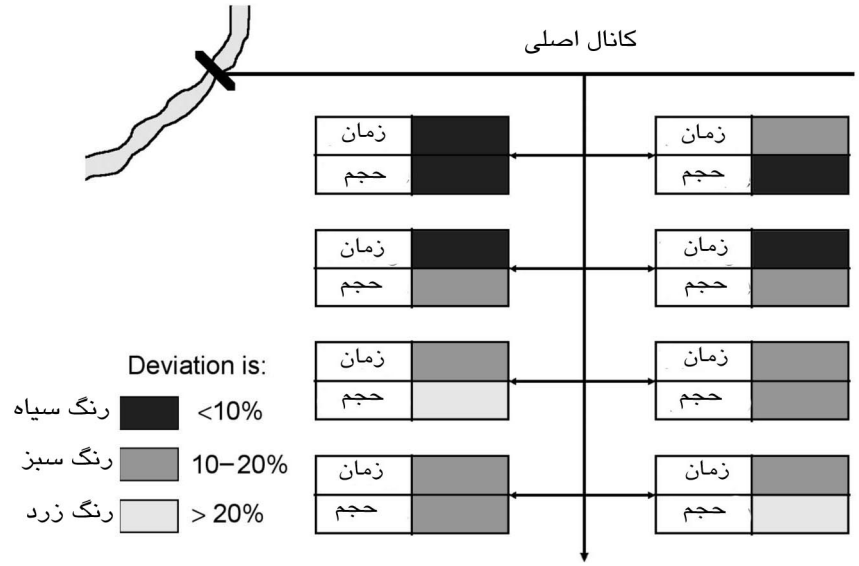
شکل ۳-۸- براساس داده‌های در دسترس، نسبت یا راندمان عملکرد تحویل آب قالب‌های متفاوتی خواهد داشت.

1- Delivery Performance Ratio

نسبت عملکرد تحویل، مدیر را قادر می‌سازد تا میزان واقعی آب عرضه شده، نسبت به مقدار مطلوب آن در مدت زمان مشخص و در هر نقطه سامانه را شناسایی کند. واضح است که اگر حجم واقعی تحویل آب بر پایه اندازه‌گیری‌های مکرر شدت جریان باشد، امکان تطبیق مقدار واقعی با مقدار مطلوب برای مدیران بیشتر می‌شود. برای دستیابی به داده‌های دقیق، سازه‌های اندازه‌گیری مقدار تخلیه آب که مجهز به ثبت‌کننده‌های سطح آب هستند، باید در مناطق اصلی تحویل آب مستقر شوند (باس ۱۹۷۶). برای تسهیل در کار با داده‌ها، استفاده از ثبت‌کننده‌هایی که اطلاعات را بر روی رایانه درج می‌کنند، توصیه می‌شود (کلمنس و دیگران ۲۰۰۱).

در دوره‌های زمانی که به حد کافی طولانی باشند (مثلاً ماهانه و یا در هر سه یا چهار دور آبیاری) چنین می‌توان فرض کرد که اگر نسبت عملکرد تحویل آب نزدیک به واحد (مقدار هدف) باشد، در این صورت منابع ورودی مدیریتی مؤثر بوده است. لذا اگر در شکل ۳-۹ تمام خانه‌های سیاه، سبز بودند، تحویل واقعی آب همان مقدار مطلوب ما می‌باشد.

یکنواختی تحویل آب در صورتی در حد بالائی است که تمام واحدها رنگ مشابهی داشته باشند. مثلاً، اگر کمبود آب وجود دارد و تمام واحدها زرد رنگ هستند، مدیریت آب (راهبری) به گونه‌ای است که فشار کمبود آب به تمام واحدها یکسان وارد می‌شود. یکنواختی تحویل آب را می‌توان با انحراف معیار تمام مقادیر مربوط به راندمان تحویل آب در مناطق تحت پوشش، اندازه‌گیری کرد.



شکل ۳-۹- نمونه‌ای از نمایش مکانی دو صورت (فرمت) از نسبت عملکرد تحویل آب (DPR) به نسبت «زمان» و «حجم آب» برای هر واحد درجه ۳.

۳-۴-۱-۷- اعتمادپذیری فواصل زمانی تحویل آب[1]

الگوی تحویل آب در مدت زمان مشخص، با نسبت مصرف کل تحویل آب دارای ارتباط مستقیم است و بالنتیجه بر تولید محصول نیز تأثیر مستقیم دارد. دلیل این امر آن است که آب‌بران اگر در زمان‌بندی تحویل آب تغییرات غیر قابل پیش‌بینی مشاهده کنند، از آب آبیاری بیشتری استفاده می‌کنند و همچنین اگر بیشتر نگران حفظ محصول (به دلیل عدم تحویل آب) باشند تا تولید آن، ممکن است از سایر منابع تولید مثل کودها در مقادیر بهینه استفاده نکنند.

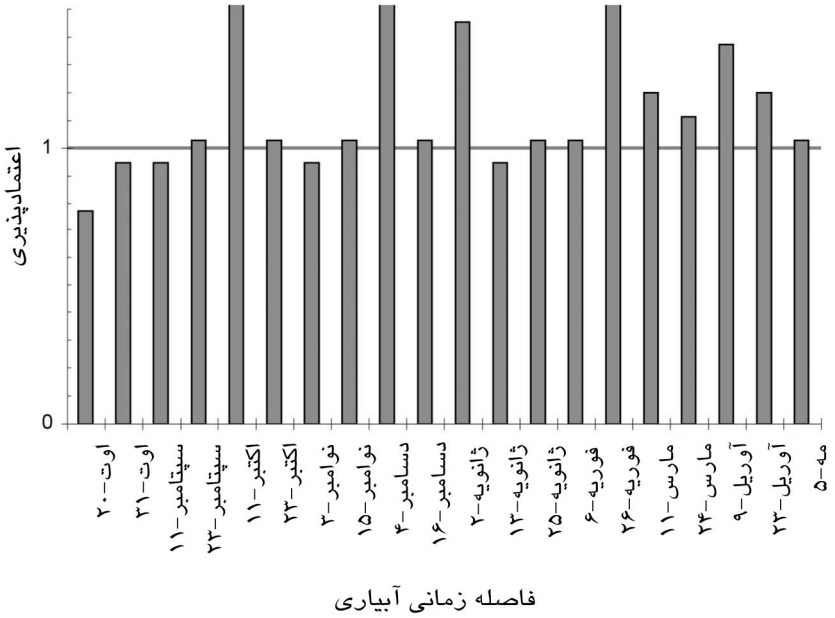
شاخص اصلی پیشنهادی برای استفاده در اندازه‌گیری اعتمادپذیری تحویل آب، در رابطه با دوره واقعی تحویل آب است که با برنامه یا توافق قبلی مقایسه می‌گردد. اعتمادپذیری را بدینگونه تعریف می‌کنند:

1- Dependability of Irrigation Interval

$$\text{اعتمادپذیری فاصله میان دو آبیاری} = \frac{\text{فاصله واقعی میان آبیاری‌ها}}{\text{فاصله مطلوب میان آبیاری‌ها}}$$

فاصله آبیاری را به صورت مدت زمان میان ابتدای دو آبیاری پشت سرهم اندازه‌گیری می‌کنند. میراب دریچه‌ای که آب را به سوی واحد آبیاری هدایت می‌کند، باز می‌کند (راهبری). زمان‌بندی مطلوب، نتیجه برنامه دور آبیاری است. شکل ۳-۱۰ نشان‌دهنده اعتمادپذیری تمام نوبت‌های آبیاری در طول یک فصل آبیاری در واحد کشاورزی (لوس ساسس)[1] است.

به غیر از اعتمادپذیری به فاصله زمانی میان دو آبیاری، قویاً توصیه می‌شود که قابلیت پیش‌بینی دبی جریان آب یا سطح واقعی آب (در کانال) در این ارزیابی گنجانده شود. در بسیاری از فعالیت‌های آبیاری، دبی جریان (یا سطح آب) باید به مقدار مطلوب برای استفاده کارا از آب نزدیک باشد (کلمنس و باس ۱۹۹۰).



شکل ۳-۱۰- اعتمادپذیری فاصله زمانی آبیاری برای واحد لوس ساسس (۱۲۸ هکتار)، مندوزا (باس و همکاران ۲۰۰۱).

1- Los Sauces

۳-۴-۱-۸- نسبت سطح آب در کانال به سطح طراحی شده

نگهداری سامانه‌های آبیاری و زهکشی به منظور تکمیل هدف‌های اصلی زیر است:

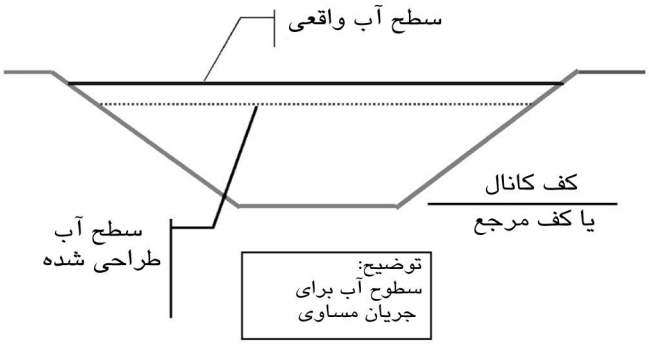
- تضمین‌کننده روابط در صورت نقص کارآئی زیرساخت‌ها، حفظ کانال‌ها در شرایط نسبتاً خوب راهبری. به منظور کاهش نشت یا گرفتگی کانال و نیز حفظ روابط سطح آب در کانال و فشار تخلیه آب طبق شرایط طراحی شده.
- حفظ زیرساخت‌های کنترل آب در شرایط کاری

در سامانه‌های آبیاری، ارزیابی تغییر نسبت جریان خروجی به ورودی سامانه انتقال در طول زمان، بهترین راه دستیابی به پاسخ این سؤال است که آیا نگهداری کانال مورد نیاز بوده یا نمی‌باشد. با دنبال کردن تغییرات این نسبت در طول زمان، باید بتوان نشانه‌هایی را بدست آورد که نمایانگر زمان ضروری لایروبی یا بازسازی کانال باشد (شکل ۳-۱۱).

در زمان طراحی یک سامانه آبیاری روباز، مقدار دبی و سطح آب مرتبط با آن برای هر کانال تعیین می‌گردد. عملکرد هیدرولیکی سامانه فوق عمدتاً بسته به درجه‌ای دارد که این مقادیر طراحی شده، برقرار شده‌اند. مثلاً، سطح آب بالا باعث افزایش نشت و خطر سرریز شدن از دیواره خاکریز کانال را دارد. در هر دو حالت سطح آب بالاتر و پایین‌تر، مقدار آب پیش‌بینی شده را در سازه‌های مقسم کانال تغییر می‌دهد. مقدار تغییر در توزیع آب بستگی به انعطاف هیدرولیکی سازه‌های مقسم (باس ۱۹۷۶) دارد. این تغییر در ارتفاع (سطح آب) سازه‌های کانال‌های آبیاری، مهمترین عامل اختلال در تحویل مطلوب آب آبیاری است (باس ۱۹۷۶، موری راست و فن در ولد ۱۹۹۴). شاخصی که اطلاعات کاربردی در مورد قابلیت پایداری سطح مطلوب آب (یا ارتفاع) را می‌دهد عبارت است از:

$$\text{نسبت سطح آب موجود و طراحی شده}^{1} = \frac{\text{سطح واقعی آب}}{\text{سطح آب طراحی شده}}$$

1- Water Level Ratio



شکل ۳-۱۱- نمایش مفاهیم فوق

در سامانه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از لوله (دیدن) بررسی میزان فشارها کار پیچیده‌ای است.

عملکرد یک لوله را باید از طریق اندازه‌گیری دبی توسط محاسبه اختلاف ارتفاع میان ابتدا و انتهای لوله مورد نظر (همانطور که در طراحی اولیه به کار رفته است)، و مقایسه آن با دبی تئوریک در تحت همان اختلاف ارتفاع، بدست آورد. در نتیجه عملکرد لوله را می‌توان از رابطه زیر تعیین کرد:

$$\text{نسبت اندازه دبی}^{1} = \frac{\text{اندازه دبی واقعی}}{\text{اندازه دبی طراحی شده}}$$

این نسبت را می‌توان برای اندازه‌گیری کارکرد مؤثر سازه‌های کنترل جریان در سامانه آبیاری روباز نیز به کار برد. بسته به نوع سازه، دبی واقعی را باید تحت همان تفاوت ارتفاع (طراحی شده) (دریچه‌های مستغرق، نهرهای سرپوشیده و غیره) و یا تحت همان ارتفاع جریان بالادست از کف کانال یا کف مرجع (دریچه‌های آزاد جریان، آب‌بندها، نهرهای پایه‌دار و غیره) اندازه‌گیری شود. به طور کلی انحرافی بیش

1- Discharge Capacity Ratio

از ۵ درصد نشان‌دهنده نیاز به نگهداری یا ترمیم سازه‌های کنترل جریان است. جدول
۳-۷ مثالی از اثر طراحی و کیفیت ساختاری بر عملکرد زهکش‌های زیرزمینی است.

جدول ۳-۷- مقادیر نسبت اندازه دبی برای زهکش‌های زیرزمینی که به جمع‌کننده‌های پلاستیکی یا بتنی تخلیه می‌شوند (اراضی آزمایشی شریشرا[1])
(باس و همکاران ۱۹۹۴).

	دبی واقعی / دبی طراحی شده	
	بهار	تابستان
به داخل لوله‌های جمع‌کننده بتنی	۰/۳۱	۰/۴۰
به داخل لوله‌های جمع‌کننده پلاستیکی	۰/۱۷	۰/۳۰

۳-۴-۱-۹- اثربخشی تأسیسات زیربنایی[2]

همانگونه که قبلاً اشاره کردیم، انجام فعالیت‌های نگهداری برای حفظ سامانه در حین بهره‌برداری از تأسیسات مورد نیاز است. برای تأمین این منظور، سازه‌های موجود در شبکه باید به صورت مطلوب فعال باشند. بطور خلاصه می‌توان عملکرد نگهداری را به صورت زیر ارزیابی کرد.

$$\text{اثربخشی تأسیسات زیربنایی} = \frac{\text{قسمت فعال تأسیسات زیربنایی}}{\text{کل قسمت‌های تأسیسات زیربنایی}}$$

ارقام مربوط به سه نسبت بالا، مشخص‌کننده میزان توانائی مدیر سامانه در کنترل آب است. اما برای آنکه تجزیه و تحلیل مؤثر باشد، توصیه می‌شود سازه‌ها

1- Shereishra
2- Effectivity of Infrastructure

براساس اولویت اهمیت آنها (اصلی، جانبی، درجه ۳ و ۴) طبقه‌بندی شده و تجزیه و تحلیل در هر سطح و گروه به طور کامل صورت گیرد.

۳-۴-۲- محیط زیست

آبیاری را می‌توان نوعی مداخله انسان در محیط زیست دانست. آب برای تولید محصول به منطقه‌ای وارد می‌شود که بدون وارد کردن آب، این محصول به عمل نمی‌آمد. و بالعکس، زهکشی برای بهبود رشد محصول، آماده‌سازی مزارع و تخلیه نمک از اراضی و غیره بوده و آب اضافی را از منطقه خارج می‌کند. جدا از اثرات مطلوب (که معمولاً برچسب مثبت می‌گیرند)، اثرات نامطلوبی هم هست (که معمولاً برچسب منفی می‌گیرند). اثرات مثبت اغلب منحصر به مناطق آبیاری (یا زهکشی شده) است، در حالیکه اثرات منفی ممکن است گسترده‌تر از منطقه آبیاری شده در حوضه رودخانه در جریان پایین‌دست محل انحراف آب و حوضه زهکشی در جریان پایین‌دست منطقه زهکشی شده، پخش گردد.

۳-۴-۲-۱- عمق آب زیرزمینی

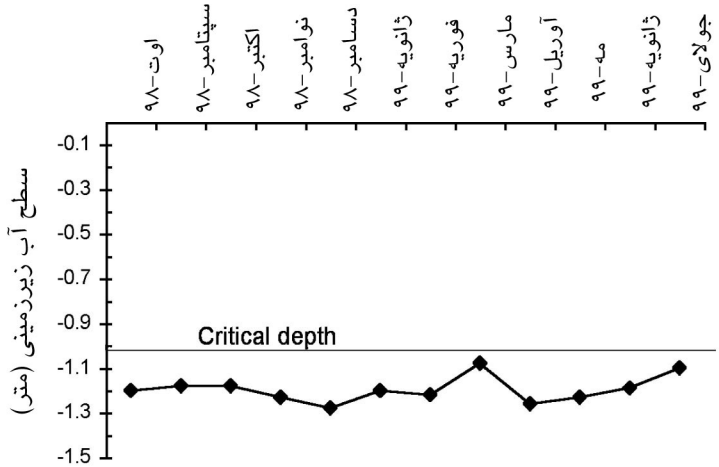
بسیاری از اثرات زیان‌بخش آبیاری بر محیط زیست، در ارتباط با شدت تغییرات عمق سطح ایستابی است.

- به علت زهکشی ناکارا، یا تأخیر در ساخت سامانه‌های زهکشی در مقایسه با زیرساخت‌های تأمین آب سطحی، سطح ایستابی اغلب تا منطقه ریشه محصول آبی بالا می‌آید. در مناطق خشک و نیمه خشک، این عمل اغلب منجر به افزایش میزان صعود آب از لوله‌های مویینه خاک نسبت به میزان نفوذ گردیده و به شوری منطقه ریشه می‌انجامد.
- اگر حجم آب زیرزمینی استخراج شده برای آبیاری از مقدار تغذیه سفره آب زیرزمینی بیشتر شود، سطح ایستابی پایین می‌رود. در نتیجه، انرژی مورد نیاز پمپاژ ممکن است آنقدر افزایش یابد که استحصال آب بسیار گران شده یا استخراج آب زیرزمینی باعث کاهش منابع گردد.

در مردابی شدن و یا شور شدن اراضی، عمق بحرانی آب زیرزمینی بستگی به (عمق مؤثر ریشه) محصول، نسبت مصرف کل آب آبیاری استفاده شده و خصوصیات هیدرولیکی خاک (غیر اشباع) دارد. براساس این شرایط، عمق بحرانی بین ۰/۴ تا ۰/۵ متر در تغییر است.

در زمان اکتشاف برای آب‌های زیرزمینی، عمق بحران بستگی به هزینه پمپاژ آب، ارزش محصول آبی و عمق سفره آب دارد. اگر سطح واقعی آب زیرزمینی نزدیک به عمق بحرانی باشد، فاصله زمانی میان قرائت این نسبت باید تقریباً یک ماه باشد. برای سایر منظورها، یک سال، فاصله زمانی مناسبی است.

همانگونه که قبلاً ذکر شد (بخش ۳-۱)، شاخص‌هایی که یک نوبت پارامتر را با مقدار بحرانی همان پارامتر مقایسه می‌کنند، می‌توان به صورت نموداری شامل مقادیر اندازه‌گیری شده (محور y) در برابر زمان (محور x) نمایش داد. مقدار بحرانی این پارامتر را به صورت یک خط (یا باند) موازی با محور xها نشان می‌دهند. شکل ۳-۱۲ نشان‌دهنده موردی است که سطح بحرانی آب زیرزمینی در آن ۱/۰ متر است.



شکل ۳-۱۲- نوسانات عمق آب زیرزمینی با توجه به مقدار بحرانی: نیلو کلهو، برزیل (باستیانسن و همکاران ۲۰۰۱)

۳-۴-۲-۲- آلودگی آب

در رابطه با آلوده کردن آب توسط انسان، باید بین نیاز به آب (مصرف مفید) و آب مصرف شده تمایز قائل شد.

- چنانچه آب توسط «محصول» مصرف شود، از قسمت فرضی سامانه خارج شده و نمی‌تواند در سایر قسمت‌های سامانه دوباره مورد استفاده قرار گیرد. مثلاً، اگر نسبت یا راندمان کاربرد آب در مزرعه در مزرعه‌ای مشخص، ۵۵٪ باشد، این بدان معنی است که ۵۵٪ آب بکار رفته، تبخیر شده و ۴۵٪ باقی مانده یا به طور سطحی از آن خارج شده و یا وارد سفره آب زیرزمینی شده است. قسمتی از این ۴۵٪ ممکن است برای خدمت به اهداف دیگری مثل ساده‌سازی مدیریت مزرعه، آبشویی و غیره، مصرف گردد.
- در یک فرآیند آبیاری، می‌توان از آب برای سایر منظورها نیز استفاده کرد. این منظورها می‌توانند مستقیماً مرتبط با آبیاری باشند (تسهیل مدیریت، شستن رسوبات، آبشویی، نشت و غیره) و یا مرتبط با سایر گروه‌های کاربران (تولید انرژی، حمل و نقل، استفاده صنعتی و شهری، تفریح و غیره) باشد. به عنوان یک قانون کلی، می‌پذیریم که پس از استفاده از آب، کیفیت آن کاهش می‌یابد. شاخص‌های این بخش، اثر فعالیت‌های کاربران بر کیفیت آب را اندازه‌گیری می‌کند.

شاخص‌ها در این قسمت، آن دسته از فرآیندهای فیزیکی را اندازه‌گیری می‌کنند که به موجب آنها غلظت یک ماده شیمیایی، چنانچه از مقدار بحرانی عبور کند، بارآوری محصول را محدود می‌کند یا مخل سلامتی می‌گردد. قالب این شاخص بدین صورت است.

$$\text{مقدار شاخص آلودگی}^{1} = \frac{\text{غلظت واقعی آلودگی}}{\text{غلظت بحرانی آلودگی}}$$

1- Indicator Value of Pollution

در این بخش، پیشنهاد می‌شود که گروهی از آلاینده‌ها که اندازه‌گیری غلظت آنها با هزینه اندک آزمایشگاهی میسر باشد، مدنظر قرار گیرند. اگر هیچکدام از این پارامترها، مقدارشان نزدیک غلظت بحرانی نباشد، آن آلاینده‌ها (مثل فلزات سنگین، حشره‌کش‌ها و غیره) مشکلی ایجاد نمی‌کنند. اما باید در ماهی که پیش‌بینی می‌شود مقدار غلظت آلودگی‌ها به حداکثر می‌رسد، شاخص آلودگی کنترل شود. حداقل گروه آلاینده‌هائی که برای شروع پایش توصیه می‌شود در جدول ۳-۸ نشان داده شده‌اند:

جدول ۳-۸- حداقل تعداد آلاینده‌هایی که برای شروع پایش، توصیه می‌شود.

نوع آلاینده	آنچه باید اندازه‌گیری شود
شوری خاک	هدایت الکتریکی خاک
مواد زیستی	نیاز به اکسیژن زیستی (m/l) و نیاز به اکسیژن شیمیایی (m/l)
مواد شیمیایی	ما توصیه می‌کنیم که حداقل غلظت مواد نیتراته (No_3 به meq/l) و فسفره (p به meq/l) اندازه‌گیری شود.
مواد آلی	مواد غیر محلول (درصدی از حجم)، مواد معلق (درصدی از حجم)، رنگ و مزه

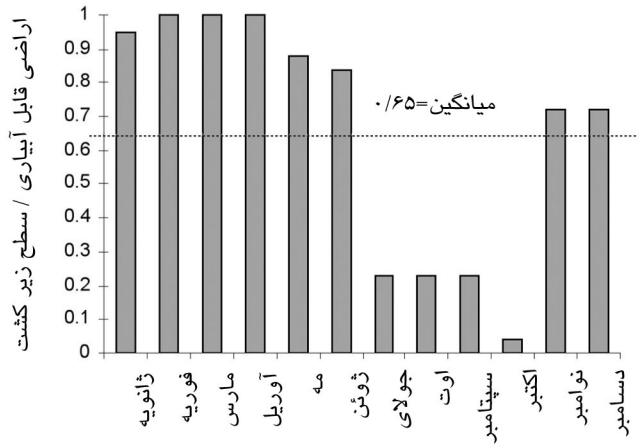
۳-۴-۲-۳- پایداری اراضی قابل آبیاری

تراکم کشت محصول در منطقه آبیاری، به طور سنتی تابعی از تعداد محصولاتی است که در طی یک سال در اراضی تحت آبیاری کشت می‌گردند. البته برای الگوهای کشت محصولات مختلف و زمان‌های رشد بسیار متنوع و باغ‌ها این تراکم کشت به خوبی تعریف نشده است. برای اندازه‌گیری پوشش منطقه قابل آبیاری توسط کشت، توصیه می‌شود که از نسبت زیر استفاده شود:

$$\text{نسبت سطح زیر کشت}^{1} = \frac{\text{میانگین مساحت زیر کشت}}{\text{کل مساحت پیش‌بینی شده برای آبیاری}}$$

1- Cropped Area Ratio

منطقه زیر کشت، میانگین تعیین شده در طول مدت زمان مورد نظر (معمولاً یک ماه، شکل ۳-۱۳ را ببینید) است. منطقه اولیه اشاره به کل منطقه قابل آبیاری در حین طراحی سامانه یا پس از آخرین بازسازی آن دارد. اگر نسبت منطقه را در یک سال معدل‌گیری کنیم، نشان‌دهنده نرخ کشت منطقه قابل آبیاری توسط محصول است. این نسبت معمولاً با استفاده از CRIWAR قابل محاسبه می‌باشد (باس و همکاران ۱۹۹۶).



شکل ۳-۱۳- تغییرات سالانه و معدل نسبت منطقه زیر کشت

در درون منطقه آبیاری، چند مسئله منفی (غرقابی شدن، شوری و کمبود آب در اثر رقابت مصرف‌کنندگان) باعث کاهش منطقه واقعی آبیاری می‌شود. بخش دیگری از کاهش منطقه تحت کشت به خاطر رشد جمعیت و شهری شدن، ساخت جاده و غیره است. جنبه‌های پایانی فیزیکی (منطقه فاریاب) که می‌تواند تحت تأثیر مدیران آبیاری قرار گیرد، عمدتاً در رابطه با تأمین آب بیشتر یا کمتر است که منجر به غرقابی شدن یا شوری می‌گردد. اثرات تجمعی این عوامل منفی بر «نسبت منطقه زیر کشت» را می‌توان با رسم مقادیر سالانه این نسبت اندازه‌گیری کرد.

۳-۴-۳- اقتصاد

هر یک از دست‌اندرکاران کلیدی و تعیین‌کننده در بخش آبیاری، یعنی طراحان و سیاست‌گذاران، کشاورزان و کارکنان مؤسسات آبیاری، دیدگاهی متفاوت در باب عملکرد اقتصادی دارند و بنابراین هر کدام نیاز به مجموعه متفاوتی از شاخص‌ها دارند که این اهداف متفاوت را بیان کند. مدیر سامانه احتمالاً بیشتر علاقمند به منابع اقتصادی موجود در سطح سامانه و سرچشمه مالی آنهاست و احتمالاً چندان دغدغه سوددهی کلی کشاورزی را ندارد و کمترین دلسوزی نسبت به سوددهی کلی مؤسس سامانه را دارد (مگر آنکه در سامانه متعلق به بخش خصوصی از سهام‌داران باشد).

۳-۴-۳-۱- بهره‌وری آب

در بسیاری از مناطق زیر پوشش کشت آبی، منبعی که بیش از پیش نایاب می‌شود آب است. در نتیجه، منطقی است که بهره‌وری آبیاری را براساس کاهش منابع آبی ارزیابی نماییم. این ارزیابی را می‌توان از دیدگاه‌های مختلفی انجام داد. رایج‌ترین آن عبارت از بهره‌وری براساس تبخیر و تعرق واقعی و برحسب حجم آب تأمین شده برای آبیاری است، بهره‌وری آب در این صورت چنین تعریف می‌شود (مولدن و همکاران ۱۹۹۸):

$$\text{بهره‌وری آب (تبخیر و تعرق واقعی)} = \frac{\text{عملکرد محصول برداشت شده}}{\text{تبخیر و تعرق واقعی}}$$

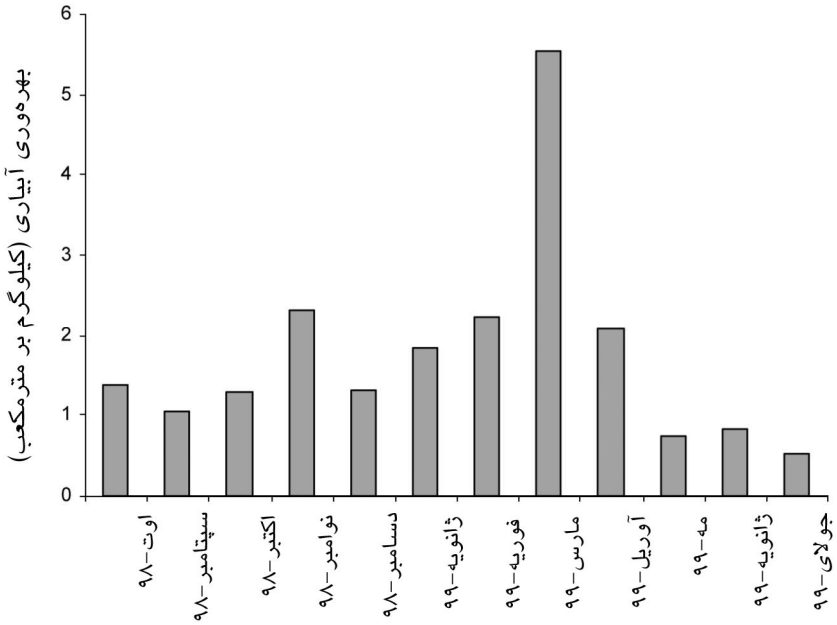
$$\text{بهره‌وری آب } (m^3) = \frac{\text{عملکرد محصول برداشت شده}}{\text{حجم آب تأمین شده برای آبیاری}}$$

کل عملکرد محصول برداشت شده، از حاصلضرب عملکرد در واحد سطح (هکتار/کیلوگرم) و مساحت منطقه مورد نظر (هکتار) بدست می‌آید. اگر از دیدگاه کشاورز نگاه کنیم، حجم آب تأمین شده عبارت از مقدار آبی است که در ابتدای مزرعه اندازه‌گیری می‌شود. چون مقادیر تبخیر و تعرق واقعی و حجم (مورد نیاز) آب آبیاری شدیداً تحت تأثیر آب و هوای محل قرار دارد. در شکل شماره ۳-۱۴

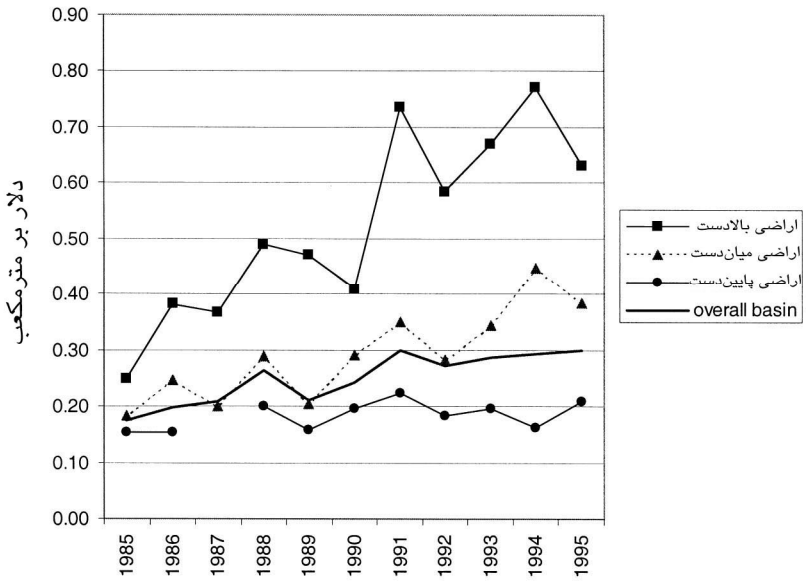
تغییرات بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در واحد حجم آب و در طی زمان، نشان داده شده است.

بهره‌وری آب می‌تواند برحسب «واحد پول در واحد آب مصرفی» بیان شود. درآمد ناخالص حاصله از تولید محصولات عبارت از حاصلضرب عملکرد محصول تولید شده در قیمت واحد آن است (شامل هزینه‌های تولید نیز می‌گردد). این روش، به خصوص در مناطقی که محصولات مختلف و متعددی در آن کشت شده و تحت آبیاری قرار می‌گیرند، مفید و عملی می‌باشد. بدین ترتیب، افزایش بهره‌وری اقتصادی آب می‌تواند ناشی از افزایش عملکرد محصولات یا قیمت واحد آنها باشد.

شکل شماره ۳-۱۵ تغییرات میزان بهره‌وری آب را برحسب زمان و توزیع مکانی در شبکه آبیاری گدیز در ترکیه نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۴- تغییرات بهره‌وری برحسب کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری تأمین شده در طرح نیلو کلهو، برزیل (باستیانسن و همکاران ۲۰۰۱)



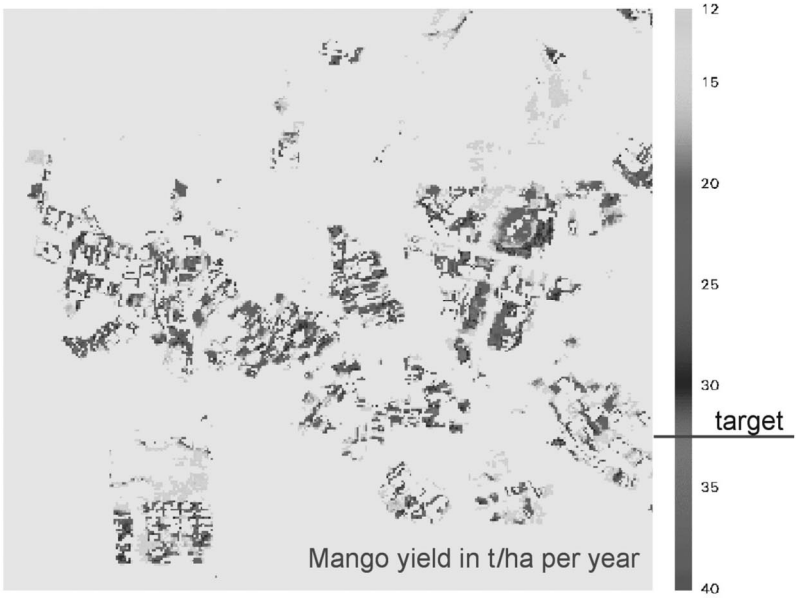
شکل ۳-۱۵- تغییرات بهره‌وری آب در نواحی مختلف شبکه آبیاری گدیز در ترکیه

۳-۴-۳-۲- بهره‌وری خاک

صرف نظر از اقتصادی بودن یک سرمایه‌گذاری ویژه، یا قابل توجیه بودن مؤسسات تأمین آب و سایر ورودی‌ها مانند مواد مصرفی، کشاورزان باید قبل از هر چیز نگران سودآوری فعالیت‌های خود در سطح مزارع خود باشند. ممکن است تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی در سطح سامانه یا منطقه به واسطه هزینه‌های اجرایی بالا، نشان‌دهنده نسب منفی باشد ولی کشاورزانی وجود دارند که همواره تحصیل سود می‌کنند. این منفعت عمدتاً در نتیجه عملکرد محصول و بهای آن در سر مزرعه است. برای ارزیابی عملکرد محصول، باید آن را نسبت به «عملکرد مطلوب» مورد سنجش قرار داد. مقدار عملکرد مطلوب با توجه به نوع محصول، تخصیص آب، حاصلخیزی خاک، مدیریت مزرعه و سایر امور، متغیر است. نسبت بارآوری محصول عبارت است از:

$$\text{نسبت عملکرد محصول}^{1} = \frac{\text{عملکرد واقعی محصول}}{\text{عملکرد مطلوب محصول}}$$

عملکرد واقعی محصول را می‌توان به طور مستقل از مکان و فقط برحسب زمان رسم کرد (مثل شکل ۳-۲). اما رایج‌ترین روش رسم داده‌ها، به صورت تابعی از مکان است (شکل ۳-۱۶). البته برای ارزیابی عملکرد، همیشه باید آن را با میزان مطلوب عملکرد مقایسه نمود.



شکل ۳-۱۶- تنوع بارآوری درخت انبه، با توجه به بارآوری هدف‌گذاری شده در پروژه نیلو کلهو، ۱۹۹۹ (باستیانسن و همکاران ۲۰۰۱)

1- Crop Yield Ratio

م. ممکن است به جای نسبت عملکرد محصول، نسبت تولید محصول را در نظر گرفت در آن صورت در رابطه بالا، تولید واقعی محصول به تولید مطلوب محصول تقسیم می‌گردد.

م. مناطق پر رنگ‌تر مربوط به عملکرد بالاتر می‌باشد.

۳-۴-۳-۳- نسبت خودکفایی مالی سامانه آبیاری

یک گروه از شاخص‌ها، نشان‌دهنده اقداماتی هستند که سعی دارند با افزایش درآمد کسب شده از آب‌بران، تسهیلات لازم برای تأمین هزینه‌های مدیریت نگهداری و راهبری (MO&M) و همچنین تمام یا بخشی از هزینه‌های سرمایه‌ای سامانه‌های آبیاری را تأمین نمایند. اولین شاخص در این گروه، میزان خودکفائی مالی کل سامانه را از لحاظ اقتصادی بیان می‌کند:

$$\text{نسبت خودکفائی مالی مدیریت نگهداری و راهبری}^{1} = \frac{\text{درآمد واقعی سالانه}}{\text{بودجه برای مدیریت، راهبری و نگهداری پایدار}}$$

کلیه نیازهای مربوط به مدیریت راهبری و نگهداری باید بر پایه یک بودجه تفصیلی (و تصویب شده) باشد. این شاخص مسلماً ذهنی است زیرا «نیازها» عمدتاً بستگی به تعداد افراد شاغل در مؤسسه و در همان واحد منطقه آبیاری دارد (درباره گستره این موضوع به باس و ناگسترن ۱۹۷۴ رجوع کنید). البته این شاخص، نمایانگر مقداری است که انتظار داریم این مؤسسه خودکفایی مالی داشته باشد. درآمدی که در بالا برای مؤسسه ذکر شد (اتحادیه آب‌بران، منطقه آبیاری، بخش آبیاری و غیره) ممکن است منابع مختلف درآمدی همچون: گرفتن یارانه از دولت مرکزی، آبونمان آب، فروش درختان حاشیه کانال، انرژی هیدرولیک (آبی) و غیره باشد.

۳-۴-۳-۴- نسبت راهبری و نگهداری[2]

برای تعیین کارایی مؤسسه آبیاری برحسب تحویل واقعی آب (راهبری سامانه) و نگهداری کانال‌ها، در رابطه با راهبری و نگهداری از کل سامانه آبیاری و زهکشی، از شاخص نسبت راهبری و نگهداری استفاده می‌شود.

1- MO&M Funding Ratio
2- O&M Fraction

$$\text{نسبت راهبری و نگهداری}^{1} = \frac{\text{هزینه‌های راهبری و نگهداری}}{\text{کل بودجه مؤسسه}}$$

این شاخص در رابطه با حقوق افراد مسئول راهبری (دریچه‌بان‌ها و سایر افراد) به علاوه هزینه‌های نگهداری و سرمایه‌گذاری‌های جزئی در سامانه (تعویض قطعات لوله‌ها یا کانال‌ها و سازه‌های آسیب‌دیده) است. برای تعیین نسبت بهره‌برداری و نگهداری، باید ارقام بودجه سالانه به همان ترتیبی که توسط مسئولان آبیاری و از جانب آب‌بران در منطقه منتخب پیشنهاد شده و بودجه‌های تصویب شده (اختصاص یافته برای هر مورد)، و درآمد واقعی کسب شده در آن سال، مشخص گردد. جدول ۳-۹ مثالی از طرح آبیاری تونویان[2] در مندوزای آرژانتین است.

جدول ۳-۹- درصد میانگین وزنی بودجه هر یک از اقلام سامانه آبیاری تونیان در آرژانتین (ماره و همکاران، ۱۹۹۸)

مساحت واحدهای کشاورزی (هکتار)	میانگین نسبت مدیریت، راهبری و نگهداری از کل بودجه (٪)	اقلام راهبری و نگهداری			مدیریت		
		حقوق کارکنان راهبری و نگهداری	نگهداری و لایروبی کانال‌ها	کارهای جزئی	مخارج روزانه و حمل و نقل	هزینه اداری	سایر اقلام
کمتر از ۱۰۰۰	۶۵	۳۸	۱۶	۱۱	۱۲	۱۷	۶
۱۰۰۱-۳۰۰۰	۵۸	۳۳	۱۸	۷	۲۰	۱۶	۶
۳۰۰۱-۶۰۰۰	۵۹	۳۱	۲۴	۵	۹	۱۱	۲۰
۶۰۰۱-۹۰۰۰	۶۱	۴۱	۱۷	۳	۱۰	۱۰	۱۹
۹۰۰۱-۱۲۰۰۰	۵۶	۴۲	۱۲	۲	۱۳	۹	۲۲
بیشتر از ۱۲۰۰۰	۸۰	۵۰	۲۰	۱۰	۱۰	۲	۸
میانگین	۶۳	۳۹	۱۸	۶	۱۲	۱۱	۱۴

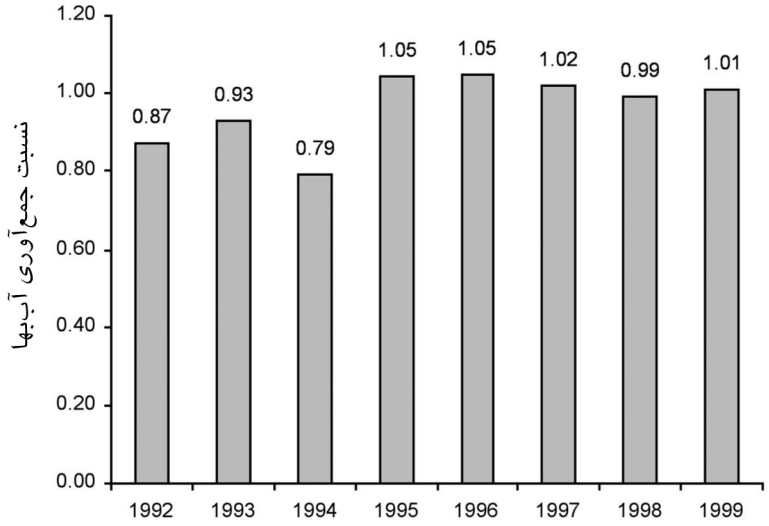
1- O&M Fraction
2- Tunuyan

۳-۴-۳-۵- نسبت جمع‌آوری آب‌بها

در بسیاری از مناطق تحت آبیاری، از کشاورزان، آب‌بها گرفته می‌شود. نسبت آب‌بهای جمع‌آوری شده توسط انجمن آب‌بران یا مؤسسات محلی، به کل آب‌بهای پیش‌بینی شده، شاخص مهمی برای ارزیابی میزان مقبولیت خدمات تحویل آب به مصرف‌کنندگان محسوب می‌گردد. این شاخص بدینگونه تعریف می‌شود:

$$\text{نسبت جمع‌آوری آب‌بها}^{1} = \frac{\text{آب‌بهای جمع‌آوری شده}}{\text{آب‌بهای پیش‌بینی شده}}$$

شکل ۳-۱۷، نسبت جمع‌آوری آب‌بها را در پروژه نیلو کولهو واقع در برزیل (۱۵۲۰۰ هکتار) نشان می‌دهد. تا سال ۱۹۹۴، نسبت جمع‌آوری آب‌بها برای تأمین هزینه‌های نگهداری بسیار ناکافی بود. با اجرای قاطعانه سیاست «عدم پرداخت آب‌بها مساوی است با عدم تحویل آب»، این نسبت تا ۱/۰۵ افزایش پیدا کرد و نشان‌دهنده آن است که کشاورزان بدهی معوقه خود را نیز پرداخت کرده‌اند.



شکل ۳-۱۷- نسبت جمع‌آوری آب‌بها در پروژه نیلو کولهو برزیل

1- Fee Collection Ratio

۳-۴-۳-۶- نسبت هزینه آب

از دیدگاه کشاورزان، نسبت هزینه‌های آبیاری و زهکشی به کل هزینه‌های تولید را می‌توان برای تعیین و به صرفه بودن آبیاری به کار برد. نسبت هزینه‌های آب مساوی است با:

$$\text{نسبت هزینه آب}^{1} = \frac{\text{کل هزینه آبیاری}}{\text{کل هزینه تولید محصول اصلی}}$$

کل هزینه تولید محصول شامل هزینه آب (آبونمان‌ها، انرژی پمپاژ)، بذر، کود، حشره‌کش‌ها، نیروی کار و غیره است. برای آبیاری سطحی این نسبت اغلب در حدود ۰/۰۳ یا ۰/۰۴ است. اگر تأمین آب از طریق پمپاژ آب زیرزمینی صورت گیرد، این رقم ممکن است به ۰/۱۰ نیز برسد. چنانچه این نسبت بیشتر شود، ممکن است کشاورزان تمایل به کنار گذاردن آبیاری پیدا کنند.

۳-۴-۳-۷- نسبت بهای محصول

در انتهای فصل آبیاری، کشاورز نرخ معقولی برای فروش محصول در سر مزرعه دارد. در این رابطه نسبت بین نرخ فروش محصول در سر مزرعه به بهای همان محصول در نزدیک‌ترین بازار، درجه معقول بودن نرخ را معین می‌کند. «نسبت بهای محصول» که برای محاسبه این پارامتر کلیدی توصیه می‌گردد، بدین صورت تعریف می‌شود:

$$\text{نسبت بهای محصول}^{2} = \frac{\text{بهای محصول در سر مزرعه}}{\text{بهای محصول در نزدیک‌ترین بازار}}$$

1- Relative Water Cost
2- Price Ratio

این نسبت در شرایط توزیع ناکافی بازارها و سامانه‌های بازاریابی ناکارآمد و طولانی بودن فاصله مزرعه تا نزدیک‌ترین بازار، کاهش می‌یابد. نازل بودن این رقم، رایج‌ترین دلیل برای تعویض نوع کشت توسط کشاورز و یا توقف کشت بطور کامل می‌باشد.

۳-۴-۴- شاخص‌های سنجش از دور[1]

دستیابی به اطلاعات، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بکارگیری روش‌های سنجش از دور، با توجه به کاهش هزینه تهیه تصاویر و پیشرفت‌های نرم‌افزاری و رایانه‌ای، امکان‌پذیر شده است. ترکیب این پیشرفت‌ها انجام مطالعات در زمینه شرایط رشد محصولات در مقیاس‌های مختلف اعم از مزارع کوچک تا سطح مناطق وسیع برای اجرای طرح‌ها و یا حوضه‌های آبی را تسهیل کرده است. از داده‌های عمومی (ماهواره‌ای) که در سایت‌های اینترنت ارائه شده، می‌توان برای محاسبه تبخیر و تعرق واقعی و بالقوه محصول، رطوبت خاک و میزان رشد گیاهان استفاده کرد. نقشه‌های تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان با سامانه توزیع و تحویل آب آبیاری ادغام کرد و مقادیر (ماهانه) شاخص‌های عملکرد در واحدهای مختلف آبیاری (زیر پوشش کانال‌های جانبی یا درجه ۳) را از طریق سامانه اطلاعات جغرافیائی[2] بررسی و ارائه نمود. صحت این نوع اطلاعات، با نتایج اندازه‌گیری پارامترها به روش‌های قدیمی به خوبی قابل مقایسه می‌باشد (فصل ۶).

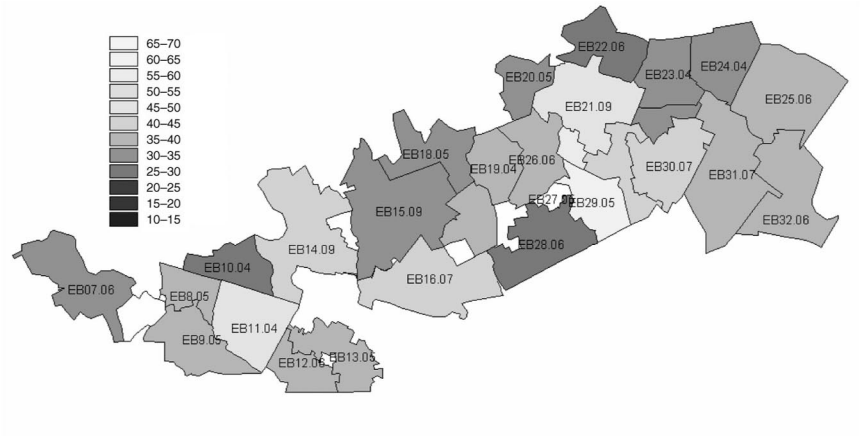
۳-۴-۴-۱- کمبود آب مورد نیاز

کمبود آب مورد نیاز محصول در یک دوره زمانی عبارت از تفاوت میان تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل (بالقوه) الگوی کشت در یک منطقه معین است. دوره زمانی رایج در این رابطه، یک ماه است. بنابراین:

کمبود آب مورد نیاز= $ET_p - ET_a$ و برحسب میلی‌متر در ماه

1- Emerging Indicators From Remote Sensing
2- GIS

شکل ۳-۱۸ مقادیر ماهانه از ۰ تا ۹۰ میلی‌متر در ماه برای واحدهای زیر پوشش کانال‌های درجه ۲ پروژه نیلو کولهوی برزیل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۸- توزیع مکانی کمبود آب مورد نیاز (به میلیمتر بر ماه در ماه ژانویه ۱۹۹۹) در سامانه فرعی طرح نیلو کولهو (باستیانسن و همکاران ۲۰۰۱)

اگر به عنوان مثال متوسط کمبود آب مورد نیاز، یک میلی‌متر در روز باشد یعنی در هر ماه معادل ۳۰ میلی‌متر آب کم خواهیم داشت. آنگاه فقط تعداد اندکی از واحدهای زیر پوشش کانال‌های جانبی در دامنه مناسب قرار می‌گیرند. در دسترس بودن داده‌ها برای هر سلول تصویری (پیکسل)[1]، امکان محاسبه میانگین و انحراف معیار شاخص‌ها را فراهم می‌کند. همچنین، درصد پیکسل‌های خارج از دامنه مجاز آن شاخص عملکرد را می‌توان محاسبه کرد. بنابراین، داده‌های حاصل از روش سنجش از دور، برای کسب اطلاعات زمانی- مکانی در مورد عملکرد آبیاری مناسب می‌باشند.

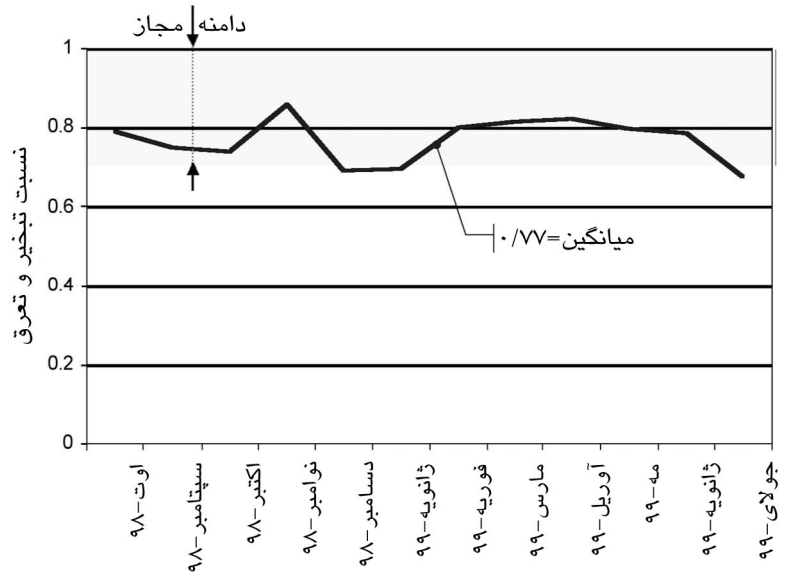
1- Pixel - عنصر تصویر، سلول تصویر

۳-۴-۴-۲- نسبت تبخیر و تعرق

به منظور ارزیابی کفایت تحویل آب آبیاری به منطقه منتخب تحت پوشش و به صورت تابعی از زمان، نسبت بدون بُعد «تبخیر و تعرق واقعی بر روی تبخیر و تعرق بالقوه» اطلاعات ارزشمندی را در اختیار می‌گذارد. این نسبت بدین صورت تعریف می‌شود:

$$\text{نسبت تبخیر و تعرق}^{1} = \frac{\text{تبخیر و تعرق واقعی}}{\text{تبخیر و تعرق پتانسیل (بالقوه)}}$$

شکل ۳-۱۹- مقادیر میانگین ماهانه این نسبت در مورد پروژه نیلو کولهو (۱۲۸۴۹ هکتار) را ارائه می‌کند. مقدار این شاخص، در مرز پایینی دامنه محدوده مجاز، تقریباً ثابت، می‌باشد.



شکل ۳-۱۹- تغییرات زمانی شاخص نسبت تبخیر و تعرق در رابطه با دامنه مجاز پروژه نیلو کولهو

1- Relative Evapotranspiration

۳-۴-۴-۳- رطوبت نسبی خاک

رطوبت نسبی خاک، معیاری برای ارزیابی سهولت جذب آب توسط محصول (آبیاری شده) از عمق توسعه ریشه است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

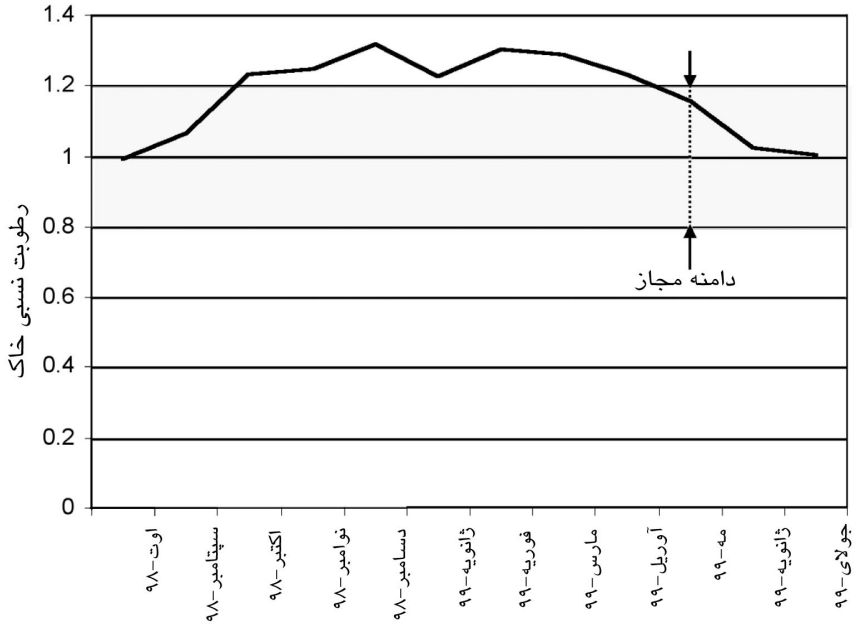
$$\text{رطوبت نسبی خاک}^{1} = \frac{\theta_a}{\theta_{FC}}$$

θ_a = مقدار حجمی رطوبت اندازه‌گیری شده (واقعی) خاک در منطقه ریشه (Cm^3/Cm^3)

θ_{FC} = مقدار حجمی رطوبت خاک در شرایط ظرفیت نگهداری (Cm^3/Cm^3)

شکل ۳-۲۰- نشان می‌دهد که نوسان رطوبت نسبی خاک در طول سال در پروژه نیلو کلهو اندک است و در اکثر مواقع بیشتر از ۱ می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که رطوبت خاک معمولاً بالاتر و یا مساوی ظرفیت نگهداری است. روش‌های آبیاری قطره‌ای، آب را در منطقه ریشه در سطح رطوبتی مناسب نگه می‌دارد. از اکتبر تا آوریل می‌توان میزان آب آبیاری را کاهش داد بدون آنکه عملکرد محصول دچار کاهش شود زیرا در این دوره زمانی، رطوبت خاک بیشتر از ظرفیت نگهداری می‌باشد.

1- Relative Soil Wetness



شکل ۳-۲۰- تغییرات رطوبت نسبی خاک در طول فصل آبیاری

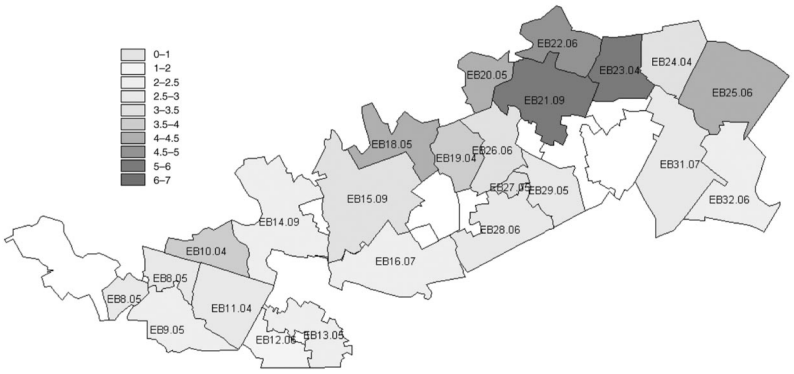
۳-۴-۴-۴- نسبت ماده خشک محصول به حجم آب تأمین شده

نسبت عملکرد ماده خشک به حجم آب تأمین شده، می‌تواند جانشینی برای شاخص بهره‌وری آب باشد. این نسبت، رشد محصول را در قالب وزن ماده خشک (بالای سطح زمین) (کیلوگرم در هکتار در ماه) به حجم آب تحویل شده به منطقه تحت آبیاری (مترمکعب در ماه) بیان می‌کند:

$$\text{نسبت ماده خشک محصول به حجم آب تأمین شده} = \frac{Bio}{V_c}$$

تنوع مکانی تولید ماده حیاتی نیز مانند عملکرد محصول، اطلاعات مدیریتی با ارزشی درباره چگونگی استفاده از آب را ارائه می‌کند. شکل ۳-۲۱ این تنوع گسترده

را برای ماه فوریه سال ۱۹۸۸ برای طرح آبیاری نیلوکلهو نشان می‌دهد. چارچوب مشابهی را می‌توان برای هر ماه تهیه کرد.



شکل ۳-۲۱- نسبت ماده خشک محصول به حجم آب تأمین شده در ماه فوریه ۱۹۹۸ (کیلوگرم بر مترمکعب) در طرح آبیاری نیلو کلهو (باستیانسن و همکاران ۲۰۰۱).

اگر میانگین شاخص برداشت محصول (محصول درو شده نسبت به تولید ماده حیاتی) برای محصولی معلوم باشد، می‌توان نسبت بالا را به داده‌های بهره‌وری تبدیل کرد.

۳-۵- گروه‌بندی شاخص‌ها

همانگونه که در فصل دوم بحث شد، ارزیابی تفصیلی عملکرد بستگی به اهداف آن دارد. محققان تمایل دارند که عملکرد را با جزئیات کامل ارزیابی کنند. با توجه به تنوع رشته‌های موجود، از تمام شاخص‌ها می‌توان استفاده کرد. البته، هزینه گردآوری و اداره تمام داده‌های موجود، برای مدیریت بهره‌برداری از سامانه قابل توجیه نیست. برای این منظور می‌توان توصیه کرد که تعداد شاخص‌ها را تا حد مقدور کاهش دهیم. لیست کوتاه گزینش بستگی به شرایط محلی (مرزی) و علت انجام ارزیابی دارد (فصل ۲). به طور مثال سیاست‌گذاران (در سطح برنامه‌ریزی حوضه رودخانه و طرح‌های آبیاری) اغلب مباحث راهبردی را در نظر می‌گیرند، در حالیکه مدیران

سامانه تمایل به تمرکز بر روی مسائل راهبری دارند، مگر اینکه مشکل عمده‌ای نیاز به علت‌یابی داشته باشد. تقسیم‌بندی شاخص‌ها براساس این وظایف در جدول شماره ۳-۱۰ آورده شده است.

جدول ۳-۱۰- کارکرد اصلی (راهبردی، راهبری یا تشخیص) شاخص‌های منتخب برای ارزیابی عملکرد

	راهبردی یا سیاست‌گذاری	راهبری	تشخیصی
موازنه آبی، خدمات تحویل آب و نگهداری			
نسبت مصرف کل		✓	✓
نسبت کاربرد آب در مزرعه		✓	✓
نسبت مصرف آب	✓		✓
نسبت زهکشی	✓		✓
نسبت جریان خروجی به جریان ورودی		✓	✓
نسبت عملکرد تحویل آب (مقدار واقعی بر روی مقدار مطلوب برحسب دبی، حجم و زمان)		✓	✓
اعتمادپذیری فواصل زمانی تحویل آب آبیاری		✓	✓
نسبت سطح آب در کانال به نسبت سطح طراحی شده			
اثربخشی تأسیسات زیربنایی		✓	✓
محیط زیست			
عمق آب زیرزمینی	✓		✓
آلودگی آب	✓		✓
پایداری اراضی آبیاری	✓		✓
اقتصاد			
بهره‌وری آب (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب ET واقعی یا کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری)	✓		✓
بهره‌وری آب (برحسب کیلوگرم در هکتار منطقه تحت پوشش یا کیلوگرم در هکتار منطقه زیر کشت)	✓	✓	✓
نسبت خودکفایی مالی مدیریت نگهداری و راهبری	✓	✓	
نسبت راهبری و نگهداری		✓	✓
نسبت جمع‌آوری آب‌بها		✓	
نسبت هزینه آب			✓
نسبت بهای محصولات	✓		✓
شاخص‌های سنجش از دور			
کمبود آب مورد نیاز	✓	✓	✓
نسبت تبخیر و تعرق	✓	✓	✓
رطوبت نسبی خاک	✓	✓	✓
نسبت ماده خشک محصول به حجم آب تأمین شده	✓	✓	✓

۳-۶- منابع

Bastiaanssen, W.G.M. and Bos, M.G. (1999) Irrigation performance indicators based on remotely sensed data: a review of literature. *Irrigation and Drainage Systems* 13, 291–311.

Bastiaanssen, W.G.M, Brito, R.A.L, Bos, M.G, Souza, R, Cavalcanti, E.B. and Bakker, M.M. (2001) Low cost satellite data applied to performance monitoring of the Nilo Coelho irrigation scheme, Brazil. *Irrigation and Drainage Systems* 15, 53–79.

Bos, M.G. (1996) *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on the Interrelationship between Irrigation*, *Drainage and the Environment in the Aral Sea Basin.* Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

Bos, M.G. (1997) Performance indicators for irrigation and drainage. *Irrigation and Drainage Systems* 11, 119–137.

Bos, M.G. (2001) Why would we use a GIS DataBase and Remote Sensing in irrigation management? In: van Dijk, A. and Bos, M.G. (eds) *GIS and Remote Sensing Techniques in Land and Water Management.* Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1–8.

Bos, M.G. and Nugteren, J. (1990) *On Irrigation Efficiencies*, 4th edn. ILRI publication 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

Bos, M.G., Wolters, W., Drovandi, A. and Morabito, J.A. (1991) The Viejo Retamo secondary canal – performance evaluation case study: Mendoza, Argentina. *Irrigation and Drainage Systems* 5, 77–88.

Bos, M.G., Abdel-Dayem, S. and Abdel-Rahman Attia, F. (1994a) Assessing performance of irrigation and drainage: examples from Egypt. *Proceedings 8th IWRA World Congress on Water Resources*, Cairo, November 1994. Volume 1, T4-S1, pp. 6.1–6.18.

Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G. and Snellen,W.B. (1994b) Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Irrigation and Drainage Systems* 7, 231–261.

Bos, M.G., Vos, J. and Feddes, R.A. (1996) *CRIWAR 2.0: A Simulation Model on Crop Irrigation Water Requirements*. ILRI publication 46. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

Bos, M.G., Salatino, S.S. and Billoud, C.G. (2001) The water delivery performance within the Chivilcoy Tertiary Unit. *Irrigation and Drainage Systems* 15, 311–325.

Bustos, R.M., Marre, M., Salatino, S., Chambouleyron, J. and Bos, M.G. (1997) Performance of water users associations in the lower Tunuyan area. Submitted for publication to *Irrigation and Drainage Systems*.

Chambouleyron, J. (1994) Determining the optimal size of water users' associations. *Irrigation and Drainage Systems* 8, 189–199.

Clemmens, A.J. and Bos, M.G. (1990) Statistical methods for irrigation system water delivery performance evaluation. *Irrigation and Drainage Systems* 4, 345–365.

ICID (1978) Standards for the calculation of irrigation efficiencies. *ICID Bulletin* 27, 91–101.

International Irrigation Management Institute (IIMI) (1989) Efficient irrigation management and system turnover. Final Report. Volume 2. ADB Technical Assistance TA 937-INO, Indonesia.

Irrigation Management Policy Support Activity (IMPSA) (1991) *Modernizing the Irrigated Agriculture Sector: Transformations at the Macro-institutional Level*. Policy paper no. 4. IMPSA Secretariat, Colombo, Sri Lanka.

Jurriens, M., Zerihun, D., Boonstra, J. and Feyen, J. (2001) *SURDEV: Surface Irrigation Software.* International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

Kijne, J., Barker, R. and Molden, D. (eds) (2003) *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement.* CAB International, Wallingford, UK.

Marre, M., Bustos, R., Chambouleyron, J. and Bos, M.G. (1997) Irrigation water rates in Mendoza's decentralized irrigation administration. In: van Hofwegen, P.J.M. and Schultz, E. (eds) *Financial Aspects of Water Management.* Balkema Publishers, Rotterdam, pp. 25–40. Revised edition: *Irrigation and Drainage Systems* 12, 67–83.

Merrey, D.J., de Silva, N.G.R. and Sakthivadivel, R. (1992) A participatory approach to building policy consensus: the relevance of the Irrigation Management Policy Support Activity of Sri Lanka for other countries. *IIMI Review* 6, 3–13.

Molden, D.J. (1997) *Accounting for Water Use and Productivity.* SWIM (System Wide Initiative on Water Management) report number 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Molden, D.J. and Gates, T.K. (1990) Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 116.

Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., de Fraiture, C. and Kloezen, W.H. (1998) *Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems*. Research report 20. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Morabito, J., Bos, M.G., Vos, S. and Brouwer, R. (1998) The quality of service provided by the Irrigation Department to the users associations, Tunuyan system, Mendoza, Argentina. *Irrigation and Drainage Systems* 12, 49–65.

Murray-Rust, D.H. and Snellen, W.B. (1993) *Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*. (Joint publication of IIMI, ILRI and IHE.) IIMI, Colombo, Sri Lanka.

Renault, D., Hemakumara, M. and Molden, D.J. (2001) Importance of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics: evidence from Sri Lanka. *Agricultural Water Management* 46, 215–230.

Sakthivadivel, R., de Fraiture, C., Molden, D.J., Perry, C. and Kloesen, W. (1999) Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture. *Water Resources Development* 15, 161–179.

Small, L. (1992) *Evaluating Irrigation System Performance with Measures of Irrigation Efficiencies*. ODI Irrigation Management Network Paper No. 22. Overseas Development Institute, London.

Small, L.E. and Svendsen, M. (1990) A framework for assessing irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems* 4, 283–312. Revised edition as: Working Paper on Irrigation Performance 1. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

Smit, M. (1989) *CROPWAT: Program to Calculate Irrigation Requirements and Generate Irrigation Schedules.* Irrigation and Drainage Paper 46. FAO, Rome.

Till, M.R. and Bos, M.G. (1985) The influence of uniformity and leaching on the field application efficiency. *ICID Bulletin* 34.

Wolters, W. (1992) *Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use.* ILRI publication no. 51. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

Wolters, W. and Bos, M.G. (1990) *Irrigation Performance Assessment and Irrigation Efficiency*. 1989 Annual Report. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, pp. 25–37.

فصل چهارم

ارزیابی عملکرد راهبردی و عملیاتی

۴-۱- پیشگفتار

در این فصل، به عملکرد روزانه و تأثیرگذاری آن در مدیریت سامانه‌های آبیاری و زهکشی پرداخته می‌شود.

چگونگی ارائه خدمات آبیاری و زهکشی از طراحی کارهای زیربنائی و ساختار مدیریتی سامانه آبیاری و زهکشی تأثیر می‌پذیرد و دست‌آوردهای آن نیز در ارزیابی عملکرد راهبردی و عملیاتی متفاوت خواهند بود.

بحث اصلی این فصل نحوه ارائه عملکرد است که اجزاء اصلی آن عبارتند از:

- تعیین مشخصات خدمات و سطح ارائه آن بین تأمین‌کننده آب و آب‌بران
- توافقنامه بین آب‌بران و تأمین‌کننده خدمات آبیاری در مورد حقوق و مسئولیت‌های آب‌بران به خصوص در زمینه پرداخت بهای خدمات
- روش‌های نظارت بر خدمات ارائه شده و مسئولیت‌های اجرائی
- روش‌های ارزشیابی خدمات ارائه شده و مسئولیت‌های اجرائی

مؤسسات ارائه‌کننده خدمات آبیاری و زهکشی در مقابل برداشت و انحراف آب، انتقال، توزیع و تحویل آن به آب‌بران، و نیز زهکشی و تخلیه زه‌آب‌ها مسئولیت دارند. مشخصات سطح خدمات تأمین شده متغیر است و معمولاً به اعتمادپذیری، کفایت و به موقع بودن تأمین و تحویل آب بستگی دارد. توافق بین آب‌بران و تأمین‌کننده خدمات، می‌تواند به صورت صریح و یا ضمنی باشد. صریح به صورت قرارداد یا اسناد حقوقی (قوانین، اساسنامه‌ها، یا آئین‌نامه‌ها) و ضمنی به صورت عرف، رسم یا تبعیت از رویه گذشته، می‌باشد.

موضوعات عمده این توافق‌ها عموماً مواردی نظیر پرداخت آب‌بها، مسئولیت آب‌بران در نگهداری و مراقبت و عدم استفاده غیر مجاز از سازه‌های آبیاری و زهکشی را در برمی‌گیرد. در بسیاری از کشورها، قوانین و مقررات و همچنین نقش‌ها، وظائف و مسئولیت‌های دستگاه‌های ذیربط، در مجموعه قوانین ملی مرتبط با آبیاری و زهکشی شکل گرفته است. این خط‌مشی‌ها که در یک کشور و یا منطقه رایج شده است با مبادله توافقنامه بین آب‌بران و تأمین‌کننده خدمات برای یک سامانه خاص، مسئولیت و حسابرسی بیشتری را بین این دو طرف، برقرار می‌کند.

۴-۲- ارائه خدمات

۴-۲-۱- تعریف ارائه خدمات

دو عامل اساسی در مدیریت سامانه‌های آبیاری و زهکشی در یک منطقه معین، تأمین آب آبیاری و زهکشی و تخلیه به موقع زه‌آب‌ها می‌باشد. سطح خدماتی که ارائه می‌گردد بایستی منطبق بر استانداردهای خدمات راهبری باشد. سطح تأمین خدمات آبیاری و زهکشی توسط مولانو و هوف وگن در سال ۱۹۹۹ چنین تعریف شده است:

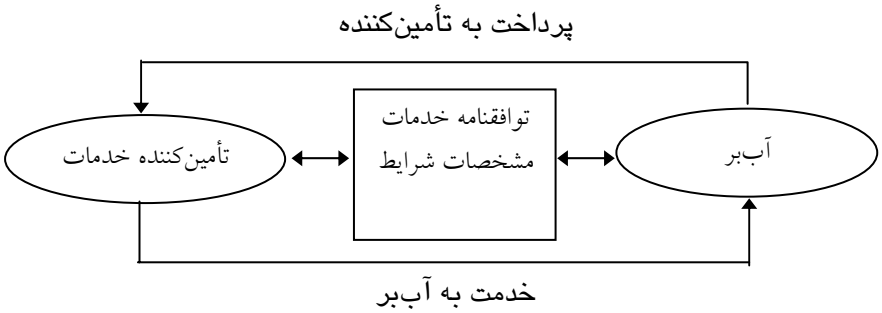
دسته‌ای از استانداردهای راهبری توسط سازمان آبیاری و زهکشی از طریق تعامل با آب‌بران و دولت و دیگر گروه‌های مؤثر در مدیریت سامانه آبیاری و زهکشی شکل می‌گیرد.

در واقع، تعیین رسمی سطح خدمات برای یک سامانه آبیاری و زهکشی از طریق مشاوره بین تأمین‌کننده خدمات و آب‌بران حاصل می‌شود. در بعضی از سامانه‌ها، سطح خدمات بطور روشن و صریح بیان شده، در حالیکه در سامانه‌های دیگر اینکار صورت نگرفته است. امروزه در اکثر سامانه‌ها از طریق مشارکت بیشتر آب‌بران در فرآیند مدیریت، سطح خدمات به صورت شفاف بیان می‌شود.

اجزای اصلی ارائه خدمات عبارتند از:

- تأمین خدمات
- پرداخت بهای خدمات
- توافقنامه خدمات

توافقنامه خدمات شامل مشخصات و شرایطی مانند جزییات، نوع خدمات و پرداخت آب‌بها می‌باشد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- تعامل اجزای اصلی ارائه خدمات (هوپرت[1] و اوربان[2]، ۱۹۹۸)

مشخصات خدمات، نوع و استاندارد خدمات قابل ارائه را تعیین می‌کند. (به عنوان مثال: تأمین آب آبیاری پس از ۲۴ ساعت از دریافت درخواست آب‌بر یا زهکشی آب‌های سطحی بعد از ۲۴ ساعت بارش سنگین). شرایط قرارداد نیز شامل حق‌الزحمه‌ای است که در ازای ارائه خدمات دریافت می‌شود (به عنوان مثال، آب‌بهایی که در مقابل آب تحویل شده، و یا زهکشی انجام شده دریافت خواهد شد).

توافقنامه خدمات معمولاً بین دو طرف منعقد می‌شود. در صورت وجود انجمن‌های آب‌بران، اغلب توافقنامه‌ها، بین مؤسسه ارائه‌کننده خدمات و انجمن فوق و با توجه به قوانین و آئین‌نامه‌ها منعقد می‌گردد. در این فرآیند، آب‌بران از حقوق (شامل: درخواست و دریافت آب) و وظائف خود (شامل: پرداخت آب‌بهاء، مشارکت در نگهداری) آگاه می‌شوند. تأمین‌کننده آب در این شرایط می‌تواند به استانداردهای توافق شده برسد. در این فرآیند تأمین آب آبیاری و زهکشی پساب‌ها بطور شفاف و قابل محاسبه بیان می‌گردد، همچنین ارزیابی عملکرد به عنوان یک عامل کلیدی، هر دو طرف را در وضعیت قابل محاسبه قرار می‌دهد.

1- Huppert
2- Urban

تأکید اصول ارزیابی عملکرد غالباً بر دیدگاه‌های فنی (فاصله آبیاری، بده و مدت تهیه آب) استوار است و از دیدگاه سازمانی به چارچوب قانونی، تصمیم‌گیری مدیریت یا رفتارهای اجتماعی ارائه خدمات به صورت اساسی توجه می‌شود تا به خوبی به انجام برسند.

اگر سامانه‌های قوی و فنی به اندازه کافی به سازماندهی خود توجه ننمایند اغلب شکست می‌خورند. در حالیکه سامانه‌های با سطح فنی پائین‌تر در محیط‌های سازمانی بهتری کار می‌کنند (به عنوان مثال سامانه سوبک در بالی و سامانه‌های آبیاری تپه‌ای در نپال).

در ارزیابی عملکرد، بایستی به دیدگاه‌های کیفی همانند دیدگاه‌های کمی در مدیریت سامانه توجه شود. براساس بحث‌های فصل دوم، اینگونه بررسی‌ها در محدوده برنامه ارزیابی عملکرد باید مدنظر قرار گیرد.

۴-۲-۲- تنظیم شرح خدمات

سامانه‌های آبیاری و زهکشی عمدتاً با اهداف مختلفی توسعه یافته‌اند، تعدادی از آنها در مرحله اول برای کنترل سیلاب و در مرحله دوم برای آبیاری و زهکشی طراحی شده‌اند. سامانه‌های دیگری نیز برای ذخیره‌سازی و تحویل حداقل آب آبیاری برای مقابله با خشکسالی و سامانه‌هائی هم برای خرید و فروش آب طراحی شده‌اند.

شرح خدمات بیانگر چگونگی انجام کارها برای رسیدن به اهداف پروژه می‌باشد، مثلاً آب را می‌توان در دوره‌های زمانی معین تحویل داد و یا آن را برحسب تقاضای هر آب‌بر توزیع نمود. هر نوع خدمتی دارای مزایای مختلف و هزینه‌های مرتبط با آن است و لازم است با شرایط محلی هماهنگ شود، برای مثال تحویل آب دوره‌ای ممکن است برای رشد برنج مطلوب باشد، اما شاید برای اراضی زیر کشت سبزیجات که نیازمند انعطاف بیشتری برای دریافت آب دارد، نامناسب باشد. هزینه ارائه خدمات دوره‌ای احتمالاً بسیار ارزان‌تر از حالت ارائه خدمات برحسب تقاضا است، زیرا که این حالت نیاز به سازه‌های بیشتری برای کنترل و اندازه‌گیری آب در نقاط متعدد داشته و عموماً به مدیریت قوی‌تری نیازمند است.

رپلوگل[1] و مریام[2] در سال ۱۹۸۰ طبقه‌بندی مفیدی از برنامه زمانی خدمات آبیاری را ارائه داده‌اند که متکی بر سه متغیر فاصله آبیاری، بده و مدت می‌باشد (جدول ۴-۱). این سه متغیر ناظر بر ساختمان‌های کنترل و سامانه‌های انتقال می‌باشند. به عنوان مثال در سامانه‌های برداشت آب از رودخانه با سامانه‌های کنترل محدود، شاخص‌های آب تحویل شده به آب‌بر، شامل فاصله آبیاری و مدت همیشه ثابت بوده و بده جریان برحسب میزان تخلیه از رودخانه کنترل می‌گردد. در صورتیکه در سامانه‌های برحسب تقاضا، این شاخص‌ها متغیر خواهند بود. در این حالت تنها محدودیت موجود، ظرفیت طراحی سامانه‌های روباز یا تحت فشار می‌باشد.

کلیه برنامه‌های زمانی آبیاری (تقویم آبیاری) از برنامه‌های برحسب تقاضا، که در آنها فاصله آبیاری، بده و مدت زمان محدود نیست تا برنامه‌های با دوره‌های زمانی معین که بده، فاصله آبیاری و مدت تماماً معین و ثابت است، را می‌توان براساس این سه متغیر تعریف نمود، برنامه‌های آبیاری برحسب تقاضا یا تقاضا با بده جریان محدود، غالباً با استفاده از تجهیزات خودکار اجرا می‌شود در حالیکه برنامه‌های آبیاری از پیش توافق شده و یا با بده جریان محدود، توسط سامانه‌های آبیاری مجهز به دریچه‌های کنترل متغیر و سازه‌های اندازه‌گیری انجام می‌گردد. برنامه‌های آبیاری با بده و فاصله آبیاری ثابت توسط سامانه‌های مجهز به دریچه‌های کنترل محدود یا سازه‌های ثابت تقسیم مناسب آب عملی می‌گردد. از اینرو ساختار فنی سامانه آبیاری و زهکشی، بطور قطعی به سطح خدماتی که ارائه می‌کند و همچنین بر نوع و میزان برنامه ارزیابی عملکرد تأثیرگذار خواهد بود.

1- Replogle
2- Merriam

جدول ۴-۱- انواع برنامه‌های زمانی آبیاری (رپ لوگل و مه ریام، ۱۹۸۰)

نوع برنامهٔ زمانی	فاصله آبیاری	بده	مدت
برحسب تقاضا	نامحدود	نامحدود	نامحدود
برحسب تقاضا، بده محدود	نامحدود	محدود	نامحدود
توافق شده	توافق شده	نامحدود	نامحدود
توافق شده ، بده محدود	توافق شده	محدود	نامحدود
توافق شده ، تحت نظارت	توافق شده	ثابت	ثابت
مدت ثابت، توافق شده- تحت نظارت	توافق شده	ثابت	تعیین شده توسط سیاست‌گذاری
مقدار متغیر، فاصله آبیاری ثابت (گردش مقدار اصلاح می‌شود)	معین	متغیر تعیین شده	معین
مقدار ثابت، فاصله آبیاری متغیر (گردش فاصله آبیاری اصلاح می‌شود)	متغیر تعیین شده	معین	معین
مقدار ثابت، فاصله آبیاری ثابت (گردش در تحویل کامل آب)	معین	معین	معین

نامحدود: نامحدود و کنترل توسط آب‌بر

محدود: حداکثر بده جریان توسط ابعاد فیزیکی خروجی سامانه محدود می‌شود، اما فقط مشکلات ناچیزی در اداره مزارع به وجود می‌آید. بده جریان توسط آب‌بر کنترل می‌شود و به درخواست وی ممکن است تغییر کند.

توافق شده (از پیش تعیین شده): روز و یا روزهای دسترسی به آب بین تأمین‌کننده خدمات آبیاری و آب‌بران تعیین می‌شود.

ثابت: شرایط و مقدار بده جریان و یا مدت آب‌رسانی به همانگونه که در برنامه مخصوص آبیاری توافق شده، ثابت می‌ماند.

معین: وضعیت آن از قبل توسط تأمین‌کننده خدمات آبیاری یا طراح سامانه تعیین شده است.

برخی از ردیف‌های شرح خدمات نسبتاً استاندارد بوده و در تمام سامانه‌های آبیاری و زهکشی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند (جدول ۴-۲، استانداردهای کیفی آب). شرح خدمات دیگری نیز به صورت خاص برای برنامه‌های منحصر به فرد بکار می‌رود. با مقایسه شرح خدمات مختلف در چهار سامانه آبیاری ارائه شده در جدول شماره ۴-۳، بعضی از عناصر کلیدی را که با مشخصات تحویل آب در جدول ۴-۱ همراه می‌گردد، ارائه می‌دهد.

جدول ۴-۲- نمونه‌هائی از استانداردهای کیفی در آب‌های سطحی
(مالانو و فن‌هافن[1] ۱۹۹۹)

پارامتر		حد بالایی دامنه مجاز
معمولی	ظاهر/ بو	ظاهر آب غیر آلوده و بی‌بو
	درجه حرارت	کمتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد
	اکسیژن	۵ میلی‌گرم در لیتر
	PH	بین ۶ تا ۹
مواد مغذی	فسفر	۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر
	نیتروژن	۲/۲ میلی‌گرم در لیتر
	کلروفیل	۱۰۰ میکروگرم در لیتر
	آمونیوم	۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر
نمک‌ها	کلریدها	۲۰۰ میلی‌گرم کلر در لیتر
	فلوریدها	۱۵ میلی‌گرم فلور در لیتر
	بروماید	۸ میلی‌گرم برم در لیتر
	سولفاته	۱۰۰ میلی‌گرم سولفاته در لیتر (So_4/L)

توجه به این نکته ضروری است که اهداف اولیه طرح، با گذشت زمان و در پاسخ به تغییر نیازهای آب‌بران و جامعه تغییر می‌کند مثلاً، آب‌بران ممکن است به کشت محصولات با ارزش‌تری تمایل داشته باشند که مستلزم مدرن‌سازی سامانه و فرآیندهای مرتبط با آن باشد، و یا جامعه نیاز داشته باشد که از آب کمتری در آبیاری استفاده شود و لذا وضعیت جدیدی بر مدیریت سامانه تحمیل نماید. تغییر اهداف، بخشی از موضوع «ارزیابی عملکرد راهبردی» است که در قسمت‌های بعدی این فصل درباره آن توضیح داده خواهد شد.

1- Malano and Van Hofwegen

جدول ۴-۳- خلاصه‌ای از سطح ویژگی‌های شرح خدمات چهار شبکه آبیاری (مالانو و فن‌هافن ۱۹۹۹)

شرح خدمات	کانال مشترک در پرووِنس فرانسه	منطقه آبیاری گولبورن- مورای در فرانسه	پروژه آبیاری تریفا، منطقه اورم‌وا، مولویا در مراکش	برنامه‌های واراباندی در شمال هند
نوع سازمان	تأمین‌کننده خدمات: تشکل‌های مردمی که با حمایت دولت، بانک‌ها و نهادهای کشاورزی شکل می‌گیرد. آب‌بران: مزارع خصوصی (از ۱۰ تا ۱۰۰) هکتار که امتیاز ساختمان‌های زیربنایی توسط دولت به مؤسسات تأمین‌کننده خدمات ارائه می‌شود.	تأمین‌کننده خدمات: تشکل‌های مردمی آب‌بران: مزارع خصوصی بزرگتر از ۱۰۰ هکتار، مالکیت ساختمان‌های زیربنائی متعلق به دولت است.	تأمین‌کننده خدمات: تشکل‌های مردمی آب‌بران: مزارع خصوصی از ۵ تا ۵۰ هکتار مالکیت ساختمان‌های زیربنائی متعلق به دولت است.	تأمین‌کننده خدمات: انجمن دولتی (نماینده دولتی) آب‌بران: مزارع خصوصی کوچکتر از ۵ هکتار ساختمان‌های زیربنائی متعلق به دولت است.
مفهوم راهبری	برحسب تقاضا: نامحدود	بده محدود توافق شده	توافق شده محدود	عرضه کامل در دوره آبیاری
فاصله آبیاری	نامحدود	توافق شده (با اعلام چهار روز)	توافق شده، تعدادی از تحویل‌ها به میزان آب قابل دسترس بستگی دارد.	ثابت
بده جریان	نامحدود تا حداکثر ظرفیت	(در حد ظرفیت کانال)	جریان ثابت: ۲۰، ۳۰ یا ۴۰ لیتر در ثانیه	ثابت

ادامه جدول ۴-۳

شرح خدمات	کانال مشترک در پرووِنس فرانسه	منطقه آبیاری گولبورن- مورای در فرانسه	پروژه آبیاری تریفا، منطقه اورم‌وا، مولویا در مراکش	برنامه‌های واراباندی در شمال هند
مدت	نامحدود	نامحدود	تعیین شده برحسب قرارداد: بیشترین مدت براساس محصول و بده طراحی آب کانال بستگی دارد.	ثابت
سطح تأمین (سفارش)	طراحی سطوح آب در کانال و لوله‌های تحت فشار	طراحی سطح آب در کانال	طراحی سطح آب در کانال	طراحی سطح آب در کانال درجه دو (FSL یعنی سطح تأمین کامل)
نظارت راهبری یا عملکرد نظارت	نظارت بر حجم جریان. قرائت ماهیانه.	مؤسسه، میزان بده جریان برنامه‌ریزی شده، را تضمین می‌نماید که براساس جدول زمانی شروع و پایان آبیاری آب مورد نیاز مشترکین را تأمین کند و آب بوسیله دبی‌سنج دتریج اندازه‌گیری شود.	کشاورزان پس از تحویل آب رسید ارائه می‌نمایند.	تحویل آب به صورت جدول زمان‌بندی و فصلی نظارت می‌گردد.

ادامه جدول ۴-۳

شرح خدمات	کانال مشترک در پروونس فرانسه	منطقه آبیاری گولبورن- مورای در فرانسه	پروژه آبیاری تریفا، منطقه اورم‌وا، مولویا در مراکش	برنامه‌های واراباندی در شمال هند
عملکرد تحویل خدماتی	مطابق با قرارداد خدمات، با قراردادهای خدماتی مختلف برای آب‌بران گوناگون. هدف: ۹۶ درصد از قراردادها به انجام برسد مگر اینکه قرارداد صورت دیگری داشته باشد.	هدف: ۸۶ درصد از درخواست‌های تحویل آب نیازهای روزانه می‌باشد.	هدف: آب تحویلی کاملاً مطابق با جدول زمان‌بندی توافقنامه آبیاری می‌باشد.	هدف: آب تحویلی مطابق با جدول زمان‌بندی آبیاری منتشر شده می‌باشد.
هزینه آب (آب‌بهاء)	ثابت + هزینه حجمی هزینه ثابت براساس بده آب تحویلی، هزینه حجمی براساس تحویل حجمی. متوسط حجم ناخالص: ۰/۱ دلار در متر مکعب شامل هزینه‌های بهبود و نوسازی	هزینه حجمی برابر ۰/۰۲۱ دلار در هر متر مکعب. پوشش کامل هزینه‌ها شامل هزینه‌های نوسازی و بهبود.	حجمی: بهای آب برای آبیاری ثقلی، پمپاژ و آبیاری تحت فشار بین ۰/۰۲ دلار در متر مکعب تا ۰/۴ دلار در متر مکعب متغیر است. یارانه‌های مالی دولت، کسری هزینه‌ها را پوشش می‌دهد.	بستگی به نوع محصول و منطقه آبیاری دارد. هزینه‌ها فقط مربوط به هزینه راهبری و نگهداری نیست. هزینه‌ها بطور کامل هزینه راهبری و نگهداری نیست و هزینه‌های بهبود یا نوسازی را نمی‌پوشاند.

ادامه جدول ۴-۳

شرح خدمات	کانال مشترک در پروونس فرانسه	منطقه آبیاری گولبورن- مورای در فرانسه	پروژه آبیاری تریفا، منطقه اورم‌وا، مولویا در مراکش	برنامه‌های واراباندی در شمال هند
نقاط تأمین	نقطه تأمین می‌تواند هر نقطه از هر دارنده قرارداد باشد.	نقطه تأمین برحسب مالکیت	یک نقطه تأمین برای گروهی از کشاورزان، گردشی بین کشاورزان.	نقطه تأمین (بالای جریان) برای هر گروه از کشاورزان
درخواست آب	وقتی برحسب تقاضا است درخواست ضرورت ندارد.	سامانه درخواست تلفنی- اعلام ۴ روزه نیاز است.	با استفاده از آگهی‌های اداری در چرخه آبیاری، کشاورزان می‌توانند درخواست زمان و مدت تحویل آب را داشته باشند. برنامه‌ریزی‌ها تنظیم و پس از موافقت همه گروه‌های مرتبط اجرا می‌شود.	عدم تعیین موقعیت تأمین برنامه زمان‌بندی آبیاری (گردشی) توسط اداره مربوطه در آغاز فصل تنظیم و منتشر می‌شود.
محدودیت‌های عرضه	در حالت کمبود آب، سامانه درخواست آب معرفی شده و به تناسب درخواست‌ها آب تخصیص می‌یابد.	اگر تقاضا بیشتر از آب قابل تأمین باشد، آب بطور مساوی به مصرف‌کنندگان اختصاص خواهد یافت.	در هر فصل، برای نوع کشت محدودیت قائل می‌شوند. در طول فصل، آب مساوی بین کشت‌های مجاز توزیع می‌شود.	در حالت کمبود آب، برنامه گردشی در هر یک از کانال‌های درجه دو بکار می‌رود تا میزان کاهش آب را متوازن نماید (برابر نماید).
حقآبه	مطابق قراردادها	قابل انتقال به صورت موقت یا دائمی	متعلق به صاحب زمین	متعلق به صاحب زمین

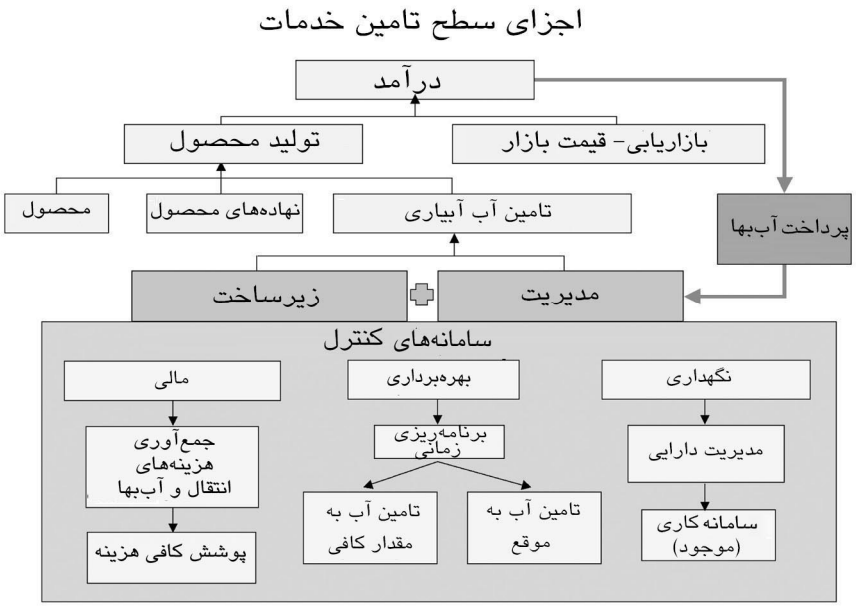
۴-۳- اجرای ارزیابی عملکرد برای انواع مختلف سامانه‌های آبیاری و زهکشی

۴-۳-۱- نگاه کلی

یکی از تفاوت‌ها و پیچیدگی‌های سامانه‌های آبیاری و زهکشی با سایر سامانه‌های ارائه خدمات، مانند تأمین آب شرب و برق، وجود گوناگونی و تنوع گسترده در این سامانه‌ها است. این تفاوت‌ها شامل، شرایط آب و هوایی، نوع منبع آب، دسترسی به آب، طراحی زیر ساخت‌های فیزیکی، سامانه کشاورزی، زمینه اجتماعی و سازمانی، دسترسی به بازار، اقتصاد محلی، ملی و غیره می‌باشد.

همانطور که در فصل قبل تشریح گردید دو عامل اساسی که در ارائه خدمات آبیاری تأثیر گذارند عبارت از: طراحی زیرساخت‌ها و فرآیندهای مدیریتی است، که اعمال کنترل بر راهبری سامانه، برآیند حاصل از آنها می‌باشد.

شکل ۴-۲ مناطقی که باید در آنها نظارت اعمال شود، تا تحویل آب به صورت مطمئن، کافی و به موقع انجام گیرد، را نشان می‌دهد. همچنین در این شکل تأثیر زهکشی و نتایج مطلوب آن نشان داده شده است. با اعمال مدیریت مناسب و طراحی مطلوب زیر ساخت‌ها، تأمین آب آبیاری و زهکشی از آب‌های اضافی، امکان‌پذیر شده و میزان محصول و درآمد کشاورزان افزایش می‌یابد و به تبع آن، هزینه خدمات آبیاری نیز پرداخت می‌گردد. همزمان با افزایش خدمات آبیاری و زهکشی و به منظور تداوم ارائه خدمات لازم است به مسائل مالی و همچنین سیستم‌های کنترل راهبری و نگهداری توجه گردد.



شکل ۴-۲- اجزای سطح تأمین خدمات برای آب‌بران

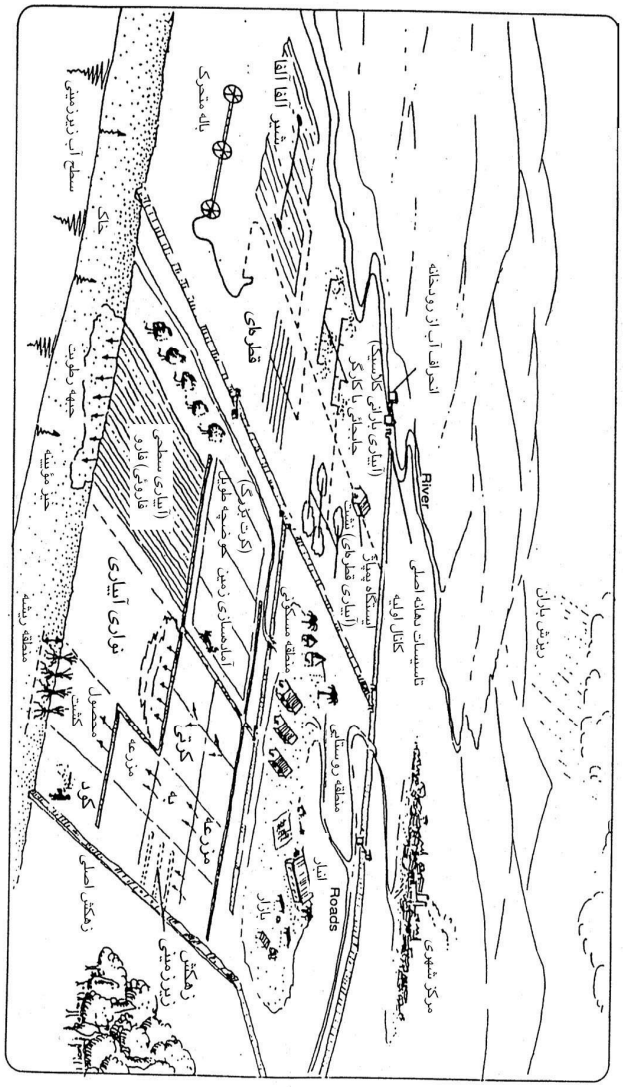
سطح نظارت فیزیکی و لوازم اندازه‌گیری در طراحی یک سامانه آبیاری و زهکشی تأثیر اصولی روی سطح و نوع ارزیابی عملکرد راهبری دارد و دو موضوع نیاز و امکان را در برمی‌گیرد، در حقیقت نیاز به انجام نظارت بر عملکرد راهبری، با افزایش سطح نظارت و تعداد لوازم اندازه‌گیری، افزایش می‌یابد.

۴-۳-۲- خصوصیات فیزیکی

شکل ۴-۳ بعضی از عناصر سامانه‌های گوناگون آبیاری و زهکشی را نشان می‌دهد. برای سامانه‌های با روش آبیاری ثقلی، آب بوسیله دهانه آبگیر از رودخانه به داخل کانال هدایت شده و سازه‌های لازم در طول مسیر انتقال، توزیع و ابتدای مزارع برای اندازه‌گیری بده آب نصب شده‌اند، همچنین می‌توان آب را بوسیله پمپاژ از رودخانه برای توزیع در کانال‌های روباز یا سامانه‌های تحت فشار هدایت نمود.

در مزرعه از روش‌های مختلف آبیاری برای رسانیدن آب به محصول از فارو تا قطره‌ای استفاده می‌شود.

زهکش‌های سطحی کار جمع‌آوری رواناب‌ها و تخلیه آنها را بر عهده دارند. زهکش‌های زیرزمینی نیز آب‌های نفوذی به داخل خاک را جمع‌آوری و از محدوده خارج می‌کنند، در سامانه‌های متکی به آب زیرزمینی، آب بوسیله پمپاژ بالا آورده شده و سپس توسط کانال‌های روباز تا محل مزرعه یا سامانه‌های تحت فشار هدایت می‌شود.



شکل ۴-۳- اجزاء یک سامانه کشاورزی آبی

در مورد خدمات تحویل آب، درجه و میزان کنترل در نقاط زیر اهمیت دارند:

- برداشت و انحراف آب
- انتقال و توزیع
- تحویل آب
- دفع آب

ادوات اندازه‌گیری در محل انحراف آب، میزان آب ورودی به داخل سامانه را کنترل و اندازه‌گیری می‌کند. سامانه‌ای که مستقیماً از یک مخزن آب می‌گیرد، دارای الگوی آبی متفاوت و مطمئن‌تری نسبت به سامانه متکی بر برداشت در رودخانه است. سامانه‌ای که دارای بند انحرافی و دریچه در ابتدای کانال باشد، برای تقسیم آب کنترل بهتری دارد تا سامانه‌ای که فقط داری یک کانال سادهٔ انحرافی باشد. پمپاژ از آب‌های زیرزمینی غالباً کنترل خوبی را در تأمین آب آبیاری فراهم می‌کند.

در سامانه انتقال و توزیع، نوع سازه اندازه‌گیری، عمیقاً بر برنامه‌ریزی آبیاری (مورد بحث قبلی) و از اینرو بر سطح تأمین خدمات، تأثیر دارد. در اینجا مواردی غیر طبیعی هم وجود دارد. بدین صورت که بعضی از سامانه‌های بسیار ساده با کنترلی مثل بندهای تقسیم آب که نمونه‌ای از آن در سامانه‌های آبیاری تپه‌های نپال استفاده می‌گردد، می‌توانند یکی از اعتمادپذیرترین سطوح خدمات تحویل آب را در ارتباط با فاصله آبیاری، بده و مدت ثابت، ارائه دهند. سامانه وارابندی نیز که در شمال هند و پاکستان بکار می‌رود و براساس تقسیم نسبی منابع آبی موجود طراحی گردیده، می‌تواند سطح بالایی از اطمینان در تحویل آب را محقق نماید. بررسی سامانه‌های پیچیده‌تر که دارای سازه‌های تنظیم عرضی، تجهیزات اندازه‌گیری بده جریان و آبگیرها هستند، انعطاف‌پذیری بیشتری دارند و لذا اگر به خوبی مدیریت شوند، میزان تولید را از طریق تحویل آب برحسب تقاضا یا براساس توافق، افزایش می‌دهند. اگر مدیریت در این سامانه‌ها ضعیف باشد موجب خواهد شد که کشاورزان بالادست با تغییرات در سازه‌های اندازه‌گیری، از منابع آبی موجود به مقدار بیشتر و به زیان کشاورزان پایین‌دست استفاده کنند. سامانه‌های خودکار، آخرین گام در کنترل جریان هستند. در این سامانه‌ها از روش‌هایی مثل کنترل جریان پایین‌دست براساس قوانین هیدرولیک و یا راه‌اندازی سامانه‌های مدیریت مرکزی استفاده می‌گردد که در آنها

ساختارهای کنترلی از طریق تله‌متری (دورسنجی) و یا سامانه ارتباط زمینی به رایانه مرکزی متصل می‌شوند.

در آبیاری، روش‌های متنوعی از آبیاری غرقابی تا آبیاری قطره‌ای وجود دارد. روش آبیاری شدیداً بر عملکرد اثر می‌گذارد، مثلاً در آبیاری غرقابی نسبت به آبیاری قطره‌ای، اعمال کنترل بر تأمین و کاربرد مقدار مورد نیاز آب در عمق توسعه ریشه محصول، کمتر مؤثر است. کنترل ضعیف منجر به درخواست‌های اضافی آب، زهدار شدن اراضی و شوری خاک می‌گردد که در این صورت باید از طریق زهکش‌های زیرزمینی میزان شوری را کاهش داد.

اندازه‌گیری آب نقش مهمی در تحویل آن دارد. توانایی و یا ناتوانی در اندازه‌گیری آب در نقاط کلیدی و حساس سامانه آبیاری و زهکشی، تأثیر مهمی در نحوه اعمال مدیریت و سطح کیفی ارائه خدمات دارد.

۴-۳-۳- خصوصیات مدیریتی

نوع مدیریت، سازه‌ها، فرآیندها و دستورالعمل‌ها، تأثیر چشمگیری در ارائه خدمات آب دارند.

انواع گوناگونی از مدیریت بر سامانه‌های آبیاری وجود دارند، در برخی از سامانه‌ها مدیریت از منبع تا محل مصرف آب، توسط سازمان‌های دولتی صورت می‌گیرد و در سامانه‌های دیگری مدیریت توسط تشکل‌های آب‌بران و یا شرکت‌های خصوصی انجام می‌شود. در برنامه‌های انتقال مدیریت آبیاری (IMT)، شماری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی، از سازمان دولتی به آب‌بران منتقل می‌شود.

در یک سامانه خصوصی، ممکن است مدیر سامانه بطور مستقیم بر کارگران مزرعه حاکمیت داشته و مصرف آب مورد نیاز محصول را مستقیماً کنترل نماید. در سامانه دیگری، مدیریت بر کانال‌های اصلی توسط سازمان دولتی و مدیریت بر کانال‌های درجه دو بوسیله کشاورزان و در واقع به صورت مشترک صورت می‌گیرد. بطوریکه کنترل سازمان دولتی فقط تا محل تحویل آب به کانال‌های درجه ۲ می‌باشد و راهبری استفاده از آب پس از آن در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد.

فرآیندها و روش‌هائی که مدیریت برای برنامه‌ریزی، تخصیص، توزیع، نظارت و ارزیابی تحویل آب به کار می‌برد، تعیین‌کنندهٔ کارایی ارایه خدمات آبیاری در مقابل تقاضای آن است. در بعضی سامانه‌ها، مثل سامانه‌های آبیاری تپه‌های نپال، فرآیندها و روش‌ها بسیار ساده هستند. یعنی آب تحت اثر نیروی ثقل جریان می‌یابد و در نقاط مختلف، به نسبت معلومی تقسیم می‌شود. سامانه‌های تخصصی‌تر مثل وارابندی در شمال هند و پاکستان، توزیع آب را در کانال‌های درجه ۳ از طریق جدول زمانی و به صورت برنامه‌ریزی شده، تنظیم می‌کنند. در سامانه‌های کنترل دستی (دریچه‌ها)، نیاز به تدوین دستورالعمل‌ها و روش‌ها افزایش می‌یابد، چرا که باید در فواصل زمانی معین در فصل آبیاری، تصمیماتی گرفته شود تا تقاضای آب آبیاری و اختصاص آن در نقاط تقسیم، مشخص گردد. در این سامانه‌ها، فرآیندهای مدیریتی از طریق تنظیم دریچه‌ها در فواصل معین برای عبور مقدار لازم آب از آنها مشخص می‌گردد.

در سامانه‌های کنترل دستی، چنانچه فرآیندهای مدیریتی مختل شوند، پی‌آمد آن تحویل نامطمئن، ناکافی و بی‌موقع آب در قبال نیاز آب‌بران است. این اختلال ممکن است ناشی از روش‌های مدیریتی ضعیف و یا فقدان انگیزه و شوق در کارکنان باشد. فرآیند مدیریت در سامانه‌های مکانیزه تنها به مرحله راهبری منحصر نبوده و به نگهداری نیز بایستی توجه بیشتری نمود.

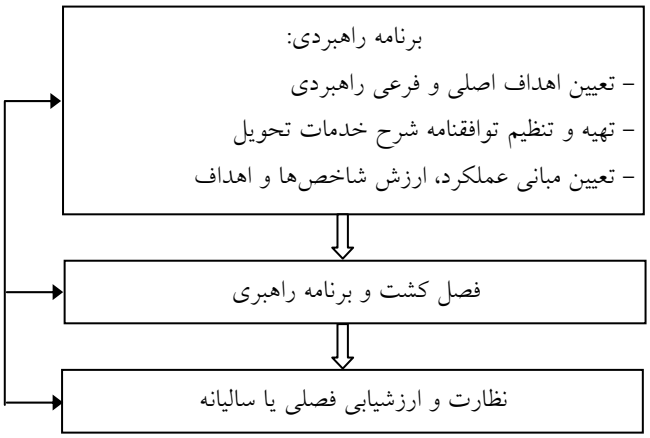
۴-۴- اجرای ارزیابی عملکرد راهبردی و راهبری

۴-۴-۱- ارزیابی عملکرد راهبردی

چرخه مدیریت در زمینه راهبری سامانه آبیاری و زهکشی در شکل ۴-۴ نشان داده شده است. بطور عام، اهداف اصلی و فرعی راهبردی برای سامانه شناخته شده هستند. این اهداف اصلی و فرعی معمولاً در یک دوره شامل چند فصل یا چند سال بکار می‌روند و با توافق، امکان تکرار به صورت سالیانه را فراهم می‌آورد. توافقنامه خدمات معمولاً پس از مذاکره، بین تأمین‌کننده خدمات با یک الگوی یکسان بسته می‌شود هر چند که ممکن است تعدیل‌هائی به صورت سالیانه یا فصلی مطابق با

تغییرات آب و هوائی، برنامه‌ریزی کشت و غیره صورت گیرد. سپس ضوابط و شاخص‌های عملکرد تهیه می‌شوند تا نظارت و ارزیابی برای اندازه‌گیری تحقق اهداف اصلی و فرعی توافق شده براساس مشخصات و شرایط تعیین شده امکان‌پذیر گردد.

همانگونه که در فصل اول اشاره شد، نظارت و ارزیابی که باید در طول فصل یا سال زراعی انجام گیرد می‌تواند یک ماهیت راهبردی (آیا من کارهای صحیح را انجام می‌دهم) یا یک ماهیت راهبری (آیا من کارها را صحیح انجام می‌دهم) داشته باشد. ارزیابی عملکرد راهبردی نوعاً در فواصل زمانی بلندتر صورت گرفته و بر ملاک‌های بهره‌وری، سودآوری، تحمل‌پذیری و حفظ محیط زیست تکیه می‌کند، همچنین در واکنش به تغییرات محیطی، ممکن است به عنوان مثال کاهش تصدی‌گری دولت برای حمایت از کشاورزان و انتقال مسئولیت‌های مدیریتی، راهبری و نگهداری به آب‌بران، مورد نیاز باشد. شاخص‌های ارزیابی عملکرد راهبردی ممکن است با شاخص‌های مشابه در نظارت عملکرد راهبری متفاوت باشند زیرا آنها معمولاً برای ارزیابی تغییرات تدریجی که در طول زمان بوجود می‌آیند، بکار برده می‌شوند (به عنوان مثال، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی، شوری و آلودگی اراضی).



شکل ۴-۴- چرخه مدیریت راهبری

۴-۴-۲- ارزیابی عملکرد راهبری

به منظور بحث روی ارزیابی عملکرد راهبری، در ابتدا لازم است تعدادی از روش‌های اصلی راهبری مشخص و طراحی شوند (شکل ۴-۵).

قبل از شروع فصل آبیاری، برنامه فصلی به لحاظ جنبه‌های مدیریتی، راهبری و نگهداری از سامانه طراحی می‌شود. بسته به نوع طرح آبیاری و زهکشی، این برنامه شامل مناطق زیر کشت، برآوردهای تقاضای آب آبیاری فصل، میزان آب قابل تحویل، برنامه‌های نگهداری، هزینه‌های بهسازی و غیره می‌باشد. تأمین اعتبار و برنامه عملیات نگهداری، دو بخش کلیدی در فرآیند برنامه‌ریزی بوده و مشخص کردن اهداف ارزیابی عملکرد راهبری، از این برنامه‌ریزی فصلی شکل می‌گیرد.

شکل ۴-۵- چرخه مدیریت آبیاری

این برنامه، در طول فصل همراه با جزئیات بیشتری در دوره‌های زمانی کوچکتر برای تخصیص آب متناسب با نیازهای واقعی آبیاری و مطابق با شرایط آب و هوائی و اصلاحاتی برای جبران حوادث غیر مترقبه مثل سیل، شکستگی‌های کانال یا تعمیرات فوق‌العاده، بکار می‌رود. ارزیابی عملکرد راهبری نیز می‌تواند در طول فصل، برنامه‌ریزی و عملیات اصلاحی را پشتیبانی کند.

عملکرد هر سامانه نسبت به برنامه‌ریزی فصلی، در طول همان فصل نظارت و در انتهای فصل، ارزشیابی می‌شود، ارزیابی نه تنها عملکرد برنامه‌ریزی فصلی را مورد سنجش قرار می‌دهد، بلکه ممکن است عملکرد اهداف راهبردی را نیز بررسی کند.

با توجه به وجود درخواست‌های متعدد برای شفافیت و پاسخگوئی در مدیریت آبیاری، یافته‌های حاصل از نظارت بر عملکرد و فرآیندهای ارزیابی باید برای ذینفعان و به خصوص آب‌بران منتشر شود. در برنامه‌ریزی‌هائی که توسط تشکل‌های آب‌بران مدیریت می‌شوند، عملکرد هر فصل، در جلسات مجمع سالیانه گزارش خواهد شد. در سامانه‌های تحت مدیریت مؤسسات دولتی، نتایج عملکرد هر فصل در روزنامه‌های محلی یا تابلوی اعلانات مؤسسات اعلام می‌گردد، نمونه‌هائی از دست‌آوردهای متفاوت ارزیابی عملکرد متناسب با نوع سامانه آبیاری و زهکشی در جدول ۴-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۴- ارتباط میان نوع سامانه آبیاری و ارزیابی عملکرد عملیاتی

نوع سامانه	شرح	منطقه مورد بررسی	عناصر سامانه راهبری							ارزیابی عملکرد راهبری
			سازه‌های کنترل	سازه‌های اندازه‌گیری	کشت	سطح فن‌آوری	تعداد کارکنان	برنامه‌ریزی راهبری	جمع‌آوری داده‌های راهبری	
توزیع نسبی (مقدار ثابت، فاصله آبیاری ثابت)	آب به نسبت باز بودن ورودی توزیع می‌شود- در سامانه‌های آبیاری تپه‌ای در نپال استفاده می‌شود.	آبیاری هیل در نپال	سازه‌های ساده تقسیم نسبی بدون دریچه	هیچ	تنظیم الگوهای کشت مطابق با الگوی تأمین آب	کم	کم	هیچ	هیچ	با نظارت بر سازه‌ها اطمینان حاصل می‌گردد که مانعی در مجاری وجود ندارد. حجم آب تأمین شده در مرحلهٔ طراحی با اندازه نسبی دهانه ورودی‌ها کنترل می‌شود. هدف اولیه توزیع عادلانه در آب قابل دسترس می‌باشد.

ادامه جدول ۴-۴

نوع سامانه	شرح	منطقه مورد بررسی	عناصر سامانه راهبری							ارزیابی عملکرد راهبری
			سازه‌های کنترل	سازه‌های اندازه‌گیری	کشت	سطح فن‌آوری	تعداد کارکنان	برنامه‌ریزی راهبری	جمع‌آوری داده‌های راهبری	
	توزیع آب در سامانه اصلی متناسب با سطح زیر کشت (CCA) تخصیص آب در کانال‌های درجه ۳ متناسب با نقشه زمین هر یک از کشاورزان (زمان آبیاری تسهیم می‌شود)	سامانه واراباندی در شمال هند و پاکستان	مدول متناسب قابل تعدیل (APM) در آبگیر کانال. جعبه‌های تقسیم باز یا بسته ساده در مزرعه	فلوم شیار در انتهای کانال درجه دو (کانال‌های توزیع)	الگوی تنظیم کشت مطابق با الگوی سالیانه تحویل آب	متوسط	کم	متوسط (مجهز به برنامه فصلی واراباندی)	محدود (نقشه و سطح زیر کشت)	در طراحی کانال‌های درجه دو بده جریان مورد نظر لحاظ می‌شود، (سطح عرضه کامل، FSL) در رابطه با نگهداری اراضی زیر کشت متناسب با APM سطح آب در ابتدای کانال درجه ۲ مورد نظارت قرار می‌گیرد. فاصله آبیاری و مدت تأمین آن برای هر کشاورز در مسیر کانال درجه ۳ نظارت می‌شود. بده جریان نظارت نمی‌شود.

ادامه جدول ۴-۴

نوع سامانه	شرح	منطقه مورد بررسی	عناصر سامانه راهبری						ارزیابی عملکرد راهبری
			سازه‌های کنترل	سازه‌های اندازه‌گیری	کشت	سطح فن‌آوری	تعداد کارکنان	برنامه‌ریزی راهبری	جمع‌آوری داده‌های راهبری	
به نسبت سطح زیر کشت (توافق محدود)	آب براساس سطح زیر کشت در رابطه با نیازهای آبی محصول و به نسبت گیاه مرجع، اختصاص می‌یابد. در اندونزی استفاده می‌شود و قبلاً از آن به نام روش پاستن نام برده شده است.	ایست جاوا اندونزی	سازه‌های کنترل دریچه‌دار	الزامی	متغیر	بالا	زیاد، اما با سطح مهارتی نسبتاً پایین مورد نیاز نگهداری و راهبری	بالا	زیاد	برنامه‌ریزی هفتگی یا ده روزهٔ تخصیص آب بر پایه تقاضای محاسبه شده صورت می‌گیرد. اگر آب کم باشد، تحویل آب به کلیهٔ مصرف‌کنندگان بطور مساوی کاهش می‌یابد. بر بدهٔ آب در آبگیرهای کانال‌های درجه یک، درجه دو و درجه سه نظارت می‌شود و مقدار واقعی عرضهٔ آب هر هفته تا ۱۰ روز با طراحی مقایسه می‌گردد. هدف اولیه توزیع عادلانه آب موجود و هدف ثانویه تأمین کافی آب (در صورت موجود بودن) است.

ادامه جدول ۴-۴

نوع سامانه	شرح	منطقه مورد بررسی	عناصر سامانه عملیاتی						ارزیابی عملکرد راهبری
			سازه‌های کنترل	سازه‌های اندازه‌گیری	کشت	سطح فن‌آوری	تعداد کارکنان	برنامه‌ریزی راهبری	جمع‌آوری داده‌های راهبری	
دبی محدود، توافق شده	آب تخصیصی براساس محاسبات مبتنی بر تقاضای آب آبیاری و با استفاده از روش‌های محاسباتی استاندارد مثل جیران کمبود نیاز آبی نسبت به داده‌های آب و هوایی انجام می‌گیرد.	گولبورن- مورای در استرالیا	سازه‌های کنترل دریچه‌دار	الزامی	متغیر	بالا	زیاد	بالا	زیاد	به روزآوری منظم تقاضای آب آبیاری (روزانه) و برنامه‌ریزی برای تخصیص آب. توزیع آب به منظور رسیدن به میزان تقاضا. هدف اولیه مطابقت تأمین آب با تقاضاست.

ادامه جدول ۴-۴

نوع سامانه	شرح	منطقه مورد بررسی	عناصر سامانه عملیاتی							ارزیابی عملکرد راهبری
			سازه‌های کنترل	سازه‌های اندازه‌گیری	کشت	سطح فن‌آوری	تعداد کارکنان	برنامه‌ریزی راهبری	جمع‌آوری داده‌های راهبری	
برحسب تقاضا	آب در پاسخ به تقاضا به میزان باز بودن دریچه‌های خروجی به مزارع توزیع می‌شود.	ای ایکس پروونس در فرانسه	سازه‌هایی با کنترل خودکار	الزامی	متغیر	بسیار بالا	تعداد اندک، ولی با مهارت بالا	پایین	زیاد، اما خودکار	-نظارت دائمی بر سطح آب و بده آب با استفاده از سامانه کنترل خودکار. -واکنش سریع به تقاضای آبیاری. - نظارت بر سامانه به منظور کسب اطمینان از کارکرد سامانه‌های کنترل و نظارت بر اینکه می‌توان کل تقاضا را با تأمین آب موجود در منابع، پاسخ داد.

۴-۴-۳- مراحل ارزیابی عملکرد راهبردی و راهبری

حاصل نتایج ارزیابی عملکرد راهبری و راهبردی که در فصل ۲ ارائه شده است. مراحل عمده آن عبارتند از:

۱- شناسائی اهداف و حدود آن
۲- انتخاب ضوابط، شاخص‌ها و اهداف ارزیابی عملکرد
۳- جمع‌آوری داده‌ها
۴- پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها
۵- گزارش نتایج
۶- پیاده‌سازی نتایج

روش‌های اجرائی ارزیابی عملکرد راهبری و راهبردی با روش‌های مدیریت بهره‌برداری و نگهداری یک سامانه آبیاری مرتبط می‌باشند. همچنین، مراحل جمع‌آوری، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها در فرآیند ارزیابی عملکرد به نوع اطلاعات و کاربرد آنها در سامانه مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری بستگی دارد. در بعضی از موارد، مراحل مربوط به جمع‌آوری، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها، ممکن است به خاطر افزایش دقت ارزیابی عملکرد به طول انجامد.

۱) شناسائی اهداف و حدود آن

هدف، می‌تواند ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری و زهکشی نسبت به شرح خدمات ارائه شده در توافقنامه (یا مشخصات اهداف اصلی و فرعی). محدوده فعالیت مؤسسات راهبری، از محل تأمین آب تا نقطه تحویل آن به کشاورز باشد. اگر خدمات زهکشی نیز مورد نیاز باشد، محدوده فوق، شبکه زهکشی و سامانه تخلیه را نیز در برمی‌گیرد. ارزیابی عملکرد از دیدگاه مدیریت پروژه و کشاورزان (مطابق با شرح خدمات) و برای مدیریت پروژه توسط کارکنان صورت گرفته و به عنوان یک نوع ارزیابی راهبری و پاسخگوئی تلقی خواهد شد.

۲) انتخاب ضوابط، شاخص‌ها و اهداف ارزیابی عملکرد

ضوابط و شاخص‌های ارزیابی عملکرد براساس سه عامل تعریف می‌شوند:

- شرح خدمات و مسئولیت‌ها
- اهداف راهبردی
- ملاحظات نگهداری و راهبری

به هنگام انتخاب شاخص‌ها باید چگونگی ارائهٔ آنها، هزینهٔ جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و پیامی که شاخص‌ها بازگو می‌کنند، در نظر گرفته شود.

- یک مجموعه از شاخص‌ها مربوط به خدمات تحویل آب می‌باشند. اگر تحویل آب براساس برنامه‌ریزی قبلی تدوین شده باشد، شاخص‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که نشان دهند آیا تقاضای آب به مقدار صحیح و به موقع برآورده شده است یا خیر. اگر تحویل آب به صورت بده- ثابت، فاصله آبیاری- ثابت یعنی تحویل نسبی باشد باید از وسائلی استفاده شود که ما را مطمئن کند، جریان آب به نسبت معقولی تقسیم می‌شود. در حالت اول، نسبت تحویل آب، بده متوسط آن و تغییرات آن برحسب فاصله و زمان، شاخصی از عملکرد در تحویل آب خواهد بود. در حالت دوم، یک سازه مقسم نسبی، امکانی ساده و شفاف را برای تقسیم آب فراهم می‌کند. بطوریکه تا هنگامی که آب در کانال هست، تقسیم خواهد شد و شاید احتیاجی هم به شاخص رسمی ارزیابی نباشد.

موضوع کلیدی، پاسخگویی است. باید برای ارائه‌کننده خدمات و آب‌بر وجود داشته باشد تا از ارائه خدمات یکدیگر مطمئن باشند. وسائل اندازه‌گیری و شاخص‌ها باید تأمین‌کننده این نظارت متقابل باشند. در حالت اول، وجود یک دستگاه اندازه‌گیری جریان است که بتواند هدف هر دو طرف را برآورده کند. در حالت دوم، سازه تقسیم جریان، باید ابزار نظارتی شفافی باشد که انجام خدمت یا عدم آن را تعیین کند.

- نظارت بر عملکرد راهبردی نوعاً در فواصل زمانی بلندتری صورت می‌گیرد و بر ملاک‌های تولید، سودآوری و حفظ محیط زیست تکیه می‌کند. به عنوان مثال یک برنامه نظارتی راهبردی، به عواملی نظیر سطح آب‌های زیرزمینی، شوری خاک، میزان آلودگی و مقدار تولید محصول در یک دوره چند ساله می‌پردازد.
- سایر انواع شاخص‌ها را نیز می‌توان برای کمک به روش‌های راهبری و نگهداری انتخاب کرد. مثلاً، اندازه‌گیری جریان خروجی زهکشی، یا شرایط و وضعیت سازه‌ها به مدیران کمک خواهد کرد تا عوامل شکست در دستیابی به سطوح خدمات مشخص را شناسائی کنند.

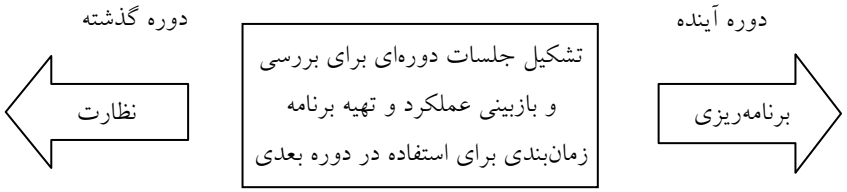
۳) جمع‌آوری داده‌ها

وجود یک سامانه نظارت و جمع‌آوری داده‌ها برای محاسبهٔ شاخص‌ها و بازخورد آن به آب‌بران ضروری است. این عنوان فصل ششم است و لذا در اینجا دربارهٔ جزئیات آن بحث نخواهد شد. برای سامانه تقسیم نسبی آب، نیاز به جمع‌آوری داده‌های مربوط به بده جریان، حداقل است، در حالیکه در سامانه برحسب تقاضا، هر چه از فصل آبیاری می‌گذرد، اطلاعات بیشتری در مورد بده جریان آب، لازم خواهد شد. در هر دو حالت ذکر شده، اطلاعات مالی در مورد پرداخت‌ها و توزیع نیروی کار نیز دارای اهمیت است.

۴) پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها را باید منظماً پردازش و تجزیه و تحلیل نمود تا در چرخهٔ مدیریت بازخورد شود. در سامانه‌هایی که دارای منابع و تجهیزات بهتری هستند، رایانه‌ها یک بخش استاندارد از سامانه‌های مدیریت عملکردی محسوب می‌شوند، ولی برای سامانه‌های با منابع ضعیف‌تر، ابزارهای ساده برای پردازش و نظارت، مثل نقشه‌های راهبری نقش مهمی ایفا می‌کنند.

پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها، یکی از وظایف مهم در مدیریت آبیاری به حساب می‌آید. در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های دوره‌ای، جلسات به صورت هفتگی، ده روز یکبار و ماهیانه توسط مدیران و کارمندان سامانه برگزار می‌گردد تا: (i) عملکرد دوره‌های گذشته را نظارت و ارزیابی کند و (ii) نحوه تخصیص آب و جدول زمان‌بندی آبیاری را برای دوره بعدی برنامه‌ریزی کند.



داده‌ها با توجه به نیازهای آبیاری برای یک دوره زمانی خاص جمع‌آوری شده و در انتهای دوره، میزان آب تحویل شده با میزان تخصیص یافته در برنامه، مقایسه می‌شود. جدول (۴-۵) مثالی از داده‌های جمع‌آوری شده برای میزان آب تخصیص یافته برای یک دوره زمانی را ارائه می‌دهد که در انتهای دوره نیز میزان واقعی آب تحویلی درج شده است لذا شاخص‌های عملکرد در این زمینه قابل محاسبه می‌باشند. شکل (۴-۶) نموداری از داده‌ها را برای نمایش میزان تحویل در مناطق به صورت کافی، زیاد یا ناکافی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵- نمونه‌ای از فرم پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای تخصیص‌های هفتگی آب

فرم شماره: ۰۴ خلاصه درخواست، تخصیص و تأمین واقعی آب

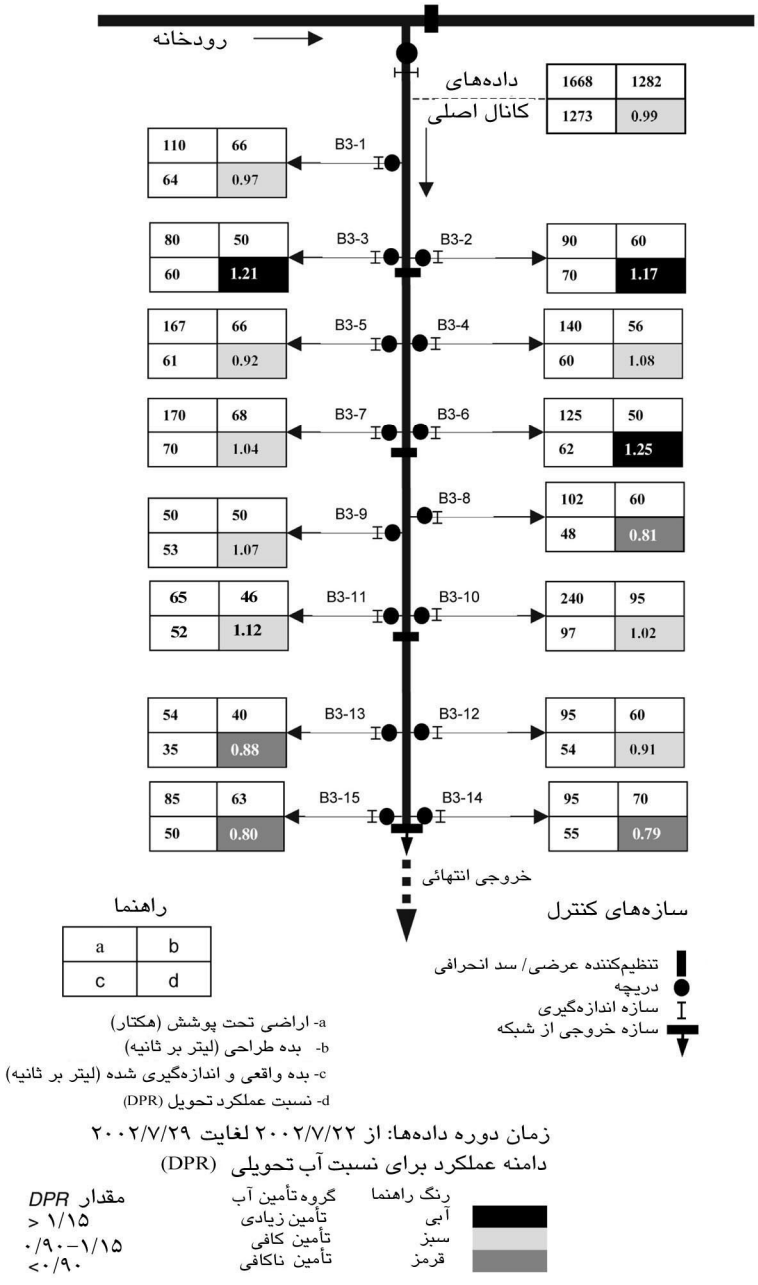
توزیع: منطقه ۳ نام کانال: کانال فرعی B3

دوره: از ۲۰۰۲/۷/۲۲ لغایت ۲۰۰۲/۷/۲۹ (توجه: سه ستون آخر در انتهای دوره تکمیل می‌شوند)

تشکل‌های آب‌بران	کانال اصلی یا درجه دو	سطح ناخالص (هکتار)	ظرفیت طراحی کانال (لیتر بر ثانیه)	درخواست			برنامه تخصیص			واقعی		نظارت
				سطح قابل آبیاری (هکتار)	دبی (لیتر بر ثانیه)	مدت (ساعت)	دبی (لیتر بر ثانیه)	مدت (ساعت)	دبی قابل تحویل (لیتر بر ثانیه)	دبی (لیتر بر ثانیه)	مدت (روز یا ساعت)	نسبت عملکرد تحویل (واقعی به برنامه‌ریزی)
ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵	ستون ۶	ستون ۷	ستون ۸	ستون ۹	ستون ۱۰	ستون ۱۱	ستون ۱۲	ستون ۸/ ستون ۱۱
کن گرو	B3	۱۶۶۸	۲۸۵۲	۲۳۶	۱۲۸۲	۲۴	۱۲۸۲	۲۴	۱۲۸۲	۱۲۷۳	۲۴	۰/۹۹
	B3-1	۱۱۰	۱۳۲	۲۰	۶۶	۲۴	۶۶	۲۴		۶۴	۲۴	۰/۹۷
	B3-2	۹۰	۱۰۸	۱۸	۶۰	۲۴	۶۰	۲۴		۷۰	۲۴	۱/۱۷
	B3-3	۸۰	۹۶	۱۵	۵۰	۲۴	۵۰	۲۴		۶۰	۲۴	۱/۲۱
	جمع	۲۸۰	-	۵۳	۱۷۵	۲۴	۱۷۵	۲۴	۱۰۳۱	۱۹۴	۲۴	۱/۱۱
کرابوود کریک	B3-4	۱۴۰	۱۶۸	۱۷	۵۶	۲۴	۵۶	۲۴		۶۰	۲۴	۱/۰۸
	B3-5	۱۶۷	۲۰۰	۲۰	۶۶	۲۴	۶۶	۲۴		۶۱	۲۴	۰/۹۲
	B3-6	۱۲۵	۱۵۰	۱۵	۵۰	۲۴	۵۰	۲۴		۶۲	۲۴	۱/۲۵
	B3-7	۱۷۰	۲۰۴	۲۰	۶۸	۲۴	۶۸	۲۴		۷۰	۲۴	۱/۰۴
	جمع	۶۰۲	-	۷۲	۲۳۹	۲۴	۲۳۹	۲۴	۶۸۹	۲۵۳	۲۴	۱/۰۶

ادامه جدول ۴-۵

تشکل‌های آب‌بران	کانال اصلی یا درجه دو	سطح ناخالص (هکتار)	ظرفیت طراحی کانال (لیتر بر ثانیه)	درخواست			برنامه تخصیص			واقعی		نظارت
				سطح قابل آبیاری (هکتار)	دبی (لیتر بر ثانیه)	مدت (ساعت)	دبی (لیتر بر ثانیه)	مدت (ساعت)	دبی قابل تحویل (لیتر بر ثانیه)	دبی (لیتر بر ثانیه)	مدت (روز یا ساعت)	نسبت عملکرد تحویل (واقعی به برنامه‌ریزی)
ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵	ستون ۶	ستون ۷	ستون ۸	ستون ۹	ستون ۱۰	ستون ۱۱	ستون ۱۲	ستون ۸/ ستون ۱۱
فلوشیپ	B3-8	۱۰۲	۱۲۲	۱۸	۶۰	۲۴	۶۰	۲۴		۴۸	۲۴	۰/۸۱
	B3-9	۵۰	۶۰	۱۵	۵۰	۲۴	۵۰	۲۴		۵۳	۲۴	۱/۰۷
	B3-10	۲۴۰	۲۸۸	۲۹	۹۵	۲۴	۹۵	۲۴		۹۷	۲۴	۱/۰۲
	B3-11	۶۵	۷۸	۱۴	۴۶	۲۴	۴۶	۲۴		۵۲	۲۴	۱/۱۲
	جمع	۴۵۷	-	۷۶	۲۵۱	۲۴	۲۵۱	۲۴	۳۳۱	۲۵۰	۲۴	۱/۰۰
گلدن گرو	B3-12	۹۵	۱۱۴	۱۸	۶۰	۲۴	۶۰	۲۴		۵۴	۲۴	۰/۹۱
	B3-13	۵۴	۶۵	۱۲	۴۰	۲۴	۴۰	۲۴		۳۵	۲۴	۰/۸۸
	B3-14	۹۵	۱۱۴	۲۱	۷۰	۲۴	۷۰	۲۴		۵۵	۲۴	۰/۷۹
	B3-15	۸۵	۱۰۲	۱۹	۶۳	۲۴	۶۳	۲۴		۵۰	۲۴	۰/۸۰
	جمع	۳۲۹	-	۷۰	۲۳۲	۲۴	۲۳۲	۲۴	۰	۱۹۴	۲۴	۰/۸۴
	جمع کل	۱۶۶۸	-	۲۷۱	۸۹۷		۸۹۷			۸۹۱	۲۴	۰/۹۹



شکل ۴-۶- نمونه دیاگرام شکلی برای نظارت (پایش) عملیاتی از طریق نسبت آب تحویلی (DPR) در هر یک از دوره‌های زمانی

۵) گزارش نتایج

ارائه گزارش نتایج ارزیابی عملکرد به گردانندگان سامانه، در مقاطع زمانی منظم، ایشان را از سطح بالای عملکرد و توان پاسخگوئی مطمئن می‌کند. سودمندی شاخص‌ها در همین نکته بوده که آنها به عنوان ابزار ارتباطی میان تأمین‌کنندگان خدمات، آب‌بران و سایر گروه‌های ذینفع عمل می‌کنند. شاخص‌هایی که در فصل ۳ ارائه شده‌اند، ممکن است سودمند باشند، لیکن مدیران نوعاً انواع دیگری از شاخص‌ها را سودمند تشخیص می‌دهند. مثلاً تعداد شکایات رسیده، می‌تواند شاخصی از کیفیت ارائه خدمات باشد، مثال دیگر درصد دعواهائی است که بر سر ناقص بودن خدمات اتفاق افتاده و یا درصد زمانی که از یک کانال بهره‌برداری شده است. شاخص‌ها و داده‌های مالی مثل نسبت جمع‌آوری آب‌بها به هزینه‌ها، از مهمترین و جالب‌ترین اطلاعات برای گردانندگان شبکه محسوب می‌شوند.

بسیاری از مؤسسات موفق خدمات آبیاری، یک گزارش سالانه تهیه و شاخص‌ها را در آن ارائه می‌دهند. این شاخص‌ها در سطح وسیعی میان آب‌بران و سایر گردانندگان شبکه منتشر می‌شود. تدوین چنین گزارشی به برقراری پاسخگوئی نیز کمک می‌کند، چرا که مؤسسات خدمات را از لحاظ انجام وظایفشان مورد بررسی قرار می‌دهد. یک نمونه از شاخص‌های مورد استفاده برای نظارت و گزارش‌گیری سالیانه بر روی عملکرد تشکل‌های آب‌بران در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۶- نمونه‌ای از ارزیابی عملکرد سالیانه تشکل‌های آب‌بران اتحادیه‌های آب‌بران،ISF (هزینه خدمات آبیاری)

ردیف	شاخص	تعریف	امتیازبندی		امتیاز
۱	نسبت اعضای تشکل آب‌بران (WUA)	تعداد کل اعضای تشکل آب‌بران (WUA) / تعداد کل آبیاران مناطق تحت خدمات	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۵۰ درصد بین ۲۵ تا ۵۰ درصد کوچکتر از ۲۵ درصد	
۲	جلسات عمومی سالیانه	جلسات عمومی سالیانه تشکیل شده	برابر ۲ برابر ۰	تشکیل می‌شود تشکیل نمی‌شود	
۳	اهمیت جلسات عمومی سالیانه	تعداد اعضای تشکل آب‌بران حاضر در جلسات (AGM) / تعداد کل اعضای تشکل آب‌بران (WUA)	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۵۰ درصد بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کوچکتر از ۳۰ درصد	

ادامه جدول ۴-۶-

ردیف	شاخص	تعریف	امتیازبندی		امتیاز
۴	تشکیل جلسات مشاوره‌ای اداری	تعداد جلسات برگزار شده در طول سال (از ژوئن تا دسامبر)	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بیش از ۵ جلسه بین ۱ تا ۵ جلسه بدون جلسه	
۵	انتخاب انجمن اداری	تعداد انتخابات برای عضویت در اداره مشاوره‌ای تشکیل شده در دو سال گذشته	برابر ۲ برابر ۰	برگزار شده برگزار نشده	
۶	اعضای خانم در مشاوره اداری	تعداد خانم‌های عضو در اداره مشاوره‌ای	برابر ۲ برابر ۰	یک یا بیشتر بدون خانم	
۷	بکارگیری حسابدار	استخدام حسابدار و مدت بکارگیری آن	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	استخدام برای بیش از ۴ ماه استخدام برای کمتر از ۴ ماه عدم استخدام	
۸	سطح مدیریت شده توسط مدیران آب	کل سطح ناخالص تحت خدمات سامانه / تعداد مدیران آب بکار گرفته شده توسط WUA	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	کمتر از ۲۵۰ هکتار بزرگتر از ۲۵۰ هکتار عدم بکارگیری مدیران آب	
۹	جمع ISF در هر هکتار از سطح ناخالص تحت خدمات	جمع کل بهای خدمات آبیاری / کل سطح ناخالص تحت خدمات سامانه	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۲۵ دلار در هکتار بین ۱۵ تا ۲۵ دلار در هکتار کوچکتر از ۱۵ دلار در هکتار	
۱۰	جمع ISF به عنوان درصدی از تحقق هدف	جمع کل بهای خدمات آبیاری / جمع کل هدف سالیانه مربوط به ISF	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۹۰ درصد بین ۶۰ تا ۹۰ درصد کوچکتر از ۶۰ درصد	
۱۱	جمع ISF در هر هکتار از سطح قابل آبیاری	جمع کل بهای خدمات آبیاری / سطح قابل آبیاری سالیانه	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۲۰ دلار در هکتار بین ۱۵ تا ۲۰ دلار در هکتار کوچکتر از ۱۵ دلار در هکتار	
۱۲	ممیزی مالی مجمع آب‌بران	صورتحساب‌های مالی مجمع آب‌بران که توسط حسابدار مستقل تأیید شده.	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	تأیید ذی‌حساب عدم بازرسی ذی‌حساب (تأیید/رد شده)	
۱۳	سطح منتقل شده به مجمع آب‌بران	سطح منتقل شده به مجمع آب‌بران / کل سطح ناخالص تحت خدمات سامانه	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	۱۰۰ درصد بین ۵۰ تا ۹۹ درصد کمتر از ۵۰ درصد	
۱۴	برنامه‌ریزی نگهداری سالیانه	سطح برنامه نگهداری سالیانه، هزینه و انجام آن (توجه: برنامه بازرسی بایستی بازبینی و توسط نظارت‌کنندگان امتیازبندی شود)	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	قبول بازرسی و جزئیات برنامه تهیه جزئیات نگهداری بدون بازرسی عدم تهیه برنامه	

ادامه جدول ۴-۶

ردیف	شاخص	تعریف	امتیازبندی		امتیاز
۱۵	سنجش شدت جریان	سطحی از سنجش جریان در بالادست سامانه (ابتدای کانال اصلی یا کانال‌های درجه دو)	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	ثبت کلیه سنجش‌ها سنجش بخشی از آب بدون سنجش	
۱۶	هزینه نگهداری هر هکتار از سطح ناخالص تحت خدمات	هزینه نگهداری / کل سطح ناخالص تحت خدمات سامانه	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۱۵ دلار در هکتار بین ۶ تا ۱۵ دلار در هکتار کوچکتر از ۶ دلار در هکتار	
۱۷	هزینه نگهداری نسبت به درآمد	هزینه نگهداری / درآمد ناخالص	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۷۰ درصد بین ۴۰ تا ۷۰ درصد کوچکتر از ۴۰ درصد	
۱۸	نسبت سطح آبیاری از (GSA)	کل سطح زیر کشت سالیانه / کل سطح ناخالص تحت خدمات سامانه	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۵۰ درصد بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کوچکتر از ۳۰ درصد	
۱۹	عامل اصلاح بررسی تولید	سطح گزارش شده از اولین آبیاری / سطح کشت سنجش شده از سطح کشت تحت خدمات	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۹۰ درصد بین ۷۵ تا ۹۰ درصد کوچکتر از ۷۵ درصد	
۲۰	جمع				
۲۱	کل امتیاز تشکل آب‌بران	مجموع امتیازهای شاخص‌های عملکرد	برابر ۲ برابر ۱ برابر ۰	بزرگتر از ۳۲ بین ۲۰ تا ۳۲ کوچکتر از ۲۰	

[a]: ارزیابی اتحادیه از طریق تجزیه و تحلیل عملکرد تک تک اعضای اتحادیه مجمع آب‌بران به انجام می‌رسد.

WUA: تشکل آب‌بران — Water Users Association

AGM: مجمع عمومی سالیانه — Annual General Meeting

ISF: بهای خدمات آبیاری — Irrigation Service Fee

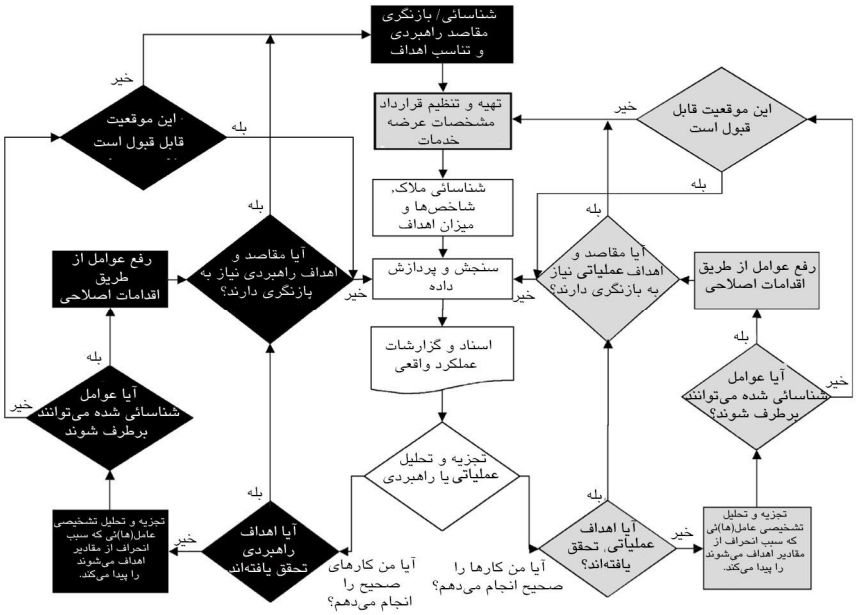
GSA: سطح ناخالص تحت خدمات — Gross Service Area

۶) اقدام اصلاحی

یکی از مهمترین دلایل برای ارزیابی، دست زدن به اقدام و عمل در هنگام ضرورت است. هنگامی که جریان تحویل آب براساس اهداف پیش‌بینی شده عمل نمی‌شود، باید دست به اقدام لازم زد. این کار می‌تواند از یک تنظیم ساده و تا یک اقدام پیچیده و نیازمند تجربه و تحلیل تشخیصی متغیر باشد (در فصل ۵ بحث شده است).

اقدامات نهائی که می‌تواند بکار رود، در شکل (۴-۷) نشان داده شده است. اگر اهداف عملیاتی تحقق نیابد، تجزیه و تحلیل تشخیصی برای مشخص نمودن عوامل نقص و اقدامات اصلاحی در جائی که امکان‌پذیر باشد، بکار می‌رود. اگر عوامل شناسائی شده برای عدم توانائی دستیابی به اهداف راهبری قابل رفع نباشند، در آن صورت ممکن است سطح اهداف در قرارداد خدمات تغییر یابد. حتی اگر اهداف راهبری تحقق یابند، توصیه می‌شود که آنها بازبینی شوند. یک مثال برای تحقق نیافتن اهداف راهبری، پائین بودن انگیزه کارکنان مزرعه می‌باشد. یک راه‌حل ممکن است افزایش دستمزدها و یا پرداخت متناسب با کارکرد باشد، اما از آنجائیکه آنها در مؤسسات دولتی مشغول بکار هستند، دستمزدها به سختی افزایش پیدا می‌کند و پرداخت متناسب با کارکرد نیز قابل قبول نمی‌باشد. در شرایط محیطی ممکن است سطح توقعات در قرارداد خدمات کاهش یابد. یک راه‌حل عملی در این مورد، واگذاری سامانه به آب‌بران می‌باشد.

اگر اهداف راهبردی تحقق نیابند، فرآیند ساده‌ای از تجزیه و تحلیل تشخیصی برای فهم اینکه چرا اهداف مذکور تحقق نیافته‌اند، بکار می‌رود. اگر علل شناسائی شده کاهش عملکرد برطرف نشوند، اهداف راهبردی ممکن است نیاز به بازنگری داشته باشند. برای مثال جائی که سطح آب زیرزمینی تا ناحیه ریشه گیاه بالا می‌آید. تجزیه و تحلیل تشخیصی ممکن است راه‌حل‌هائی را شناسائی کند که فقط برخی از آنها امکان‌پذیر باشد و بقیه پر هزینه و یا امکان‌پذیر نباشند. در همین رابطه احداث زهکش عمقی، به عنوان یک راه‌حل می‌تواند مطرح گردد اما بسیار پرهزینه خواهد بود، در حالیکه پرداختن به مدیریت آب می‌تواند یک راه‌حل امکان‌پذیر و کم هزینه باشد.



شکل ۴-۷- فلوچارت ارزیابی عملکرد عملیاتی و راهبردی

۴-۵- منابع

Huppert, W. and Urban, K. (1998) *Analysing Service Provision: Instruments for Development Cooperation Illustrated by Examples from Irrigation*. GTZ publication no. 263. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Germany.

Malano, H.M. and van Hofwegen, P.J.M. (1999) *Management of Irrigation and Drainage Systems – a Service Approach*. IHE monograph no. 3. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Replogle, J.A. and Merriam, J.L. (1980) Scheduling and management of irrigation water delivery systems. In: *Irrigation – Challenges of the 80s*. American Society of Agricultural Engineers, Second National Irrigation Symposium, Nebraska, 20–23 October, pp. 112–126.

فصل پنجم

ارزیابی تشخیصی در عملکرد آبیاری

۵-۱- پیشگفتار

ارزیابی تشخیصی به منظور شناسایی نحوه انجام عملیات آبیاری، تشخیص علل مشکلات ایجاد شده انجام می‌شود تا با شناسائی فرصت‌ها برای اصلاح عملکرد و اعمال اقدامات اصلاحی موجبات بهبود و ارتقاء مدیریت آب فراهم گردد.

ارزیابی تشخیصی زمانی صورت می‌گیرد که در جریان نظارت معمول بر سامانه، مشکلات و مسائل حادی شناسائی شود و یا ذینفعان سامانه از سطح موجود عملکرد ناراضی بوده و خواهان تغییراتی در آن باشند. کاربرد ارزیابی تشخیصی در نظارت بر عملکرد راهبری و برنامه‌ریزی راهبردی است. کادر ۵-۱ نشان‌دهنده اهداف ارزیابی و افراد و سازمان‌هائی است که ارزیابی می‌کنند یا ارزیابی برای آنها و یا از دیدگاه آنها انجام می‌شود.

کادر ۵-۱: خصوصیات ارزیابی‌های تشخیصی

اهداف تجزیه و تحلیل تشخیصی:

- تشخیص مشکلات راهبری و پیشنهاد راه‌حل
- شناسایی پتانسیل‌ها برای حمایت از برنامه‌ریزی راهبردی

برای چه کسانی؟

- تأمین‌کنندگان خدمات آبیاری و زهکشی و مدیران آب
- دولت، مؤسسات وام‌دهنده، سرمایه‌گذار و مراکز تحقیقاتی
- کشاورزان و سایر دریافت‌کنندگان خدمات

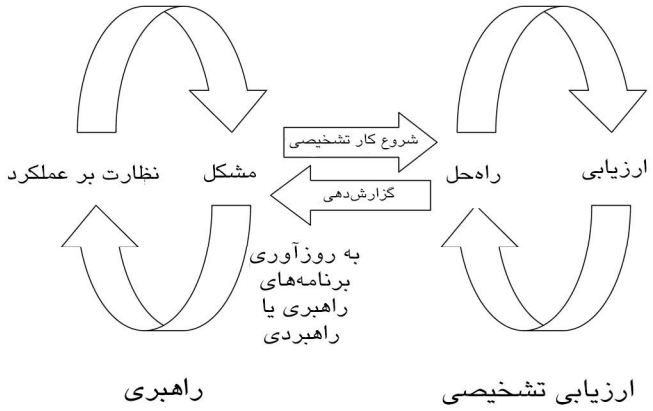
از دیدگاه چه کسانی تجزیه و تحلیل تشخیصی صورت می‌گیرد؟

- تأمین‌کنندگان خدمات
- مصرف‌کنندگان خدمات
- مؤسسات مستقل

چه کسی تجزیه و تحلیل تشخیصی را انجام می‌دهد؟

- تأمین‌کنندگان خدمات آبیاری یا نهاد مدیریتی
- گروه متخصصین مستقل

شکل ۵-۱ رابطه میان نظارت معمول بر عملکرد راهبری آبیاری را با ارزیابی تشخیصی نشان می‌دهد. حلقهٔ سمت چپ نشان‌دهندهٔ وضعیت عادی عملیات آبیاری است. در این حالت بر برنامه‌ها و عملیات در حال اجرا، در دوره‌های منظم روزانه و یا سالیانه، نظارت می‌شود. معمولاً به هنگامی که اهداف تأمین نمی‌شود، تغییرات ساده‌ای را در دستورالعمل فعالیت‌ها می‌توان اعمال کرد تا سامانه به فعالیت طبیعی بازگردانده شود. در بعضی موارد، مشکلی وجود دارد و یا احساس می‌شود که برای بهبود وضعیت احتیاج به تحقیق بیشتری داریم. در این حالت، از ارزیابی تشخیصی برای شناسایی مشکلات و علت‌های آن و نیز پیشنهاد راه‌حل‌هائی برای رفع آنها، استفاده می‌کنیم. ارزیابی تشخیصی با نظارت معمول بر راهبری از آن جهت متفاوت است که نوعاً کاری است مقطعی و به هنگام نیاز می‌توان آن را تکرار کرد.



شکل ۵-۱- این تصویر نمایانگر رابطه میان چرخه‌های طبیعی مدیریت راهبردی و راهبری (بهره‌برداری) در آبیاری است.

راهبری‌ها با کمک شاخص‌های عملکرد نظارت می‌شوند. اگر مشکلی باشد که منجر به عدم دستیابی به اهداف شده و یا موجب انحراف آنها گردد. نیاز به خروج از چرخه نظارت بر راهبری و ورود به سازوکار ارزیابی تشخیصی می‌باشد. در ارزیابی تشخیصی، علل بروز مشکلات و راه‌حل رفع آنها شناسایی و به مدیریت سامانه گزارش می‌شود. سپس مدیر، با تصحیح برنامه‌های راهبری یا راهبردی، به مدیریت معمول خود ادامه می‌دهد.

مدیران، راهبران و آب‌بران در جریان راهبری سامانه، و به طور مستمر اطلاعات را جمع‌آوری و به دقت مورد بررسی قرار می‌دهند. شاخص‌های عملکرد نظیر آنچه که در فصل ۳ توضیح داده شد، برای نظارت بر عملیات روزمره مطلوب می‌باشند. همواره این سؤال وجود دارد که آیا اهداف تحقق یافته است. اگر اهداف برآورده نشده است، لازم است برنامه‌های جدیدی اعمال گردد. در این حالت دو مسئله، ممکن است رخ دهد:

۱) علیرغم تمام سعی و کوشش بکار رفته، اهداف راهبری برآورده نشده باشد.

۲) اگرچه اهداف راهبری تحقق می‌یابد، اما نتایج مورد انتظار بدست نیامده است.

اولین مسئله مربوط به دستورالعمل‌ها و برنامه‌ریزی راهبری است. برای مثال، تصور کنید که سطوح ایستابی بالائی در بعضی از مناطق تحت آبیاری، گسترش یابد. کارکنان ستادی و اجرایی تلاش می‌کنند تا با انجام تغییرات و برنامه‌های جدید در راهبری، مشکل را رفع نمایند. اما چنانچه مشکل به آسانی رفع نشد، برای یافتن علل بروز مشکل، انجام ارزیابی تشخیصی دقیق‌تری مورد نیاز است تا علل بروز مشکلات کشف و به همراه راه‌حل‌های آن گزارش شود و نهایتاً برنامه‌های جدیدی اعمال گردد.

دومین مورد مربوط به برنامه‌ریزی راهبردی است. وقتی به اهداف راهبری می‌رسیم ولی نتایج دلخواه بدست نمی‌آید، به تغییرات راهبردی بنیادی‌تری نیاز می‌باشد.

فرض کنید که مقادیر اهداف شاخص‌های راهبری و از آن جمله نسبت عملکرد به تحویل آب، به طور معمول بدست آمده است، ولی کشاورزان متوجه شده‌اند که هزینهٔ تحویل آب بالاست. برای تحقیق در مورد علل هزینه بالای تحویل آب و پیشنهاد تغییرات، به ارزیابی مفصل‌تری نیاز است یا هنگامی که مقادیر اهداف شاخص‌های عملکرد، تحقق یافته‌اند، اما کشاورزان خواهان درآمد بیشتر از طریق جایگزینی کشت خود با محصولات با ارزش‌تری هستند. دلایل نرسیدن به نتایج مورد انتظار، شاید مربوط به ایجاد تغییری در درون سامانه (دبی جریان کمتر از هدف)؛ تغییری در بیرون سامانه (برداشت بیشتر آب از طریق یک کانال جدیدالاحداث)؛ یا تغییری در تمایل کشاورزان (کشت محصولات با ارزش‌تر) باشد. در تمامی این موارد، ارزیابی تشخیصی مفصل‌تری، از سامانه آبیاری سودمند خواهد بود و غالباً برای فهم این نکته که فرصت‌ها در کجاها قرار دارند ضروری می‌باشد.

بهتر است که ارزیابی تشخیصی براساس دستورالعمل‌های راهبری معمول و توسط سازمان مدیریت آبیاری مربوطه انجام شود. در حقیقت یکی از جان‌مایه‌های اصلی این کتاب، تشویق مدیران آبیاری برای آگاهی بیشتر از راهبری آبیاری است و بیشتر مباحث کتاب نیز بر این موضوع تمرکز دارد. ولی ممکن است دلایل دیگری برای ارزیابی تشخیصی وجود داشته باشد. شاید یک مؤسسه سرمایه‌گذاری یا برنامه‌ریزی مایل باشد آگاهی بیشتری پیدا کند که چرا سطح مشخصی از عملکرد حاصل نگردیده و یا چه سرمایه‌گذاری‌ها یا تغییراتی باید انجام گیرد تا عملکرد بهتر شود. در این مورد، گروهی از کارشناسان مستقل، با مشارکت مؤسسه ارائه‌کننده خدمات آب، یک سامانه آبیاری را مطالعه و نظرات و پیشنهادات خود را در مورد بهبود آن سامانه ارائه می‌دهند. جدول ۵-۱ دلایل احتمالی ارزیابی تشخیصی و نمونه‌هایی از آن را ارائه می‌دهد.

جدول ۵-۱- نمونه موقعیت‌هایی که توجیهی برای ارزیابی تشخیصی هستند.

دلایل ارزیابی تشخیصی	برای چه کسانی؟	از نقطه‌نظر چه کسانی؟	توسط چه کسانی؟
حل مشکلات راهبری	تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان خدمات	تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان خدمات	کارکنان مدیریت آبیاری
شناسایی جهات راهبردی	تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان خدمات	تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان خدمات	مشاوران مستقل و کارکنان مدیریت آبیاری
حل مشکلات بیرونی مثل آلودگی ناشی از آبیاری	مؤسسه مستقل (مثل مؤسسه حفاظت محیط زیست)، تأمین‌کنندگان خدمات	مؤسسه مستقل، تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان خدمات	مشاوران مستقل و کارکنان مدیریت آب
پیاده‌سازی تغییرات در سامانه آبیاری غیر فعال	دولت یا مؤسسه اقتصادی	آب‌بران، دولت	مؤسسه مستقل یا مهندسین مشاور مستقل

چه کسی تجزیه و تحلیل تشخیصی را انجام می‌دهد؟ معمولاً کارکنان عضو مؤسسه آبیاری باید ارزیابی عملکرد و منجمله ارزیابی تشخیصی راهبردی و راهبری را برای مدیریت سامانه آبیاری انجام دهند. اگر مشکلات موجود نیازمند تخصص خاصی باشد، می‌توان از مشاوران مستقل درخواست کرد تا تجزیه و تحلیل را انجام دهند، اکثراً از گروه سومی نیز درخواست می‌شود تا ارزیابی را با مشارکت مؤسسه سرمایه‌گذاری یا برنامه‌ریزی انجام دهند تا معلوم گردد که چرا سرمایه‌گذاری در آبیاری بازده نداشته است و چگونه می‌توان آن را اصلاح کرد. مؤسسات مستقل تحقیقاتی و یا دانشگاه‌ها نیز ممکن است مطالعه‌ای تشخیصی برای گرفتن نتایج کلی دربارهٔ عملکرد آبیاری انجام دهند.

به طور خلاصه:

- ارزیابی‌های تشخیصی برای یافتن مشکلات؛ تشخیص محدودیت‌ها؛ پیدا کردن فرصت‌های بهبود؛ یا یادگیری بیشتر از موفقیت‌ها و شکست‌های مدیریت و طراحی آبیاری صورت می‌گیرد. ارزیابی تشخیصی زمانی لازم است (و تکرار می‌شود) که اهداف تحقق نمی‌یابد و نیاز به روشن شدن دلایل آن دارد.
- ارزیابی تشخیصی، مکمل نظارت معمول بر عملکرد سامانه‌های آبیاری است. مدیریت آگاه عملکرد، زمانی اقدام به ارزیابی تشخیصی می‌کند که اطلاعات

بدست آمده از نظارت معمول، حاوی انحرافاتی از سطوح عملکرد مورد انتظار داشته باشد، مشکلاتی بروز کرده و یا نیاز به تغییر سطح عملکرد باشد.

- ارزیابی تشخیصی حتی‌الامکان باید توسط مؤسسه آبیاری مربوطه انجام شود. اگر به تخصص خاصی برای علت‌یابی و تشخیص نیاز باشد، می‌توان از یک کارشناس خارج از مؤسسه کمک گرفت. اگر ارزیابی تشخیصی توسط گروه مستقلی صورت می‌گیرد جلب موافقت مؤسسه یا نهاد مدیریتی لازم است.

۵-۲- مفاهیم و اصول اساسی در ارزیابی تشخیصی

در این بند، مفاهیم اساسی ارزیابی تشخیصی معرفی می‌گردند. به هنگام انجام ارزیابی تشخیصی، ارزیاب‌ها باید راه‌کارهای روشمندی بکار بگیرند تا مشکل موجود را تشخیص دهند؛ گروه ارزیاب باید شامل ترکیب صحیحی از رشته‌های مختلف علمی باشد؛ در گروه ارزیابی باید ذینفعان سامانه نیز شرکت داشته و شاخص‌ها را در تجزیه و تحلیل‌هایشان به کار گیرند.

۵-۲-۱- سامانه‌های رهیافت

عملکرد آبیاری در امور کشاورزی تحت تأثیر تعامل سامانه‌های پیچیدهٔ اجتماعی- اقتصادی، فیزیکی و انسانی است (شکل ۲-۲ فصل دوم). مثلاً شاید عدم پذیرش روش‌های دقیق‌تر آبیاری توسط کشاورزان، بیشتر تابعی از اوضاع اقتصادی تا فقدان دانش آنها و یا عرضهٔ نامناسب آب در کانال‌ها باشد. یک سامانه عناصر ورودی خود را طی فرآیندهای گوناگون تبدیل به عناصر خروجی می‌کند. مثلاً آب عنصر ورودی به سامانه انتقال و تحویل آب به مزارع مختلف، خروجی آن است. چندین فرآیند از قبیل، برنامه‌ریزی و تخصیص آب، نگهداری زیر ساخت‌ها، انتقال آب از طریق مجموعه‌ای از کانال‌ها و لوله‌ها و تنظیم و اندازه‌گیری جریان، در امر تحویل آب دخیل هستند. بسیاری از این فرآیندها، مثل تخصیص آب، خروجی سایر سامانه‌ها و در این مورد یک سامانه سازمان یافته اجتماعی است. درک فرآیند

سامانه، روابط مهم بین سامانه‌ها و محیطی که سامانه در آن کار می‌کند برای امر ارزیابی تشخیصی مهم است.

۵-۲-۲- نیاز به دیدگاه‌های متنوع

عملکرد آبیاری تابعی از چندین فرآیند اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی و فنی بوده و نیز تابعی از طراحی سامانه، چگونگی کار سامانه و کسانی است که سامانه را راهبری می‌کنند. همچنین تابعی از انگیزه‌های کشاورزان، سیاست دولت و مؤسسات مدیریت آب می‌باشد. لذا هرگونه استنتاج که فقط بر پایهٔ یک جنبه یا یک دیدگاه باشد، ناکافی است. بنابراین بدیهی است که درک عملکرد، نیاز به آگاهی از دیدگاه‌های متنوع دارد. برای حل مشکلات پیچیده، یک گروه ارزیاب با داشتن زمینه‌های متفاوت علمی به شرحی که در فصل سوم بیان گردید، لازم است.

۵-۲-۳- نیاز به مشارکت ذینفعان

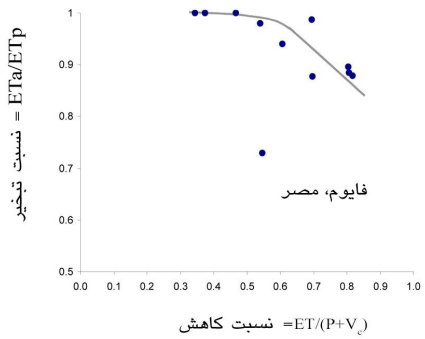
فرآیند تشخیص باید شامل ذینفعان سامانه که نهایتاً تحت تأثیر نتایج ارزیابی قرار می‌گیرند، باشد. مثلاً، چنانچه یک مؤسسه مدیریت آبیاری روش‌هایی را برای اصلاح خدمات تحویل آب، ارزیابی می‌کند، باید در ارزیابی خود آب‌بران را نیز وارد کند. ذینفعان سامانه شامل گروه‌های زیر هستند: کشاورزان، مؤسسه آبیاری، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران، مصرف‌کنندگانی که در سامانه آبیاری قرار ندارند ولی تحت تأثیر مستقیم آبیاری قرار می‌گیرند. اگر ارزیابی توسط ارزیابان خارج از سامانه صورت می‌گیرد، باید گروه‌های ذینفع از جمله کشاورزان، مؤسسه آبیاری و مؤسسات وابسته، در ارزیابی شرکت کنند. شرکت دادن ذینفعان در این فرآیند به همه کمک می‌کند تا فعالیت‌های سامانه را بهتر درک کرده و با بهره‌مندی از تفکرات متنوع و مشارکت آنها زمینه ارائه نتایج، پیشنهادات و نظریات تقویت گردد.

۵-۲-۴- استفاده و تفسیر شاخص‌ها در ارزیابی تشخیصی

شاخص‌های عملکرد در ارزیابی‌های تشخیصی، از نظر فهم روابط و نیز تدوین دستورالعمل‌های عملکردی دربارهٔ آبیاری، بسیار مهم هستند. استفاده و تفسیر این شاخص‌ها در ارزیابی تشخیصی متفاوت با ارزیابی راهبری است. در ارزیابی

راهبری، مجموعه اهداف مدیریتی معیار سنجش هستند و عملکرد نسبت به این اهداف سنجیده می‌شود. اما در فرآیند ارزیابی تشخیصی، درک جریان‌های کلیدی سامانه بسیار مهم بوده و شاخص‌ها در شناخت این فرآیندها و روابط بین آنها کمک می‌کنند. شاخص‌هایی که در فصل سوم ارائه شد، هم در تشخیص و هم در راهبری معمول سامانه قابل استفاده هستند. البته از سایر شاخص‌ها نیز می‌توان برای تکمیل آنها استفاده کرد. برای مثال، شکل ۵-۲ تعامل میان نسبت تلفات آب و تلفات ناشی از تبخیر در پروژه فایوم مصر را نشان می‌دهد. در این زمینه، باید خاطر نشان کرد که این دو نسبت، بر فراهم بودن آب برای آبشویی و محصول‌دهی نیز اثر می‌گذارد. یا به عبارت دیگر تلفات آب عمقی باعث آبشویی و تولید محصول بیشتر می‌گردد (باس و باستیانسن ۲۰۰۴).

مزیت استفاده از شاخص‌های استاندارد فصل سوم آن است که امکان مقایسه در طول زمان و مابین سایر مناطق تحت آبیاری را فراهم می‌کند (برای مثال به مولدن[1] و همکاران، ۱۹۹۸ مراجعه کنید). غالباً مشاهده مقدار یک شاخص در مقایسه با منطقه‌ای دیگر، سودمند است (مولدن و همکاران ۱۹۹۸).



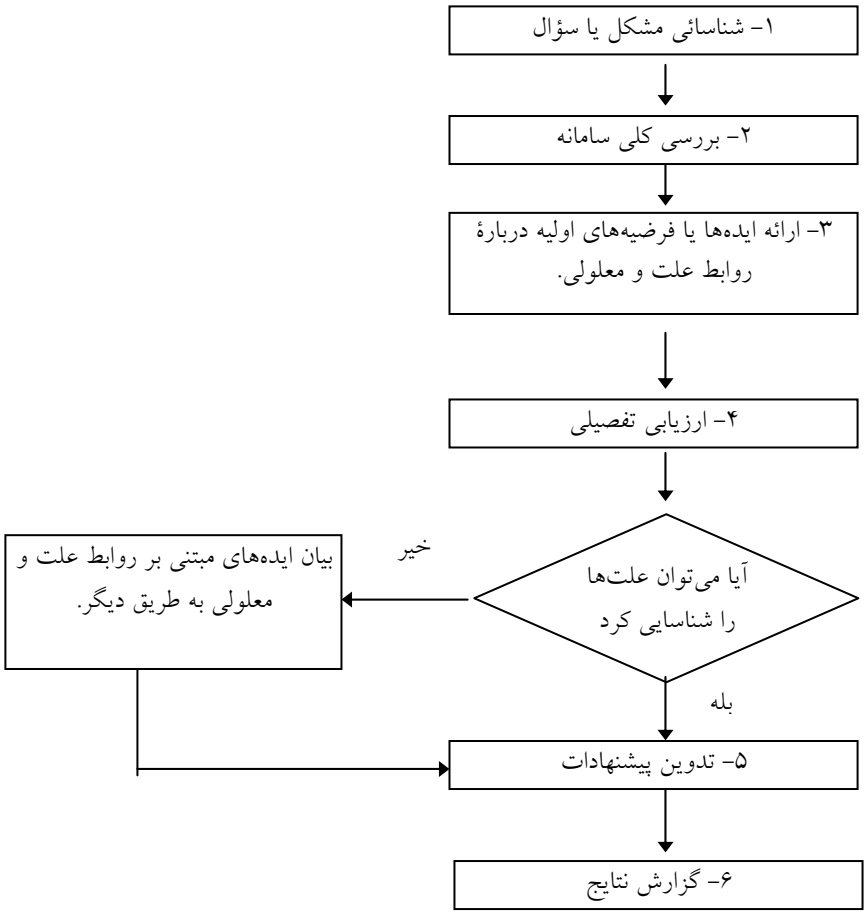
شکل ۵-۲- این شکل نشان می‌دهد که از شاخص‌ها چگونه می‌توان برای کمک به درک بیشتر از روابط اساسی مؤثر در تشخیص‌ها، سود برد. در این مورد، نسبت تبخیر برای مقادیر نسبت کاهش بیش از ۰/۶، رو به کاهش می‌گذارد. میزان بارآوری نیز احتمالاً در مقادیر بالاتر نسبت کاهش، رو به کاهش می‌گذارد، چرا که در نسبت تبخیر و تعرق واقعی به بالقوه، کاهش صورت می‌گیرد.

1- Molden

۵-۳- مراحل ارزیابی تشخیصی

دو راهکار برای فهم عملکرد سامانه و تشخیص مشکلات آن وجود دارد. اولین راهکار جمع‌آوری هر چه بیشتر اطلاعات درباره سامانه و توضیح عملیات سامانه از طریق تجزیه و تحلیل این اطلاعات است. دومین راهکار تمرکز بر روابط اساسی علت و معلولی و پیگیری آنهاست. اگرچه اولین راهکار ممکن است به فهم جامعی از کشاورزی فاریاب منجر شود، اما غالباً جمع‌آوری، اندازه‌گیری و کار بر روی داده‌های عملکرد، پرهزینه است و این یکی از دلایلی است که معمولاً مدیران آبیاری ارزیابی عملکرد را انجام نمی‌دهند.

یک شیوهٔ مؤثر در ارزیابی تشخیصی، پذیرفتن دومین راهکار و انجام یک بررسی کلی در مورد سامانه و شناسایی توجیهات ممکن برای مشکل است. سپس با توجیهات متوالی، توضیحاتی دربارهٔ علل عملکرد خوب و یا ضعیف ارائه می‌شود. راهکار کلی آن است که ابتدا مشکلی را بیان کنیم، سپس یک فرضیه یا توجیه اولیه علت و معلولی از آن ارائه کنیم، اطلاعات تشخیصی را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کرده و سپس فرضیه را دوباره آزمون و تدوین کنیم تا به جواب‌های رضایت‌بخش برسیم. هنگامی که به جواب‌ها رسیدیم، پیشنهادات را به طور دقیق و روشن بیان کرده و به گروه‌های مربوطه گزارش می‌کنیم. تمام این مراحل با در نظر گرفتن اصول اساسی که در بند ۵-۲ ارائه شد، انجام می‌گردد. در شکل ۵-۳ چارچوب یک راهکار ۶ مرحله‌ای ترسیم شده است.



شکل ۵-۳- مراحل ارزیابی تشخیصی

مرحلهٔ ۱- شناسائی مشکل یا سؤال

این شناسایی، مستقیماً از جائی شروع می‌شود که موجب شده ارزیابی تشخیصی انجام شود. سؤالات، می‌توانند از این قبیل باشند: محدودیت‌های آبی مؤثر بر تولید کشاورزی چیست؟ چرا مشکل بین کشاورزان پایین‌دست و بالادست کانال به وجود آمده است؟ چرا آب‌بران پایین‌دست کانال، هزینه‌ها را پرداخت نمی‌کنند؟ چگونه می‌توان تولید کل را بهبود بخشید؟ چگونه می‌توان مشکلات شوری و ماندابی شدن

را کاهش داد؟ اگر ذینفعان اصلی سامانه را در تدوین سؤالات صحیح شرکت دهید در مرحلهٔ بعد، خود سؤال راهنمای شما در نوع تجزیه و تحلیلی است که انجام می‌دهید.

مرحلهٔ ۲- بررسی کلی سامانه

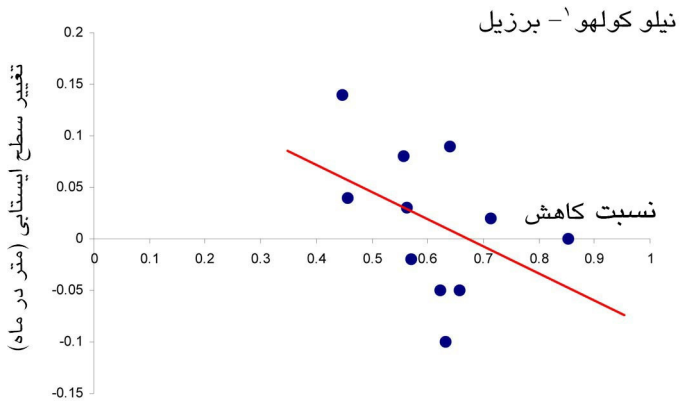
برای ارائه یک فرضیهٔ اولیه، نظری کلان بر شمای کلی سامانه بیاندازید و هر چقدر می‌توانید در رابطه با مشکل، اطلاعات بدست آورید. اگر مؤسسه مدیریت آبیاری عهده‌دار کار تشخیصی است، این مرحله ممکن است به سرعت انجام شود. ولی افراد مستقل (بیرون از سامانه) در ابتدا باید با افراد آگاه محلی دربارهٔ سامانه مشورت نمایند. محیط سامانه، از قبیل، آب و هوا، خاک، منابع آب و قالب سازمانی آن را با استفاده از مشخصات سامانه که در فصل دوم (جدول ۲-۳) ارائه شد، توصیف نمایند. استفاده از شاخص‌هایی که در فصل سوم معرفی شده، تضمین‌کننده کسب اطلاعات در زمینه‌های گوناگون است. هدف از این نگاه کلی، تدوین چشم‌اندازی از سامانه و روابط اصلی آن است که برای ارائه فرضیهٔ اولیه مهم است.

مرحله ۳- ایده‌ها یا فرضیه‌های اولیه درباره روابط علت و معلولی

براساس این دیدگاه کلی، ایده‌ها یا فرضیه‌های اولیه دربارهٔ روابط علت و معلولی درون سامانه را ارائه دهید. از ارزیابی سریع و یا فنون ارزشیابی مشارکتی برای جمع‌آوری اطلاعات کافی در جهت تدوین فرضیه اولیه در مورد رفتار سامانه، استفاده کنید. در این مرحله گستره‌ای از اطلاعات را در زمینه‌های مختلف و از تعامل با گردانندگان سامانه بدست آورید. درک روابط میان زیر ساخت، راهبری‌ها، سازمان‌ها، انگیزه‌های اقتصادی و سیاست‌ها مهم است. فرضیه کاری و نیز برنامه‌ای برای آزمون آن تدوین کنید. یک نمودار درختی تشخیصی در ادامهٔ این فصل ارائه می‌شود که برای فهم روابط علت و معلولی سودمند است (شکل ۵-۷).

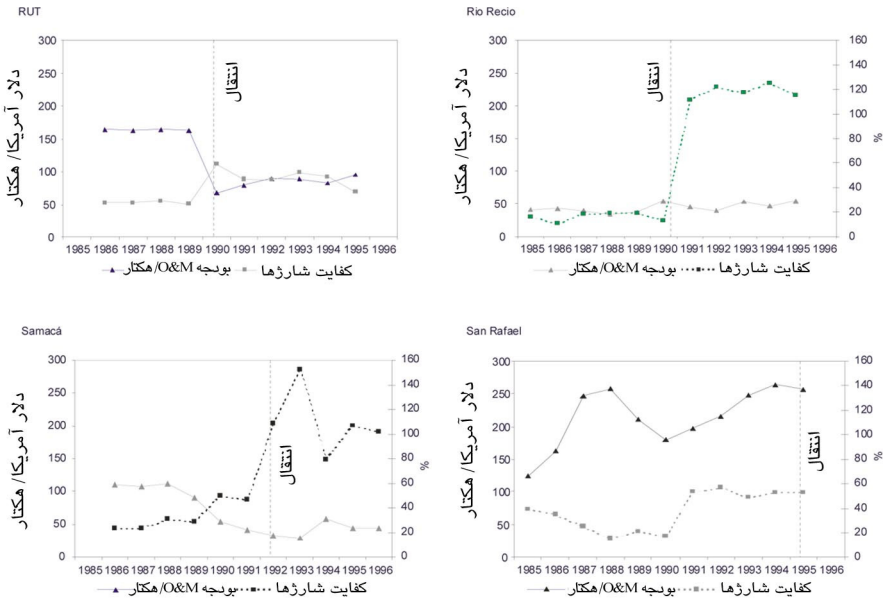
مرحله ۴- ارزیابی تفصیلی

برنامه‌ای برای جمع‌آوری داده‌ها جهت آزمون فرضیه کاری با کمک عوامل داخل سامانه تهیه کنید. ارزیاب‌ها با تدوین و جهت دادن سؤالات و فرضیه می‌توانند روی مشکل تمرکز نمایند. قسمت‌های خاصی از سامانه، با تفصیل بیشتری مطالعه می‌شود، و لذا برای سایر قسمت‌ها اطلاعات کمتری مورد نیاز است. با این کار، نیازهای اطلاعاتی به حداقل می‌رسد و به همان نسبت نیاز به زمان و تلاش کاری کاهش می‌یابد. در فصل ششم، اطلاعات کامل‌تری درباره مدیریت داده‌ها ارائه می‌شود. شکل ۵-۴ مثالی از جمع‌آوری داده‌ها برای درک رابطه میان سطح آب زیرزمینی و نسبت کاهش است. شکل ۵-۵ مثالی از بودجهٔ (راهبری و نگهداری) (O&M) جمع‌آوری شده است.



شکل ۵-۴- در این مورد، این فرضیه ارائه شد که کاهش یا افزایش آب زیرزمینی با نسبت کاهش رابطه دارد. از داده‌های صحرایی و کنترل از راه دور برای اندازه‌گیری آب زیرزمینی و نسبت کاهش، استفاده شده است. در این مورد نشان داده شد که در نسبت‌های کاهش بالاتر، سطح آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. از این اطلاعات می‌توان برای برنامه‌ریزی در جهت تثبیت سطح آب زیرزمینی استفاده کرد (باس[2] و باستیانسن[3]، ۲۰۰۳).

1- Nilo Coelho
2- Bos
3- Bastiaanssen



شکل ۵-۵- بودجه‌های راهبری و نگهداری و خودکفائی مالی در چهار سامانه مختلف واقع در کلمبیا. در سه سامانه از چهار سامانه، آب‌بهای دریافتی بودجه‌های مورد نیاز پروژه را پوشش می‌دهد (ورمیلیون[1] و گارسز- رس‌ترپو[2]، ۱۹۹۸).

در خلال برنامه جمع‌آوری داده‌ها، نتایج را تجزیه و تحلیل و تفسیر کنید. آیا این شواهد قویاً از فرضیات پشتیبانی می‌کنند؟ آیا دست‌اندرکاران شبکه با نتایج موافقند؟ اگر بله، علل مشکلات احتمالاً شناسایی شده است. اگر فرضیات تأیید نشده‌اند، باید بازنگری در آنها به عمل بیاید. در این حالت، فرضیات را دوباره تدوین کنید و آزمون‌های دیگری ارائه دهید.

1- Vermillion
2- Garces-Restrepo

مرحله ۵- تدوین پیشنهادات

پس از یافتن علل مشکل، مدیران آبیاری طبق روال معمول خود، دست به اقدام می‌زنند. هنگامی که مؤسسه مدیریت آب و آب‌بران، کارفرما باشند، دریافت بازخورد سریع بسیار مهم است. آنها می‌توانند در ارائه فرضیه، تفسیر نتایج و تدوین و نظارت بر برنامه جمع‌آوری داده‌ها، خبره و آگاه بوده و نقش اساسی داشته باشند. به علاوه مشارکت آنان از ابتدای برنامه، باعث می‌شود که نتایج به آسانی درک، تفسیر و مورد استفاده عملی قرار گیرد.

اقدامات پیشنهادی ممکن است شامل تغییراتی در راهبری و یا در رابطه با تصمیمات راهبردی باشد که به نحوی مربوط به راهبری جاری هستند و یا اصالتاً راهبردی‌تر باشند که در این مورد، باید مقادیر اهداف شاخص‌ها را دوباره مشخص کرد و یا شاخص‌های جدیدی طراحی کرد. پیشنهادات باید آنچه را که از لحاظ اجتماعی، فنی، اقتصادی و سیاسی برای ذینفعان شبکه عملی باشد، در نظر بگیرد و این کار مبتنی بر اطلاعات بدست آمده از مراحل ۱ تا ۴ باشد. روش ممیزی توانایی بهبود عملکرد که توسط مری[1] و همکارانش (۱۹۹۵) ارائه شده، می‌تواند برای تعیین عملی بودن پیشنهادات سودمند باشد.

مرحله ۶- گزارش نتایج

مؤسسه‌ای که هدایت ارزیابی را به عهده دارد باید نتایج حاصل را به طور روشن به کارفرمایان خود گزارش دهد. مثلاً، اگر مؤسسه مدیریت، ارزیابی را انجام می‌دهد، باید برای هیئت مدیره و کشاورزان گزارش مخصوصی تهیه کند. گزارشات باید به طور شفاف به بیان برنامهٔ کار انجام شده، تشریح روابط علت و معلولی اصلی، توضیح مشکلات بپردازد و اطلاعات مربوطه توسط جداول، نمودارها و اقدامات اصلاحی پیشنهادی ارائه شود. گزارشات باید کتبی و با توجه به فهم خوانندگان اصلی گزارش، تهیه شود.

1- Merrey

۵-۴- روش‌شناسی

روش‌ها و فنون تجزیه و تحلیل فراوانی برای استفاده در ارزیابی تشخیصی وجود دارد. یک ارزیاب خوب مناسب‌ترین روش را برای کار در دست اقدام خود انتخاب خواهد کرد. هدف این بخش مروری بر روش‌های سودمند در ارزیابی تشخیصی است. توصیف روش‌های متعدد با رهنمودهائی در مورد سودمندی هر یک از آنها در موقعیت‌های مختلف با ذکر منابع برای کسب اطلاعات بیشتر در پیوست آورده شده است. اولین بخش روش‌های تشخیصی مربوط به راه‌کارهای گسترده‌تر یا قابل اعمال در ارزیابی تشخیصی است. روش دوم مربوط به فنون ویژه و سودمند در تشخیص یک نوع به خصوص یا طیفی از مشکلات است.

۵-۴-۱- روش‌های تشخیصی

۵-۴-۱-۱- روش تجزیه و تحلیل تشخیصی

یک روش ویژه برای تجزیه و تحلیل تشخیصی[1] (DA) و نیز ارزیابی درک عملکرد یک سامانه کشاورزی فاریاب از دهۀ ۱۹۸۰ به وجود آمده است و در مناطق تحت آبیاری بسیاری استفاده شده است (فولر[2]، ۱۹۸۳، لادرمیلک[3] و همکاران ۱۹۸۳، کلیما[4] و لادرمیلک ۱۹۸۸ و ددریک[5] و همکاران ۲۰۰۰). این روش دارای ۵ مرحله است:

۱) تهیه یک طرح کلی
۲) ورودی- داده‌های اطلاعاتی
۳) تشخیص سریع
۴) تشخیص تفصیلی
۵) خروجی- گزارش‌دهی و گزارش‌گیری

1- Diagnosis Analysis
2- Fowler
3- Lowdermilk
4- Clyma
5- Dedrick

مفاهیم کلیدی مواردی از جمله استفاده از تجزیه و تحلیل برای درک سامانه‌های پیچیده فیزیکی، زیستی و انسانی؛ گروه‌های کارشناسان چند تخصصی برای انجام ارزیابی؛ تحقیق عملی با هدف ایجاد تغییرات سازمانی؛ و دست‌اندرکار بودن آب‌بران در سرتاسر فرآیند را شامل می‌گردد. بسیاری از مفاهیم تجزیه و تحلیل تشخیصی (DA) در نوشتن این فصل مهم بوده است. تجزیه و تحلیل تشخیصی در فرآیند کلی بهبود مدیریت و با هدف برنامه‌ریزی و بهبود عملکرد آبیاری، تکوین می‌یابد. معمولاً هدف از تجزیه و تحلیل تشخیصی، درک کلی سامانه و نه حل یک مشکل منفرد و یا شناسایی عملکرد یک جنبه از سامانه مثل تحویل آب یا عوامل اقتصادی است. فرآیند تجزیه و تحلیل تشخیصی در تعداد زیادی از سامانه‌های آبیاری دنیا انجام شده است (برای نمونه مراجعه کنید به: ددریک و همکاران، ۲۰۰۰، آلویس[1] و همکاران، ۱۹۸۳، لایتوس[2] و همکاران، ۱۹۸۵، سوماسه که‌را[3] و همکاران ۱۹۸۶). معمولاً مطالعات تجزیه و تحلیل تشخیصی توسط مؤسساتی به غیر از مؤسسه مدیریت آب و توسط سایر مؤسسات دولتی و یا خیریه آغاز می‌شود ولی قطعاً توافق و مشارکت مؤسسه مدیریت آب مربوطه ضروری است. تجزیه و تحلیل تشخیصی از دیدگاه‌های مختلف مثل کشاورزان، مدیران و انجمن‌های آبیاری انجام می‌شود. ارزیابی تشخیصی همیشه توسط یک گروه مستقل، متشکل از کارشناسان چند تخصصی و نه کارکنان مؤسسه آبیاری (اگرچه آنان درگیر کار هستند) انجام می‌گیرد. به نظر می‌رسد که روش برای برنامه‌ریزی‌های راهبردی بسیار مناسب است. اما برای حل مشکلات ویژه مناسب نیست. این روش تجزیه و تحلیل تشخیصی نیازمند استفاده زیاد از منابع مالی و انسانی است، لذا انتظار می‌رود که نتیجهٔ کار، بهبود زیادی در عملکرد آبیاری داشته باشد. تجربیات و نمونه‌های تجزیه و تحلیل تشخیصی، روش‌های ویژه‌ای را عرضه داشته است که در درون و بیرون محدوده تجزیه و تحلیل تشخیصی کاملاً سودمند هستند (پودمر[4] و ای‌نون[5]، ۱۹۸۴، اُد[6] و همکاران، ۱۹۸۹).

1- Alwis
2- Laitos
3- Somasekera
4- Podmore
5- Eynon
6- Oad

۵-۴-۱-۲- ارزیابی سریع[1] (RA)

همچنانکه از نام آن درک می‌شود این نوع ارزیابی، برای بدست آوردن دیدگاهی فوری و سریع از عملکرد سامانه است. از این ارزیابی معمولاً در مراحل اولیه تجزیه و تحلیل تشخیصی استفاده می‌شود. پس از انجام ارزیابی سریع می‌توان، فرضیه اولیه را ارائه داد. گاهی اوقات، دیدگاهی که از منطقه تحت آبیاری در اثر ارزیابی سریع بدست می‌آید، آنقدر گسترده و روشن است که می‌توانیم تصمیماتی دربارهٔ سامانه اتخاذ نماییم.

فنون ارزیابی سریع متکی بر مشاهدهٔ صحرایی و جمع‌آوری و بازنگری اطلاعات و داده‌های موجود است. سایر منابع اطلاعاتی نظیر: مرور داده‌های ثانویه، مصاحبه با افراد و گروه‌ها و مشاهده قسمت‌های مختلف سامانه نیز سودمند هستند. اغلب برای تهیه دستورالعمل اولیه ارزیابی سریع، کمک گرفتن از یک فهرست اطلاعات مورد نیاز، سودمند است. گاهی اوقات بخشی از اطلاعات حیرت‌آور به نظر می‌رسد ولی نباید آنها را در نظر نگرفت. ارزیابی سریع باید اطلاعات اساسی برای تهیه نمای کلی سامانه، اطلاعاتی در مورد تعداد اندکی از شاخص‌های اصلی، و سایر اطلاعات توضیحی برای شکل‌گیری فرضیهٔ اصلی را فراهم کند. گاهی اوقات ارزیابی سریع به سرعت منشاء عملکرد ناقص و پایین را نشان می‌دهد و امکان اجرای اقدامات اصلاحی را فراهم می‌کند. در این صورت نیاز به تجزیه و تحلیل تشخیصی تفصیلی نخواهد بود.

مزایای این نوع ارزیابی، در توانایی سریع آن برای شکل‌دهی به یک ایدهٔ کلی دربارهٔ عملکرد سامانه است. گاهی ارزیابی سریع می‌تواند به سرعت منشاء اصلی پائین بودن عملکرد را مشخص و امکان اقدامات اصلاحی سریع و کمینه کردن وقت و انرژی لازم برای ارزیابی تشخیصی تفصیلی را فراهم سازد. از عیوب این روش، تکیه بر مهارت‌های ارزیاب است، در این حالت، بسیاری از نتایج ذهنی و بالقوه گمراه‌کننده هستند و بدست آوردن شواهد محکم با این فن دشوار است.

کادر ۵-۲- مجموعه اطلاعاتی را که در روش ارزیابی سریع مورد استفاده است نشان می‌دهد.

1- Rapid Appraisal (RA)

کادر ۵-۲- مجموعه اطلاعاتی که در روش ارزیابی سریع برای ارزیابی عملکرد تشکل‌های آب‌بران در مدیریت آبیاری بررسی می‌گردد (خلاصه شده از ورمیلیون و همکاران، ۱۹۹۶).

ارزیابی تشکل‌های آب‌بران (WUA)

۱- زمان استقرار سازمان، نهاد یا اداره‌ای که مدیریت را انتقال داده است.

ماه و سال:

نام اداره:

ماه و سال انتقال واقعی راهبری:

ماه و سال انتقال واقعی نگهداری:

ماه و سال انتقال واقعی امور مالی:

ماه و سال انتقال امور اداری:

۲- در کدامیک از فعالیت‌های زیر تشکل‌های آب‌بران دخالت داشته و در کدام موارد بطور کامل سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اجرا را در اختیار دارند (کلیه سؤالات را پاسخ دهید).

فعالیت	مداخله تشکل‌های آب‌بران	کاملاً در اختیار تشکل‌های آب‌بران
راهبری آبیاری در اراضی تشکل‌های آب‌بران		
راهبری آبیاری در سامانه اصلی		
نگهداری اراضی تشکل‌های آب‌بران		
نگهداری سامانه اصلی		
هزینه‌های مالی آبیاری		
انتخاب رهبری تشکل‌های آب‌بران		
رفع مشاجرات کشاورزان		
تأمین اعتبارات کشاورزی		
تأمین و پرداخت نهاده‌های کشاورزی		
تولید و بازاریابی محصول		
فعالیت‌های تجاری جنبی		
سایر (شرح دهید)		

ادامه کادر ۵-۲-

۳- توانایی‌های حقوقی و سیاسی تشکل‌های آب‌بران

فعالیت	* حقوق رسمی	* به رسمیت شناخته شده توسط دولت
مذاکره راجع به حقابه در سطح تشکل‌های آب‌بران (به لحاظ حجم، دوره آبیاری و تقسیم آن)		
توانایی دریافت هزینه‌ها از کشاورزان.		
جریمه کشاورزان به دلیل عدم پرداخت آب‌بها یا بی‌توجهی به قوانین		
قطع آب آبیاری هر کشاورز به دلیل بی‌توجهی به قوانین.		
سلب مالکیت از کشاورزان به علت بی‌توجهی به قوانین.		
بردن کشاورزان به علت بی‌توجهی به قوانین به مراجع قانونی.		
داشتن حق دخل و تصرف در سازه‌های سامانه آبیاری.		
دارا بودن مالکیت سازه‌های زیربنایی.		
دارا بودن حق مالکیت.		
داشتن حساب بانکی.		
اخذ اعتبارات و توزیع آن.		
انجام کارهای تجاری یا عقد قرارداد.		
سایر (شرح دهید)		
سایر (شرح دهید)		

* در ستون‌های حقوق رسمی و به رسمیت شناخته شده توسط دولت اعداد ذیل را وارد کنید.

کامل=۱ قسمتی=۲ خیر=۳ روشن نیست=۴

ادامه کادر ۵-۲-

۴- مدارکی که برای عضویت در تشکل‌های آب‌بران لازم است (کلیه سؤالات را پاسخ دهید).

- باید صاحب زمین در اراضی تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران باشد. ❑
- از زارعین قدیمی اراضی تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران باشد. ❑
- دارای حقابه یا سهم آب در اراضی تشکل‌های آب‌بران باشد. ❑
- باید ثبت نام کند و حق عضویت بپردازد. ❑
- فقط باید عضو خانواده صاحب مزرعه باشد. ❑
- سایر (شرح دهید).

۵- مواردی که باعث سلب عضویت در تشکل‌های آب‌بران می‌شود (کلیه سؤالات را پاسخ دهید).

- کوتاهی در پرداخت هزینه‌های سالانه ❑
- کوتاهی در مشارکت در فعالیت‌های نگهداری تشکل‌های آب‌بران ❑
- بی‌توجهی به قوانین ❑
- خلع ید شدن صاحب مزرعه از مزرعه تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران ❑
- دست کشیدن صاحب مزرعه از کشت آن ❑
- دست کشیدن کشاورز بی‌زمین از زراعت در محدوده تشکل‌های آب‌بران ❑
- عضوی که حقابه خود را واگذار نماید. ❑
- سایر موارد (شرح دهید).

۶- موقعیت رهبری و کارکنان تشکل‌های آب‌بران

وضعیت راهبر	تعداد کارکنان		نحوه انتخاب	تمام یا نیمه وقت	نحوه پرداخت حقوق
	مرد	زن			

وضعیت کارکنان	تعداد کارکنان		نحوه انتخاب	تمام یا نیمه وقت	نحوه پرداخت حقوق
	مرد	زن			

ادامه کادر ۵-۲-

* **شماره مربوط به نحوه انتخاب:** بوسیله دستگاه دولتی=۱، بوسیله کشاورزان=۲، بوسیله دستگاه دولتی و کشاورزان=۳، داوطلبانه=۴، استخدام توسط رهبری تشکل‌های آب‌بران=۵، سایر=۶
** **شماره مربوط به نحوه پرداخت حقوق (تمام موارد ممکن را علامت بزنید)** حقوق یا حق‌القدم=۱، پاداش غیر رسمی=۲، پرداخت شراکتی کشاورزان=۳، درآمد ناشی از فعالیت‌های تجاری تشکل‌های آب‌بران=۴، عدم پرداخت=۵، سایر=۶

۷- در کدامیک از موارد زیر زنان می‌توانند در تشکل‌های آب‌بران مداخله نمایند.

- قرار گرفتن در موقعیت رهبری تشکل‌های آب‌بران ❑
- قرار گرفتن در جمع کارمندان تشکل‌های آب‌بران ❑
- شرکت در جلسه تشکل‌های آب‌بران ❑
- صحبت کردن در تشکل‌های آب‌بران ❑
- تقاضای شخصی از تشکل‌های آب‌بران ❑
- پیوستن به فعالیت‌های نگهداری تشکل‌های آب‌بران ❑
- پرداخت هزینه‌های آبیاری ❑
- کمک کردن به کتابداری ❑
- کمک کردن به راهبری ❑
- کمک در فرونشاندن منازعات ❑
- سایر موارد (شرح دهید) ❑

۸- تنبیه معمول چیست، جریمه‌ای که توسط تشکل‌های آب‌بران بر علیه کشاورزان وضع می‌گردد و عکس‌العمل کشاورزان در این موارد را شرح دهید.

تنبیه:.....

عکس‌العمل کشاورز:.....

۵-۴-۱-۳- ارزیابی مشارکتی روستایی[1] (PRA)

انجمن‌های آبیاری محلی، دانش فراوانی دربارهٔ راهبری و عملکرد آبیاری دارند. این انجمن‌ها دارای اطلاعات فوق‌العاده ارزشمندی حتی برای مؤسسات مدیریت آبیاری در ارزیابی عملکرد آبیاری هستند. ارزیابی مشارکتی روستایی متکی بر دانش محلی برای شناسایی مشکلات و انجام اقدامات لازم است.

ارزیابی مشارکتی روستایی (PRA) به گروهی از روش‌ها و راهکارها اطلاق می‌گردد که مردم محلی را قادر می‌سازد تا استفاده از دانش و شرایط فردی خود تشریک مساعی کرده و آن را تقویت و تجزیه و تحلیل نموده و سپس دست به برنامه‌ریزی و عمل بزنند (چمبرز[2]، ۱۹۹۴). در واقع می‌توان گفت که ارزیابی مشارکتی روستایی روش تکوین یافته از فنون ارزیابی سریع روستایی است (یودر[3] و مارتین[4] ۱۹۸۵؛ چمبرز و کاروترز[5] ۱۹۸۵؛ پرادان[6] و همکاران، ۱۹۸۸، گراسلینک[7] و تامپسون[8]، ۱۹۹۷) جوامع محلی، در امر تحقیق تعمیم طرح و نقشه‌های کلی و نمودارهایی که نشان‌دهندهٔ الگوهای منابع مصرفی است، تقویم‌های فصلی، تجزیه و تحلیل خواست‌ها و ارائه شمایی از فعالیت‌های روزانه، مشارکت می‌کنند.

به وسیلهٔ ارزیابی مشارکتی روستائی، اطلاعاتی که ممکن بود مورد توجه قرار نگیرند به حساب می‌آیند. با درگیر کردن ذینفعان سامانه در امر تحقیق و توسعه، احتمال پذیرش اقدامات اصلاحی بیشتر است. یکی از مضرات روش فوق این است که شاید کمیت اطلاعات کافی نباشد. مثلاً از این روش برای کسب داده‌هائی در مورد منابع آبی نمی‌توان استفاده کرد. ولی البته زمانی که هیچ داده‌ای در دسترس نیست، داشتن درک کلی از مقدار دبی آب نیز سودمند است و اگرچه این روش ابزاری فوق‌العاده برای کسب دانش محلی است، اما شاید جای این دانش در مباحث گسترده‌تری مثل بهره‌برداری از حوضه‌های آبریز گسترده، فراموش شده باشد. این

1- Participatory Rural Appraisal
2- Chambers
3- Yoder
4- Martin
5- Carruthers
6- Pradhan
7- Grosselink
8- Thompson

فن نیز همانند فنون ارزیابی سریع شدیداً متکی بر مهارت ارزیاب است. به هنگام ارزیابی عملکرد می‌توان از ارزیابی مشارکتی روستائی به عنوان یک مکمل عالی استفاده کرد. فنون ارزیابی مشارکتی روستائی کاملاً مناسب و ایده‌آل برای تنظیم و اصلاح خدمات میان تأمین‌کنندگان و استفاده‌کنندگان آب است. در فرآیند تشخیص، می‌توان از ارزیابی مشارکتی روستائی، هم در مرحله اولیه انتخاب و هم در مرحله جمع‌آوری تفصیلی داده‌ها، استفاده کرد.

۵-۴-۱-۴- نمودار درختی تشخیصی

برای پیدا کردن راه‌حل رفع مشکلات میدانی ملاحظه شده، ابتدا باید علل و محل بروز مشکلات مورد شناسایی قرار گیرند مشکلات همگون، راه‌حل‌های تقریباً یکسان و محتملی هم دارند (شکل ۵-۶). بنابراین وظیفه ارزیاب ایجاب می‌نماید علت‌هائی که منشاء اثرات نامطلوب بوده‌اند تفکیک و با ردیابی علت‌ها و اثرات مرتبط موارد را به صورت نمودار درختی ارائه نماید تا بدینوسیله ابزار قدرتمندی برای تشخیص ریشه‌ای علت مشکل و یا مشکلات ایجاد شده در اختیار باشد (کی‌ومبی[1] ۱۹۹۹، و همکاران ۱۹۹۹).

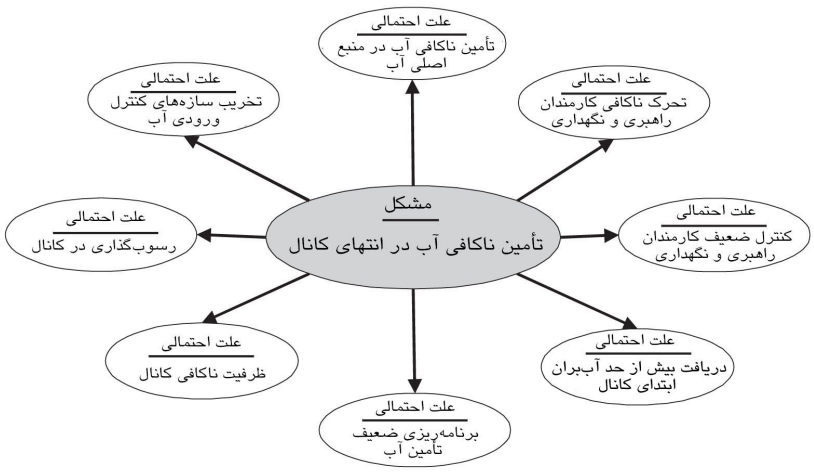
مشکل و علت‌های احتمالی شناخته شده که در شکل ۵-۶ مشاهده می‌شود می‌تواند به صورت طبقه‌بندی شده در یک نمودار درختی تشخیصی مشابه شکل ۵-۷ نشان داده شود. همه دلائل می‌توانند در یک زمان مورد بررسی قرار گیرند و یا اینکه با یک مطالعه اجمالی یا ارزیابی سریع اول محتمل‌ترین دلیل مورد رسیدگی قرار گیرد و اگر این مورد در تشخیص ریشه علت موفق نبود به ترتیب محتمل‌ترین دلائل بعدی مورد رسیدگی قرار گیرند. توجه به این مسئله که هر دلیلی می‌تواند خود یک مشکل باشد همانطور که در شکل ۵-۷ نشان داده شده، مهم است.

همچنین بایستی توجه داشت، به همان اندازه که پیگیری ریشه‌ای دلائل مشکل، مهم است پیگیری راه‌حل‌های مشکل نیز مهم است. مثلاً رسوبات کانال‌ها بایستی لایروبی شود. این راه‌حل ممکن است در کوتاه مدت مؤثر باشد ولی اگر علت اساسی رسوب‌گذاری تخریب سازه ورودی آب از رودخانه باشد که اجازه می‌دهد رسوبات

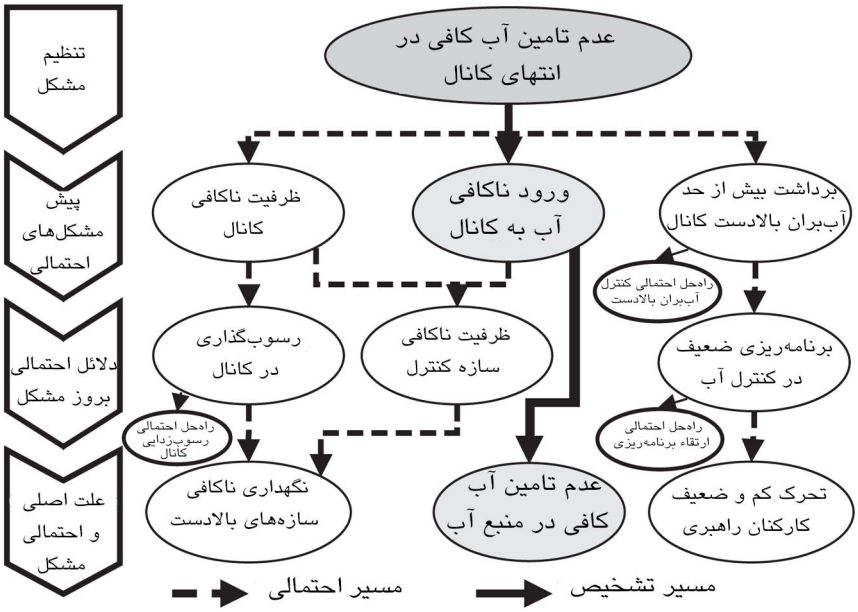
1- Kivumbi

با جریان آب داخل کانال شوند صرف هزینه برای لایروبی بی‌تأثیر خواهد بود و مرتباً تکرار خواهد شد.

علاوه بر این در هنگام تشخیص مشکلات، تشخیص راه‌حل‌ها ممکن نیست. یک مشکل معمول در مدیریت دولتی سامانه‌های آبیاری و زهکشی عدم پرداخت حقوق مناسب به کارمندان راهبری و نگهداری و عدم امکان پیشنهاد اصلاح این مورد در جهت افزایش عملکرد می‌باشد. به این معنی که ساختار پرداخت‌های دولتی اجازه افزایش حقوق را نمی‌دهد. زمانیکه پایه حقوقی به عنوان یکی از مشکلات عملکرد راهبری و اصلاح راه‌حل این مشکل تشخیص داده می‌شود، در ساختار حقوقی دولت اصلاح آن ناممکن است. در چنین حالتی یکی از راه‌حل‌ها، انتقال مدیریت به تشکل‌های آب‌بران است.



شکل ۵-۶- مشکل و علل احتمالی آن



شکل ۵-۷- ساختار مشکل و دلائل احتمالی در یک نمودار درختی تشخیصی

۵-۵- فنون ویژه ارزیابی تشخیصی

۵-۵-۱- سنجش از دور

استفاده از فنون سنجش از دور در ارزیابی عملکرد، رو به افزایش است زیرا در اکثر مواقع برای ارزیابی عملکرد سودمند می‌باشند. استفاده از این روش، مزایای برتری نسبت به روش سنتی جمع‌آوری داده‌ها از زمین دارد. سنجش از دور را می‌توان برای جمع‌آوری داده‌ها از کل منطقه به کار برد، در حالیکه جمع‌آوری زمینی داده‌ها متکی بر نمونه‌گیری منطقه‌ای است. جمع‌آوری داده‌ها از طریق سنجش از دور مانع زندگی روزانه اعضاء تشکل‌های آب‌بران نمی‌شود. غالباً حضور مشاهده‌گران، رفتار مشاهده‌شوندگان را تغییر می‌دهد و در نتیجه اطلاعات جمع‌آوری شده شرایط راهبری عادی را نشان نمی‌دهد. داده‌ها را می‌توان تا حد تفکیک تصاویر، تقسیم کرد و یا برعکس، در قالب واحدهای مفیدی مانند مناطق خدماتی متنوع درون سامانه

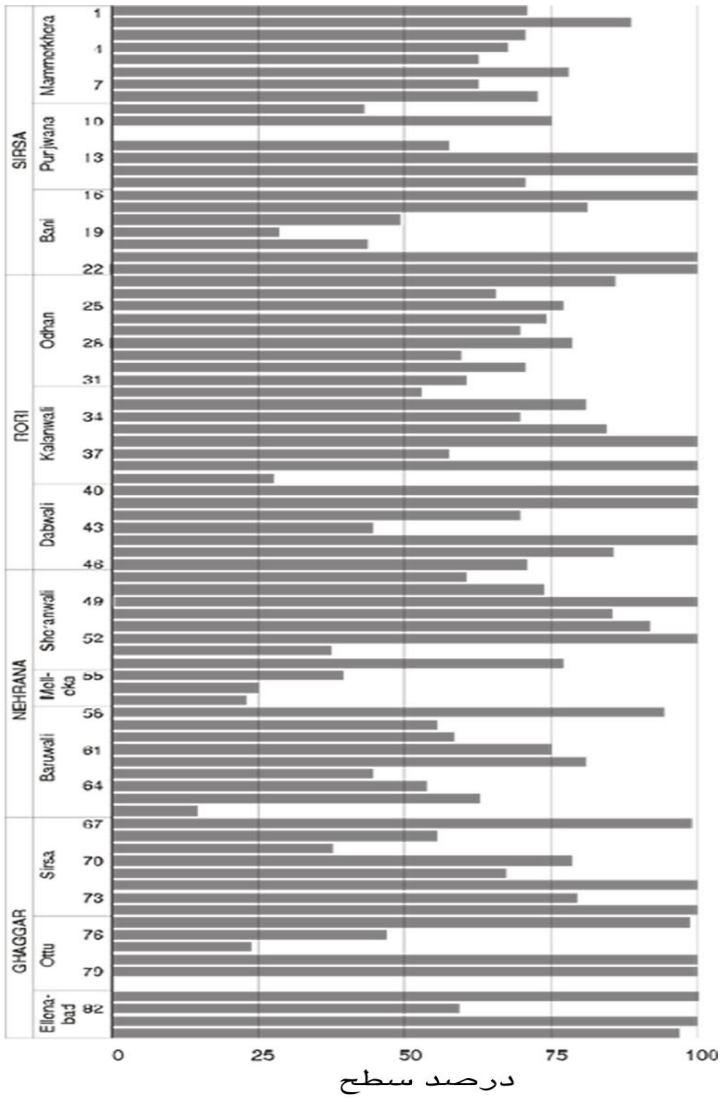
آبیاری، کنار هم گذارد. چون تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۹۸۲ موجود می‌باشد، روندهای توسعه را می‌توان با نگاهی به ۲۰ سال قبل، مشخص کرد.

سنجش از دور، اطلاعات مهمی را با صحت و دقت کافی، همانطور که در جدول ۵-۲ نشان داده شده است، فراهم می‌کند. مثالی از نتایج استفاده از روش سنجش از دور در سامانه آبیاری باکرا[1] واقع در هند در شکل ۵-۸، ارائه شده است.

جدول ۵-۲- دقت پارامترهای سنجش از دور در محاسبات زهکشی توسط مشاورهٔ تخصصی اده- واگنینگن[2] با بازه اعتماد ۹۵٪ برآورد شده است. تخصیص دامنهٔ دقت توسط سایر دانشمندان اضافه گردیده است (باس و همکاران ۲۰۰۱).

عنصر موضوعی	دقت	ارزیابی دقت انحراف معیار	ارزیابی دقت ضریب تغییرات
	(٪)	(٪)	(٪)
وضعیت توپوگرافی زمین	۸۱	۱۶	۲۰
کاربری اراضی	۸۴	۸	۱۰
رطوبت زمین (شاخص خشکی)	۷۸	۸	۱۰
رطوبت خاک (سطحی)	۷۰	۱۱	۱۶
رطوبت خاک (ناحیه ریشه)	۶۴	۲۵	۳۹
ماندابی شدن	۸۷	۷	۸
زهکشی از منطقه	۷۸	۳	۴
وقوع شوری در سطح خاک	۷۷	۱۹	۲۵
شوری خاک	۶۳	۱۸	۲۸
منطقه تحت آبیاری	۸۵	۸	۱۰
شناسایی کشت	۷۸	۱۲	۱۶
تبخیر و تعرق مرجع	۸۱	۱۲	۱۴
تبخیر و تعرق بالقوه (ضریب کشت)	۷۹	۸	۱۰
تبخیر و تعرق واقعی	۸۳	۹	۱۰
شاخص سطح برگ، LAI	۸۰	۹	۱۱
رشد زیست توده	۷۹	۱۲	۱۵
تولید محصول	۷۲	۱۹	۱۹
حقابه	۹۳	۳	۳
فرسایش خاک	۶۸	۳۸	۳۸
میانگین	۷۸		

1-Bhakra
2- Ede- Wageningen



شکل ۵-۸- درصد سطح آبیاری در مناطق تحت پوشش واقع در مجموعه آبیاری سیرسا[1]، در ربی[2] ۹۶-۱۹۹۵ نقل از باستیانسن و همکاران، (۱۹۹۹)، در این مورد، سنجش از دور برای بدست آوردن تصویری پراکنده از منطقهٔ تحت آبیاری سودمند است.

1- Sirsa
2- Rabi

معمولاً هزینه دسترسی به داده‌های سنجش از دور را، محدودیتی برای استفاده از آنها ذکر می‌کنند. اما به تدریج و با گذشت زمان هزینه‌ها در این مورد به سرعت کاهش می‌یابد و کیفیت و قدرت تفکیک تصاویر بهتر می‌شود. برای انواعی از داده‌ها مثل سطح آبیاری شده، و یا اراضی تحت پوشش، هزینه جمع‌آوری داده‌ها کمتر از ۲۵٪ هزینه برنامه‌های معمول جمع‌آوری داده‌هاست. مسلماً سنجش از دور، نمی‌تواند کاملاً جایگزین دانش و تجربهٔ میدانی افراد گردد و فقط در موارد معدودی از جمع‌آوری داده‌ها قابل استفاده بوده و کاربرد دارد.

۵-۵-۲- شاخص‌های عملکرد جنسیت در آبیاری

نقش متفاوت زنان و مردان در مدیریت آب، تولید غذا، بازاریابی، مصرف خانگی در عملکرد آبیاری مؤثر است. در ارزیابی عملکرد، سیاست‌ها و اقدامات اصلاحی، در این مورد، غفلت کرده‌اند. اصول دوبلین[1] که بر نقش زنان در مدیریت آب و روند رو به رشد و مورد قبول گسترده «زنانه شدن کشاورزی» پافشاری دارد، اهمیت جنسیت را مورد تأکید قرار می‌دهد.

یکی از دلایل عمده برای این غفلت، فقدان درک مباحث امنیتی جنسیت، آب و غذاست (مری[2] و باویسکار[3] ۱۹۹۸). بخشی از مشکلات به خاطر تنوع فوق‌العاده جهانی در سازمان جنسیت مدیریت آب است. طبقه‌بندی سامانه‌های کشاورزی به زن- مدیر، مرد- مدیر و مختلط، براساس آنکه تصمیمات اصلی را در امر کشاورزی چه کسی می‌گیرد، سودمند است (وان‌کاپن[4] ۲۰۰۲). برای مثال سامانه‌های کشاورزی زن- مدیر در بیشتر مناطق جنوب صحرای افریقا رواج دارد. اگر به این مسئله اولیه توجه شود، کارهای بسیاری در مورد طراحی اقدامات اصلاحی و پشتیبانی سامانه می‌توان انجام داد.

نشانهٔ عملکرد جنسیت در قالب دستورالعمل‌های کیفی و در رابطه با درگیری مردان و زنان در گستره‌ای از موضوعات مختلف مثل حقابه و زمین، عضویت در

1- Dublin
2- Merrey
3- Boviskar
4- Van Koppen

مجامع و رهبری، دیده می‌شود. مثالی از منطقهٔ تحت کشت برنج در ایالت کومو[1] واقع در بورکینوفاسو، آموزنده است. در این منطقه، ۸۰ تا ۹۰ درصد کشاورزان زن هستند. جدول ۵-۳ نشان‌دهندهٔ عملکرد جنسیت قبل و بعد از اصلاحات پروژه است. به عنوان بخشی از پروژهٔ اولیه اصلاحی، حق مالکیت زمین از کشاورزان زن گرفته شد. بنابراین عملکرد جنسیت، کاهش یافت. در پروژه‌های بعدی تفاوت‌های جنسیت را به رسمیت شناخته و قبل از احداث پروژه مزارع زنانه و مردانه را سازماندهی کرده و همچنانکه در جدول ۵-۳ نشان داده شده، نتایج بهتری گرفته شد. گزارش شده است که شرایط نگهداری و تولید در پروژه‌هایی که حقوق مردان و زنان بهتر رعایت شده است عملکرد پروژه مطلوب‌تر بوده است.

جدول ۵-۳- این مثال نشان‌دهندهٔ استفاده از شاخص عملکرد جنسیت است. عملکرد را با علامت مثبت یا منفی بسته به درگیر کار بودن زنان یا مردان در هر گروه، درجه‌بندی کرده‌اند. در این مورد، عملکرد جنسیت پس از اجرای پروژه اولیه اصلاحی کاهش یافت. اما پس از اصلاحات در طراحی براساس رعایت حقوق زن، عملکرد پروژه بهبود یافت.

عامل	قبل از اجرای پروژه ترتیبات محلی	در دو پروژه اول مؤسسه	در توسعه بعدی ترتیبات محلی و تأیید مؤسسه
حق مالکیت زمین	+	-	+
حق عضویت	+	-	+
حقابه	+	+	+
حق دخالت در مزرعه	+	-	+
دخالت به عنوان رهبر	-/+	-	+
فعالیت به عنوان رهبر	-/+	-	+/-

1- Comoe

۵-۵-۳- موازنه آب و حسابداری آن

برقراری یک موازنه آبی اقدامی ضروری در شناسایی فرصت‌ها برای صرفه‌جوئی و ذخیرهٔ یا افزایش بازدهی آب است. این امر به ویژه در مناطقی لازم است که رقابت شدیدی برای آب وجود دارد و آبیاران برای ذخیرهٔ آب و استفاده از آن در شهرها، صنایع و مناطق کشاورزی بیشتر تحت فشار هستند. برنامه کلی، به وجود آوردن یک موازنهٔ آبی و سپس طبقه‌بندی اجزاء مختلف موازنهٔ آبی در گروه‌های مختلف برای درک این نکته است که در کدام گروه، فرصت‌هایی برای اصلاحات وجود دارد. مطالعات موازنهٔ آبی براساس معادله موازنه کلان آب در یک حوضه و در یک محدوده زمانی و مکانی مشخص تعریف شده است. در این حوضه، ورودی آب در تعادل با خروجی آن به اضافه تغییرات در ذخایر درون حوضه است. ورودی‌ها شامل باران، آب‌های زیرزمینی و جریانات سطحی آب به حوضه است. خروجی‌ها شامل تبخیر سطحی به اضافه هر نوع جریان خروجی سطحی یا زیر سطحی است. تغییرات در ذخایر شامل تغییر در حجم ذخیره پروفیل خاک، منابع آب زیرزمینی و مخازن سطحی است.

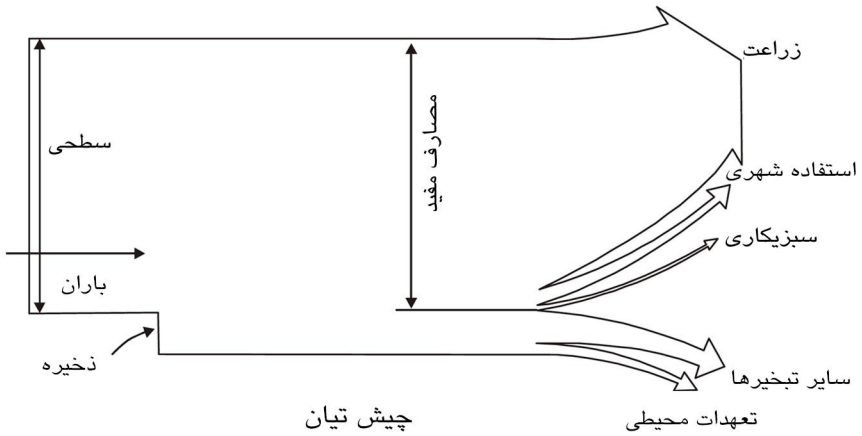
ثابت شده است که مطالعات موازنهٔ آب در مناطق تحت آبیاری، برای تشخیص مسیر جریان‌های آبی، کمی کردن کارآئی آب و درک بهتر استفادهٔ معقول و مفید از آب سودمند است (باس و ناگ ترن[1] ۱۹۷۴؛ پری[2] ۱۹۹۶؛ برت[3] و همکاران ۱۹۹۷؛ کین‌جی[4] ۱۹۹۶؛ تونگ[5] و همکاران ۱۹۹۶). در حسابداری آب، ورودی‌ها و خروجی‌ها را به گروه‌های مصرفی تقسیم می‌کنند (مولدن[6] ۱۹۹۸؛ مولدن و ساک تیوادی‌ول[7] ۱۹۹۹). بعضی از مصارف آب، سودمند و بقیه غیر سودمند هستند. بعضی از مصارف آب برای فرآیندهای خاصی مثل کشاورزی (تبخیر و تعرق محصول)، شهری (شرب و نظافت)، یا صنعتی در نظر گرفته می‌شود. بعضی از مصارف آب نیز مثل مصرف آب کشاورزی به جای منابع آب شرب و یا مصارف طبیعی تبخیر

1- Nugteren
2- Perry
3- Burt
4- Kinji
5- Tuong
6- Molden
7- Sakthivadivel

توسط درختان و نفوذ آب در زمین است که از قبل در نظر گرفته نشده است. با حسابداری آب می‌توانیم مقدار آبی که توسط هر بخش مصرف شده و یا هدر رفته است را محاسبه کنیم و برآوردی از آب باقیمانده، برای توسعهٔ آتی بدست آوریم. تعیین مقدار آبی که می‌توان ذخیره کرد و دوباره آن را به مصرف آب‌بران پایین‌دست رساند و یا تخصیص مجددی به مصرف‌کنندگان پر تولید داد، سودمند است. برای روشن شدن مطلب نمونه‌هایی از چیش‌تیان[1] واقع در پاکستان (مولدن و همکاران ۱۹۹۰) و کی‌ریندی اویا[2] واقع در سری‌لانکا (رنات و همکاران، ۲۰۰۱) ذکر می‌شود.

ناحیه آبیاری چیش‌تیان به وسعت ۷۱۰۰۰ هکتار در پنجاب پاکستان قرار دارد و کشاورزی، چشم‌انداز عمده آن است. مطالعات حسابداری آب برای تحقیق دربارهٔ چگونگی مصرف مؤثر آب و نیز بهبود در بازدهی تولید آن به عمل آمد تا ایده‌ای از مصرف کارای آب بدست آید. مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب[3] (IWMI) این حسابداری را انجام داد (مولدن و همکاران ۲۰۰۱). در طول سال زراعی ۱۹۹۴-۱۹۹۳، ۶۷۰ میلیون متر مکعب آب ورودی به محدوده حوضه[4] موازنه آب، از آب تحویلی برای آبیاری، بارندگی و جریان‌های زیرزمینی بوده است (شکل ۵-۹). مصرف کل به صورت تبخیر و تعرق محصول ۶۰۰ میلیون متر مکعب بود، به علاوه حدود ۳۰ میلیون متر مکعب به صورت تبخیر در مصارف صنعتی و شهری از بین رفت. نسبت کاهش انسانی آب به ورودی آب (نسبت کاهش $= \frac{۶۳۰}{۶۷۰} =$ ۰/۹۴) به هر حال بسیار بالاست. به علاوه تخمین زده می‌شود که ۱۰۰ میلیون متر مکعب اضافه نیز از سطح باغ‌های خانگی، جنگل‌ها و سایر اراضی تبخیر می‌شود و بنابراین ۶۰ میلیون متر مکعب از منابع زیرزمینی برای ایجاد تعادل برداشت می‌شود.

1- Chishtian
2- Kirindi Oya
3- International Water Management Institute
۴- ۵۰۴ میلیون متر مکعب از منابع آبیاری، ۱۴۳ میلیون متر مکعب از باران، ۷۳ میلیون متر مکعب از استخراج منابع آب زیرزمینی. تبخیر و تعرق محصول ۵۹۵ میلیون متر مکعب بود، در حالیکه تبخیر از شهرها حدود ۵۰ میلیون متر مکعب بود.



شکل ۵-۹- نمودار حسابداری آب از منطقه تحت آبیاری چیش‌تیان واقع در پاکستان. عرصه اراضی به نسبت ورودی یا خروجی آب است. در این مورد، آب از ذخایر آب زیرزمینی برداشت می‌شود تا پاسخگوی تبخیرهای کشت، شهری و سایر تبخیرها و نیز تعهدات محیطی باشد. کشاورزان به عنوان یک گروه، به خاطر تزریق آب‌های اضافی به منابع زیرزمینی، در تبدیل آب‌های ورودی به مصارف مفید بسیار مؤثر هستند.

از این دیدگاه، کشاورزان در تبدیل آب به تولیدات کشاورزی بسیار مؤثر هستند. اما، از آب‌های زیرزمینی در طول سال، بهره‌برداری می‌شود و در این مناطق آب اندکی برای اهداف محیطی مثل نمک‌شوئی و یا حفظ بوم‌سازگان، (پایداری اکوسامانه) در دسترس است. این مطالعه نشان می‌دهد که مجال اندکی برای ذخیرهٔ آب در سطح فعلی تبخیر و تعرق کشت وجود دارد، و وضعیت مصرف آب، بالقوه ناپایدار است. برای بررسی این مورد، شاخص‌های مربوط به منابع زیرزمینی که در فصل سوم ذکر شده است، باید در طول زمان کنترل شود. راه‌حل‌ها باید با هدف کاهش تبخیر سطحی یا تبخیر و تعرق گیاه، افزایش ورودی آب (که غیر محتمل است)، و افزایش بازده آبی که به مصرف تولیدات کشاورزی می‌رسد، ارائه شود.

مثال دوم، سامانه کی‌ریندی اویا[1] است که در منطقهٔ تحت پوششی به وسعت ۸۶۰۰ هکتار در جنوب سری‌لانکا قرار دارد و الگوی دیگری از مصرف آب را نشان

1- Kirindi Oya

می‌دهد (جدول ۵-۴). در این مورد (رنات[1] و همکاران ۲۰۰۰). ۴۷۵ میلیون متر مکعب وارد سامانه می‌شود که ۲۴۵ میلیون متر مکعب آن از منابع آب آبیاری و ۲۳۰ میلیون متر مکعب از باران است. تبخیر و تعرق محصول حدوداً ۹۵ میلیون متر مکعب است و شگفت آنکه تبخیر از درختان و باغچه‌های خانگی ۱۸۰ میلیون متر مکعب بوده است. مقدار خروجی آب زهکشی از منطقه ۹۶ میلیون متر مکعب اندازه‌گیری شده است، ولی قسمتی از این آب برای استفاده در تالاب‌ها و مزارع پرورش ماهی لازم است. در این مورد، فقط وقتی مصرف محصول در نظر گرفته می‌شود، که نسبت کاهش $\frac{۹۵}{۴۷۵} = ۰/۲$ است. اما با توجه به استفاده‌های مفید دیگری مثل آبیاری درختان (همانند درختان انبه و نارگیل) نسبت کاهش به رقم $\frac{۲۷۹}{۴۷۵} = ۰/۵$ می‌رسید. این مورد نشان می‌دهد که امکانی برای ذخیره از طریق کاهش خروجی‌های زهکشی وجود دارد. اما در ضمن نشان‌دهندهٔ لزوم محاسبهٔ دقیق نیازهای محیطی و سایر مصارف سودمند براساس پیشنهاد تغییرات مناسب است.

جدول ۵-۴- جدول حسابداری آب در سامانه آبیاری کی‌ریندی اویا، نقل از رنات و همکاران، (۲۰۰۱). ارقام ورودی و خروجی آب با روش‌های مختلف اندازه‌گیری جریان و رویه‌های برآوردی بدست آمده است. جریان‌های خروجی تعهد نشده و مازاد بر نیازهای محیطی پایین‌دست، فرصت خوبی برای صرفه‌جویی و ذخیرهٔ بیشتر آب هستند. تخلیه بیش از روند پیش‌بینی شده است، در مقایسه با مصارف کشت، مفید ولی نسبتاً بالا بوده و اطلاعات اضافی در مورد عملکرد آبیاری را فراهم کرد، چرا که با ملحوظ کردن این موارد، مصارف سودمند آب بسیار بیشتر از آن است که فقط برای مصرف محصولات زراعی در نظر گرفته شده بود.

1- Renault

جدول ۵-۴-

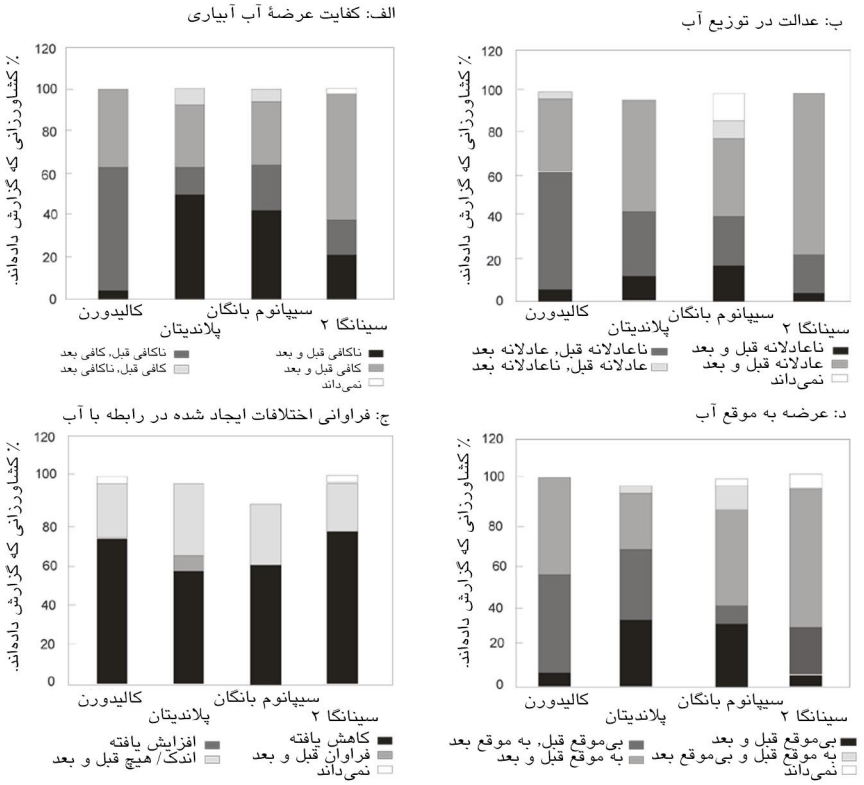
اجزاء	کل	جزء	درصد آب قابل استفاده
کل جریان	۴۷۵		
آبیاری با آب مخزن (اندازه‌گیری شده)		۲۴۵	
بارندگی در حوضه موازنه آب (اندازه‌گیری شده)		۲۳۰	
جریان زیرزمینی (برآورد)		۰	
ذخیره آب	۳		
ذخیره سطحی (اندازه‌گیری شده)		۳	
ذخیره زیرزمینی (برآورد)		۰	
جریان خالص	۴۷۸		
جریان خروجی تعهد شده (مقدار اسمی، برآورد شده براساس نیازهای محیطی یا حقابه‌های پایین‌دست و نیازها)	۴۷		
آب قابل استفاده برای مصارف داخل حوضه	۴۳۱		
تخلیه			
فرآیند			
آبیاری- تبخیر و تعرق گیاه (اندازه‌گیری و برآورد شده)		۹۶	٪۲۲
M&I (برآورد شده)		قابل اغماض	
به حساب نیامده، غیر سودمند یا کم ارزش			
تبخیر و تعرق سطوح آبی و اراضی آیش (اندازه‌گیری و برآورد شده)		۵۶	٪۱۳
به حساب نیامده، سودمند			
باغچه‌های خانگی- جنگل		۱۸۴	٪۴۳
جریان خروجی (اندازه‌گیری شده)	۱۴۳		
جریان خروجی تعهد نشده		۹۶	٪۲۲
جریان خروجی تعهد شده (برای تأمین نیاز اراضی آبی پایین‌دست)		۴۷	

۵-۵-۴- بررسی‌های پرسشنامه‌ای

بررسی‌های پرسشنامه‌ای نقش بسیار مهمی در ارزیابی تشخیصی آبیاری دارند. از پرسشنامه‌ها، اطلاعات مهمی دربارهٔ محصول، مصرف نهاده‌های کشاورزی، سازمان اجتماعی و اختلافات موجود، می‌توان بدست آورد. این پرسشنامه‌ها را می‌توان توسط گروه‌های چند رشته‌ای با هدف کسب داده‌های متنوع تهیه کرد. تحقیقی که بر پایه روش‌های آماری طراحی شده باشد، پایهٔ کمی محکمی را فراهم می‌کند که می‌توان براساس آن تصمیمات لازم را گرفت. مطالب در مورد تئوری و

کاربرد این نوع بررسی‌ها بسیار است و یک فهرست کوتاه از مراجع در انتهای این فصل ارائه شده است.

شکل ۵-۱۰- نشان‌دهندهٔ نتایج یک بررسی پرسشنامه‌ای با هدف کسب آگاهی در مورد عملکرد عرضهٔ آب قبل و بعد از اقدامات اصلاحی است. از این نتایج کیفی، می‌توان برای تکمیل مؤلفه‌های کمی‌تر و ارائه برنامه‌هائی با کارایی بیشتر در عرضهٔ آب استفاده کرد.



شکل ۵-۱۰- نظر کشاورزان درباره عملکرد راهبری در چهار سامانه آبیاری واقع در اندونزی که از یک بررسی پرسشنامه‌ای بدست آمده است (ورمیلیون[1] و همکاران، ۱۹۹۹).

1- Vermillion

۵-۶- منابع

Alwis, J., Nelson, L., Gamage, H., Nandasena, R.A., Griffin, R.E., Yoo, K., Ekanayake, A., Haider, M., Wickramasinghe, L., Dunn, L., Bondaranaike, M.A.W., Reddy, J.M. and Laitos, W.R. (1983) *Diagnostic analysis of farm irrigation systems on the H-Area of Kalawewa in the Mahaweli Development Diagnosing Irrigation Performance* 111 *Project, Sri Lanka*. Draft report prepared in cooperation with USAID (contract AID/DSAN-C-0058) x, 172 pp. (WMS report no. 16).

Bastiaanssen, W.G.M., Molden, D.J., Thiruvengadachari, S., Smit, A.A.M.F.R., Mutuwatte, L. and Jayasinghe, G. (1999) *Remote Sensing and Hydrologic Models for Performance Assessment in Sirsa Irrigation Circle, India.* IWMI research report 27. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

Bos, M.G. and Bastiaanssen, W. (2004) Using the depleted fraction to manage the groundwater table in irrigated areas. *Irrigation and Drainage Systems* 18 (3).

Bos, M.G. and Nugteren, J. (1974) *On Irrigation Efficiencies*. Publication 19. 1st edn 1974; 2nd edn 1978; 3rd rev. edn 1982; 4th edn 1990 (also published in Farsi with IRANCID, Tehran). International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Wageningen, The Netherlands.

Bos, M.G., Abdel Dayem, S., Bastiaanssen, W. and Vidal, A. (2001) Remote sensing for water management: the drainage component. Available at: http://www.ilri.nl

Burt, C.M., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., Solomon, K.H., Bliesner, R.D., Hardy, L.A., Howell, T.A. and Eisenhauer, D.E. (1997) Irrigation perfomance measures: efficiency and uniformity. *Journal of the Irrigation Drainage Engineering*, *ASCE* 123, 423–442.

Chambers, R. (1994) The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development* 22, 953–969.

Chambers, R. and Carruthers, I. (1985) Appraisal to improve canal irrigation performance: in search of cost-effective methods. In *Proceedings from the Workshop on Selected Irrigation Management Issues*, 15–19 July 1985, Digana Village, Sri Lanka. International Irrigation Management Institute research paper no. 2. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Clyma, W. and Lowdermilk, M. (1988) *Improving the Management of Irrigated Agriculture: a Methodology for Diagnostic Analysis.* Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Dedrick, A.R., Bautista, E., Clyma, W., Levine, D.B., Rish, S.A. and Clemmens, A.J. (2000) Diagnostic analysis of the Maricopa-Stanfield Irrigation and Drainage District area. *Irrigation and Drainage Systems* 14, 41–67.

Gosselink, P. and Thompson, J. (1997) *Application of participatory rural appraisal methods for action research on water improvement.* Short report series on locally managed irrigation, no. 18. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 29 pp.

Kijne, C.J. (1996) *Water and Salt Balances for Irrigated Agriculture in Pakistan.* Research report 6. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Kivumbi, D. (1999) A decision support system for improved irrigation water management. Unpublished PhD thesis, University of Southampton, UK.

Kivumbi, D., Ostrowski, M., Burton, M. and Clarke, D. (1999) Diagnostic analysis for improved irrigation performance. In ICID, *17th Congress on Irrigation and Drainage*, Granada, Spain.

Laitos, W.R., Adhikari, N.P., Banskota, B.P., Early, A.C., Gee, K.C., Johnson, D.L., Khadga, R.P., Nayman, O.B., Neupane, R.S.S., Ojha, B.P., Regmi, S.K., Shakya, C.B., Sheng, T.S., Shrestha, M.L., Yadav, S.P. and Fowler, D. (1985) *Diagnostic analysis of Sirsia irrigation*

system, Nepal. WMS report no. 38, Consortium for International Development, Fort Collins, Colorado, 55 pp.

Lowdermilk, M.K., Clyma, W., Dunn, L.E., Haider, M.T., Laitos, W.R., Nelson, L.J., Sunada, D.K., Podmore, C.A. and Podmore, T.H. (1983) *Diagnostic Analysis of Irrigation Systems,* Volume 1: *Concepts and Methodology.* Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Merrey, D. and Baviskar, S. (eds) (1998) Gender analysis and reform of irrigation management: concepts, cases, and gaps in knowledge. *Proceedings of the Workshop on Gender and Water*, 15–19 September 1997, Habarana, Sri Lanka. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

Merrey, D.J., Murray-Rust, D.H., Garcés-Restrepo, C., Sakthivadivel, R. and Wasanta Kumara, W.A.U. (1995) Performance improvement capacity audit. *Water Resources Development* 11, 11–23.

Molden, D. (1997) *Accounting for water use and productivity*. SWIM paper 1. IIMI, Colombo, Sri Lanka, 16 pp.

Molden, D. and Sakthivadivel, R. (1999) Water accounting to assess use and productivity of water. *International Journal of Water Resources Development* 15, 55–71.

Oad, R. and Mccornick, P.G. (1989) Methodology for assessing the performance of irrigated agriculture. *ICID Bulletin* 38, 42–53.

Perry, C.J. (1996) The IIMI water balance framework: a model for project level analysis. Research report 5. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Podmore, C.A. and Eynon, D.G. (eds) (1984) *Diagnostic Analysis of Irrigation Systems,* Vol. 2, *Evaluation Techniques*. Water Management Synthesis Project, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, pp. 195–238, 241–246.

Pradhan, P., Yoder, R. and Pradhan, U. (1988) Guidelines for rapid appraisal of irrigation systems: experience from Nepal. In IIMI,

Irrigation Management in Nepal. Research papers from a National Seminar, Bharatpur, Nepal, 4–6 June 1987. IIMI pub 88–07. IIMI, Kathmandu, Nepal, pp. 24–37.

Renault, D., Hemakumara, M. and Molden, D. (2000) Importance of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics: evidence from Sri Lanka. *Agricultural Water Management* 46, 215–230.

Tuong, T.P., Cabangon, R.J. and Wopereis, M.C.S. (1996) Quantifying flow processes during land soaking of cracked rice soils. *Soil Science Society of America Journal* 60, 872–879.

Van Koppen, B. (2002) *A Gender Performance Indicator for Irrigation: Concepts, Tools and Applications*. Research report 59. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

Vermillion, D.L. and Garcés-Restrepo, C. (1998) *Impacts of Colombia's Current Irrigation Management Transfer Program*. IIMI research report 25. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

Vermillion, D.L., Samad, M., Pusposutardjo, S., Arif, S.S. and Rochdyanto, S. (2000) *An Assessment of the Small-Scale Irrigation Management Turnover Program in Indonesia*. IWMI research report 38. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

Yoder, R. and Martin, E. (1985) *Identification and Utilization of Farmer Resources in Irrigation Development: a Guide for Rapid Rural Appraisal.* Irrigation Management. Network Paper 12c. ODI, London.

برای مطالعهٔ بیشتر

تجزیه و تحلیل تشخیصی

Bautista, E., Replogle, J.A., Clemmens, A.J., Clyma, W., Dedrick, A.R. and Rish, S.A. (2000) Water delivery performance in the Maricopa-Stanfield Irrigation and Drainage District. *Irrigation and Drainage Systems* 14, 139–166.

Dedrick, A.R., Bautista, E., Clyma, W., Levine, D.B., Rish, S.A. and Clemmens, A.J. (2000) Diagnostic analysis of the Maricopa-Stanfield Irrigation and Drainage District area. *Irrigation and Drainage Systems* 14, 41–67.

Laitos, W.R., Adhikari, N.P., Banskota, B.P., Early, A.C., Gee, K.C., Johnson, D.L., Khadga, R.P., Nayman, O.B., Neupane, R.S.S., Ojha, B.P., Regmi, S.K., Shakya, C.B., Sheng, T.S., Shrestha, M.L., Yadav, S.P. and Fowler, D. (1985) *Diagnostic Analysis of Sirsia Irrigation System, Nepal.* WMS report no. 38. Consortium for International Development, University Services Center, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Podmore, C.A. and Eynon, D.G. (eds) (1984) *Diagnostic Analysis of Irrigation Systems, Volume 2: Evaluation Techniques*. Water Management Synthesis Project, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, pp. 195–238, 241–246.

Somasekra, B.M.S., Mohammed, R.A., Imbulana, K.A.U.S., Gates, T.K., Bandaranayake, M.A.W., Nelson, L.J., Somasundera, J.W.D., Shaner, W.M., Hettige, S. and Kilkelly, M.K. (1987) *Diagnostic Analysis of Minneriya Scheme, Sri Lanka: 1986 Yala – Discipline reports.* WMS report 59. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

ارزیابی سریع

Adams, L. (ed.) (1983) *Synthesis of Lessons Learned for Rapid Appraisal of Irrigation Systems*. Water Management Synthesis report no. 22. Utah State University, Logan, Utah.

Burt, C.M. and Styles, S.W. (1999) Modern water control and management practices in irrigation: impact on performance. FAO-IPTRID-World Bank Water Report No. 19.

Chambers, R. and Carruthers, I. (1986) *Rapid Appraisal to Improve Canal Irrigation Performance: Experience and Options.* International Irrigation Management Institute (IIMI), Digana Village, Sri Lanka.

Groenfeldt, D. (comp.) (1989) *Guidelines for Rapid Assessment of Minor Irrigation Systems in Sri Lanka.* IIMI working paper 14. IIMI, Colombo, Sri Lanka.

Harvey, J., Potten, D.H. and Schoppmann, B. (1987) Rapid rural appraisal of small irrigation schemes in Zimbabwe. *Agricultural Administration and Extension* 27, 141–155.

Khan, A.M. and Suryanata, K. (1994) *A Review of Participatory Research Techniques for Natural Resources Management.* The Ford Foundation, Jakarta, Indonesia.

Khon Kaen University (1987) *Proceedings of the 1985 International Conference on Rapid Rural Appraisal*. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

Mabry, J.B. (ed.) (1999) *Canals and Communities: Small-scale Irrigation Systems*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona.

Mikkelsen, B. (1995) *Methods for Development Work and Research: a Guide for Practitioners*. Sage, New Delhi.

ارزیابی مشارکتی روستایی

Chambers, R. (1994) Participatory rural appraisal (PRA): analysis of experience. *World Development* 22, 1253–1268.

Chambers, R. (1994) Participatory rural appraisal (PRA): challenges, potentials and paradigm. *World Development* 22, 1437–1454.

Gosselink, P. and Thompson, J. (1997) *Application of Participatory Rural Appraisal Methods for Action Research on Water Management.*

Short report series on locally managed irrigation no. 18. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Laderchi, C.R. (2001) *Participatory Methods in the Analysis of Poverty: a Critical Review*. Working paper no. 62. Queen Elizabeth House, Oxford.

Norton, A., Bird, B., Brock, K., Kakande, M. and Turk, C. (2001) *A Rough Guide to PPAs. Participatory Poverty Assessment: an Introduction to Theory and Practice*. Overseas Development Institute, London.

Selener, D., Endara, N. and Carvajal, J. (1999) *Participatory Rural Appraisal and Planning.* International Institute of Rural Reconstruction, Quito, Ecuador.

Webber, L.M. and Ison, R.L. (1995) Participatory rural appraisal design: conceptual and process issues. *Agricultural Systems* 47, 107–131.

سنجش از راه دور

Bastiaanssen, W.G.M. (1998) *Remote Sensing in Water Resources Management: the State of the Art.* International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Bastiaanssen, W.G.M., Thiruvengadachari, S., Sakthivadivel, R. and Molden, D.J. (1999a) Satellite remote sensing for estimating productivities of land and water. *International Journal of Water Resources Development* 15(2), 181–196.

Bastiaanssen, W.G.M., Molden, D.J., Thiruvengadachari, S., Smit, A.A.M.F.R., Mutuwatte, L. and Jayasinghe, G. (1999b) *Remote Sensing and Hydrologic Models for Performance Assessment in Sirsa Irrigation Circle, India.* Research report 27. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Bos, M.G. (1999) Why would we use a GIS database and remote sensing in irrigation management? *Proceedings of the 5th National ICID Symposium*, The Netherlands.

Kite, G.W. and Droogers, P. (1999) Irrigation modelling in the context of basin water resources. *Journal of International Water Resources Development* 15, 44–54.

Menenti, M., Azzali, S. and D'Urso, G. (1995) Management of irrigation schemes in arid countries. In: Vidal, A. and Sagardoy, J. (eds) *Use of Remote Sensing Techniques in Irrigation and Drainage*. Water Report 4. FAO, Rome.

Moran, M.S. (1994) Irrigation management in Arizona using satellites and airplanes. *Irrigation Science* 15, 35–44.

Neale, C.M.U., Bausch, W.C. and Heereman, D.F. (1989) Development of reflectancebased crop coefficients for corn. *Transactions of the ASAE* 32, 1891–1899.

Roerink, G.J., Bastiaanssen, W.G.M., Chambouleyron, J. and Menenti, M. (1997) Relating crop water consumption to irrigation water supply by remote sensing. *Water Resources Management* 11, 445–465.

Sakthivadivel, R., Thiruvengadachari, S., Amerasinghe, U., Bastiaanssen, W.G.M. and Molden, D.J. (1999) Performance evaluation of the Bhakra system, India, using remote sensing and GIS techniques. Research report 28. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Thiruvengadachari, S. and Sakthivadivel, R. (1997) Satellite Remote Sensing Techniques to Aid Irrigation System Performance Assessment: a Case Study in India. Research report 9. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Vidal, A. and Sagardoy, J.A. (1995) *Use of Remote Sensing Techniques in Irrigation and Drainage.* Water report 4. FAO, Rome.

موازنه و حسابداری آب

Bos, M.G. and Nugteren, J. (1982) *On Irrigation Efficiencies*. ILRI publication no. 19. ILRI, Wageningen, The Netherlands.

Burt, C.M. (2000) Irrigation water balance fundamentals. In Davids, G.G. and Anderson, S.S. (eds) *Benchmarking Irrigation System Performance Using Water Measurement and Water Balances: Proceedings from the 1999 USCID Water Management Conference*, San Luis Obispo, California, 10–13 March 1999. USCID, Denver, Colorado, pp. 1–13.

Davids, G.G. and Anderson, S.S. (eds) (2000) *Benchmarking Irrigation System Performance Using Water Measurement and Water Balances: Proceedings from the 1999 USCID Water Management Conference*, San Luis Obispo, California, 10–13 March 1999. USCID, Denver, Colorado.

Molden, D.J. (1997) *Accounting for Water Use and Productivity. SWIM (System Wide Initiative on Water Management).* Report no. 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Molden, D.J., Sakthivadivel, R. and Habib, Z. (2000) *Basin Level Use and Productivity of Water: Examples from South Asia*. Research report 49. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Renault, D., Hemakumara, M. and Molden, D. (2000) Importance of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics: evidence from Sri Lanka. *Agricultural Water Management* 46, 215–230.

بررسی‌های پرسشنامه‌ای

Beimer, P., Groves, R., Lyberg, L., Mathiowetz, N. and Sudman, S. (eds) (1991) *Measurement Errors in Surveys*. Wiley, New York.

Casley, D.J. and Kumar, K. (1987) *Project Monitoring and Evaluation in Agriculture and Rural Development Projects*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.

Casley, D.J. and Kumar, K. (1988) *The Collection, Analysis and Use of Monitoring and Evaluation Data*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.

Converse, J.M. and Presser, S. (eds) (1986) *Survey Questions: Handcrafting the Standardized Questionnaire*. Sage Publications, Beverley Hills, California.

Fink, A. (1995) *The Survey Handbook*. Sage, New Delhi.

Fink, A. and Kosecoff, J. (1985) *How to Conduct Surveys: a Step-by-Step Guide*. Sage, Beverly Hills, California.

Grosh, M. and Glewwe, P. (2000) *Designing Household Survey Questionnaires for Developing Countries: Lessons from 15 years of the Living Standards Measurement Study*, Vols 1–3. The World Bank, New York.

Podmore, C.A. and Eynon, D.G. (eds) (1983) *Diagnostic Analysis of Irrigation Systems*. Vol. 2: *Evaluation Techniques*. Water Management Synthesis Project, University Services Center, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Shaner, W.W. and Philipp, P.F. (1982) *Farming Systems Research and Development: Guidelines for Developing Countries*, Westview Press, Boulder, Colorado.

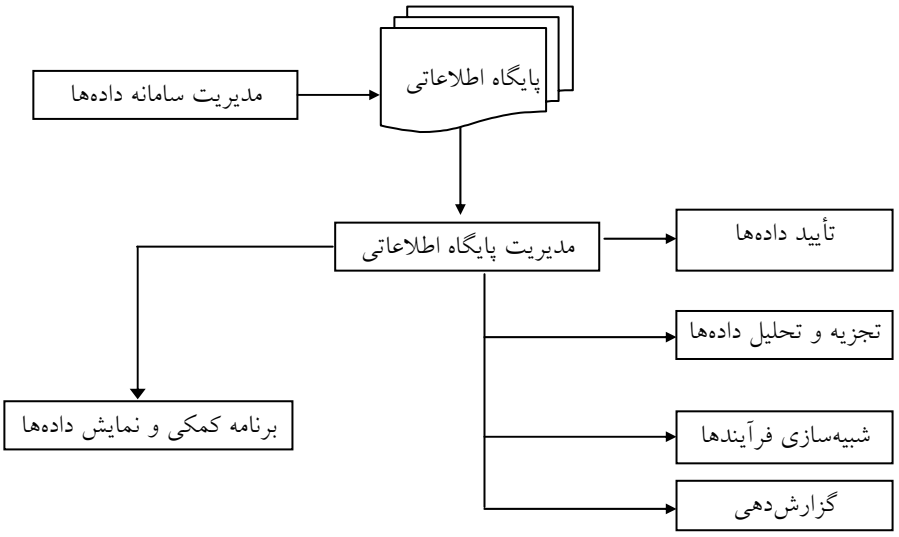
فصل ششم

مدیریت داده‌ها در ارزیابی عملکرد

۶-۱- سابقه

با توجه به ماهیت ارزیابی عملکرد جمع‌آوری داده‌ها در دوره‌های زمانی متفاوت، تجزیه و تحلیل آنها با روش‌های گوناگون و نهایتاً ارائه به ارزیابان مختلف از ضروریات ارزیابی است. از جمع‌آوری هر بخش از این داده‌ها که معمولاً با صرف هزینه‌های نسبتاً زیادی همراه است سود بالقوه‌ای حاصل می‌شود. وجود برنامه مدیریتی جمع‌آوری داده‌ها، علاوه بر تهیه اطلاعات مفید برای انجام ارزیابی عملکرد، میزان استفاده از آنها را به حداکثر رسانیده و در مقابل هزینه جمع‌آوری و پردازش داده‌ها را به حداقل می‌رساند. بنابراین آنچه که در این فصل درباره مدیریت داده‌ها ارائه می‌شود مطالبی افزون بر گردآوری و پردازش داده‌ها می‌باشد. همچنین برنامه مدیریت داده‌ها ابزاری برای بهینه کردن کیفیت اطلاعات حاصل از نتایج داده‌های صحرایی است.

فرآیند مدیریت داده‌ها شامل دو فعالیت مرتبط با هم است: *۱) طراحی و مدیریت فرآیند اندازه‌گیری داده‌ها و ۲) مدیریت واقعی پایگاه اطلاعاتی.* فعالیت اخیر را می‌توان به گروه فعالیت‌های «دفتری» و «روابط عمومی» تقسیم کرد که به تفصیل هر یک از مراحل مدیریت داده‌ها پرداخته خواهد شد. شکل ۶-۱ خلاصه فرآیند مدیریت داده‌ها را بطور شماتیک نشان می‌دهد.

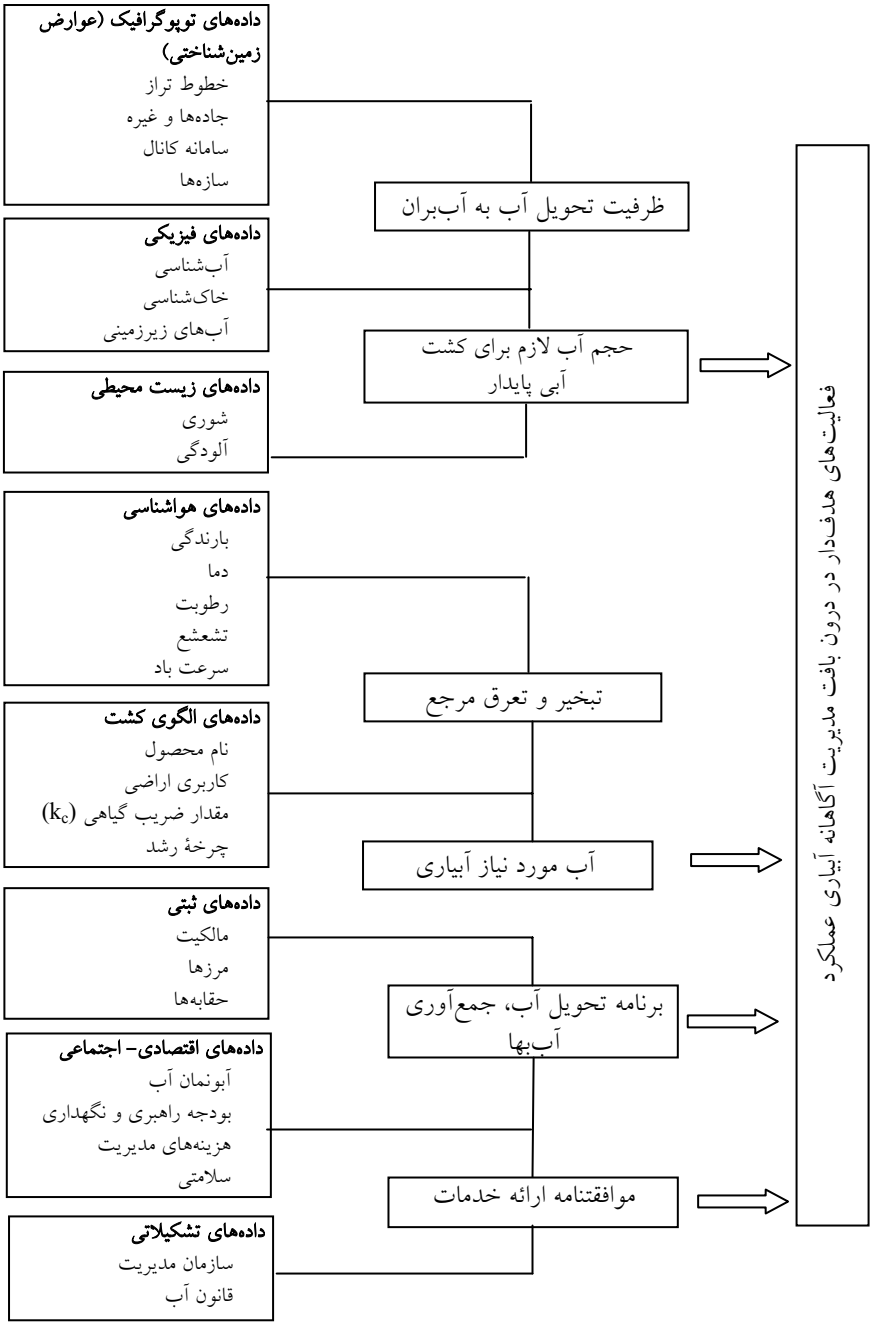


شکل ۶-۱- پردازش داده‌ها

۶-۲- مدیریت سامانه داده‌ها

طراحی مدیریت مقرون به صرفه برای پیکربندی سامانه داده‌ها، اصلی‌ترین و حیاتی‌ترین مرحله در کار پردازش داده‌هاست. در این مرحله به سؤالات اساسی همچون **کدام داده‌ها را باید اندازه‌گیری کرد؟** پرداخته می‌شود.

ارتباط کلی میان داده‌هائی که باید اندازه‌گیری شوند و شاخص‌های عملکردی در شکل ۶-۲ به نمایش درآمده است. تعداد شاخص‌هایی که برای ارتباط با مصرف‌کنندگان نهایی مدیریت اطلاعات انتخاب شده است، بستگی به مخاطبین دارد. از این شاخص‌ها در فصل سوم کتاب ذکر شده است. سؤال بالا یعنی «کدام داده‌ها را باید اندازه‌گیری کرد؟» نیز بستگی به تراکم مکان‌های اندازه‌گیری در درون منطقه تحت آبیاری و فواصل زمانی بین اندازه‌گیری‌ها دارد.



شکل ۶-۲- ارتباط کلی مربوط به شاخص‌ها و پارامترهای آنها (باس ۲۰۰۱)

همچنانکه در بالا اشاره شد، طراحی مدیریت کارآمد صرف هزینه در پیکربندی سامانه داده‌ها، اصلی‌ترین مرحله در کار پردازش داده‌هاست. این مرحله به سؤالات اصلی زیر پاسخ می‌دهد:

- **کدام داده‌ها را باید گردآوری کرد؟** این امر شامل تراکم مکان‌های اندازه‌گیری در مناطق تحت آبیاری و فواصل زمانی بین اندازه‌گیری‌ها می‌باشد. حجم داده‌های اندازه‌گیری شده بستگی به تعداد شاخص‌های برنامه دارد (برای یادآوری به فصل دوم مراجعه شود).
- **چگونه باید داده‌ها را اندازه گرفت؟** مثلاً آیا باید کارکنان خودمان داده‌ها را اندازه بگیرند، آیا می‌توان داده‌ها را از منابع دیگری خرید و یا بدست آورد، آیا می‌توان اندازه‌گیری داده‌ها را به طریقی مقرون به صرفه و خودکار انجام داد؟
- **داده‌ها چگونه ذخیره شوند؟** برای ارزیابی تقریباً صحیح، ممکن است یک صفحه گسترده از قبل آماده کافی باشد. اما اگر توزیع مکانی مقادیر شاخص‌ها باید در گزارش مشخص شود، سامانه اطلاعات جغرافیائی (GIS) بهترین گزینه است.
- **چگونه اطلاعات به مصرف‌کنندگان نتایج نهائی، گزارش شود؟**

۶-۳- مدیریت پایگاه اطلاعاتی

فعالیت‌های مدیریت پایگاه اطلاعاتی را می‌توان به دو گروه تفکیک کرد: ۱) فعالیت‌های دفتری با مجموعه داده‌های اندازه‌گیری شده و ۲) ارتباط با کاربران نهایی از طریق اطلاعات «فقط خواندنی» و یک برنامه نمایشگر.[۱]

۶-۳-۱- فعالیت‌های دفتری

برای آنکه بتوان از داده‌های خام استفاده کرد، باید ابتدا داده‌ها طبقه‌بندی و سپس تجزیه و تحلیل گردند. پس از آن، می‌توان از داده‌ها در برنامه‌های شبیه‌ساز استفاده

۱- مترجم- این کار می‌تواند با قرار دادن اطلاعات در یک وب سایت در اختیار کاربر قرار گیرد بدیهی است عموم کاربران نیاز به جزئیات اطلاعات ندارند و در بسیاری از موارد نتایج و تحلیل‌ها کفایت می‌کند.

کرد. این فعالیت‌های دفتری معمول، منجر به تهیه گزارش در سطوح گوناگون برای خوانندگان مختلف (کاربران نهایی) می‌گردد. فعالیت‌های دفتری مربوط به مدیریت داده‌ها و ارائه دستورالعمل‌های عمومی در صفحات بعدی بحث خواهند شد.

۶-۳-۱-۱- اعتبار داده‌ها

اگر داده‌ها مستقیماً جمع‌آوری و یا اندازه‌گیری شوند، در واقع بهترین برآورد از مقدار واقعی آنها است. بدیهی است مقدار واقعی کمی بیشتر و یا کمتر از مقدار جمع‌آوری شده یا اندازه‌گیری شده است. چنانچه به میزان احتمال خطا نیز اشاره شود سودمندی شاخص‌های عملکرد بیشتر خواهد شد. این خطا را می‌توان به صورت تفاوت میان مقدار واقعی و مقداری که توسط معادلات مربوطه محاسبه می‌شود، تعریف کرد.

ارائه مرز قاطع و مشخصی برای مقدار خطا بی‌مورد است. این مرزها ممکن است به صورت اتفاقی تغییر یابد. با احتساب این مورد، توصیه می‌شود که دامنه‌ای معرفی شود که انتظار می‌رود مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده با احتمال زیاد، در این دامنه باشد. این دامنه را عدم قطعیت اندازه‌گیری می‌نامند و سطح اطمینان همراه آن، نشان‌دهنده احتمالی است که این دامنه، دربرگیرنده مقدار واقعی کمیت اندازه‌گیری شده باشد. معمولاً از احتمال ۹۵٪ برای سطح اطمینان تمام خطاها استفاده می‌کنند.

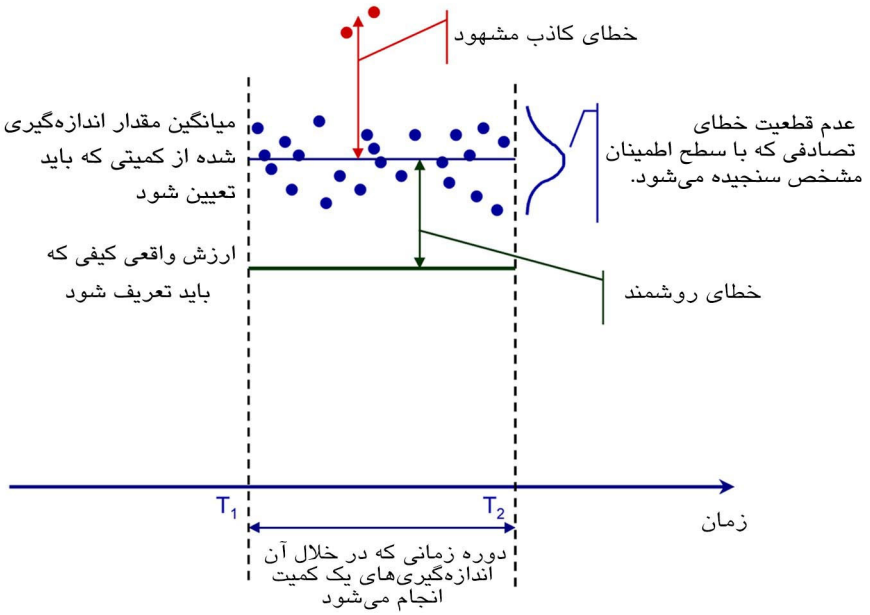
در ارتباط با اعتبار داده‌ها، سه نوع خطا را باید در نظر گرفت (شکل ۶-۳):

- خطاهای کاذب در اثر اشتباهات انسانی و نقص وسائل و دستگاه‌ها.
- خطاهای تصادفی در اثر اشتباه در انجام آزمایش یا قرائت ارقام.
- خطاهای روشمند (که ممکن است ثابت یا متغیر باشند).

خطاهای کاذب، خطاهایی هستند که اندازه‌گیری را از اعتبار می‌اندازند. اینگونه خطاها را نمی‌توان وارد تجزیه و تحلیل آماری کرد. باید اقداماتی انجام شود تا از این خطاها احتراز گردد و نتایجی که بدین طریق بدست آمده، باید حذف شوند. راه دیگر آن است که نتایج را اصلاح کنیم. خطاهای کاذب را وقتی می‌توان حذف کرد که مجموعه‌ای از داده‌های متوالی را بررسی و مقادیر غیر ممکن یا غیر معمول، از آنها حذف کرد.

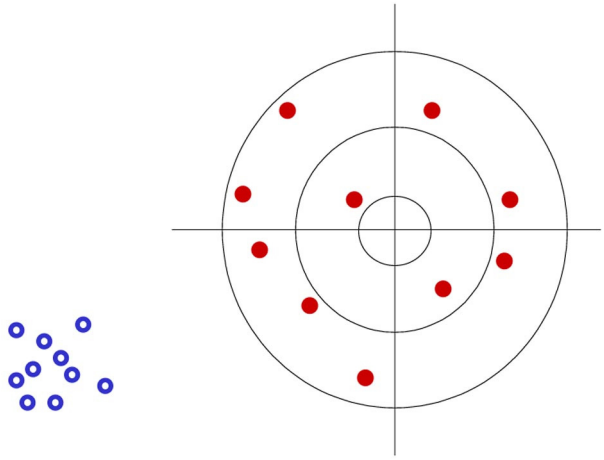
خطاهای تصادفی، خطاهایی هستند که بر قابلیت باز تولید مقادیر اندازه‌گیری شده اثر می‌گذارند چنین فرض می‌شود که مقادیر داده‌ها بر طبق قوانین احتمالات و در نتیجه خطاهای تصادفی نسبت به میانگین داده‌ها دارای انحراف است. انتظار می‌رود با افزایش تعداد اندازه‌گیری در طول یک دوره، میانگین خطای تصادفی یک کمیت قابل اندازه‌گیری کاهش یابد. در نتیجه، میانگین خطای تصادفی یک کمیت اندازه‌گیری شده در طول یک دورهٔ طولانی مشاهده (بیش از حدود ۱۵ مشاهده) تقریباً صفر است. تأکید می‌شود که این مورد فقط در مورد خطاهای متکی بر زمان صادق است.

خطاهای روشمند، خطاهایی هستند که در صورت عدم تغییر وسایل و شرایط، با افزایش تعداد اندازه‌گیری‌ها، نمی‌توان آنها را کاهش داد. هنگامی که دلیلی بر خطای روشمند در کمیتی موجود باشد، میانگین خطا را باید به نتیجه اندازه‌گیری افزود و یا کم کرد.



شکل ۶-۳- نمایش اصطلاحات

پس از جمع‌آوری داده‌ها، باید اعتبار آنها به فوریت مشخص گردد تا خطاهای روشمند و کاذب شناسایی شوند. منشاء بروز این نوع خطاها را باید اصلاح کرد تا در اوقات مهم فصل آبیاری، خللی در داده‌ها رخ ندهد. تمایز میان صحت و دقت داده‌ها را همچنانکه در شکل ۶-۴ نشان داده‌ایم، باید در نظر گرفت.



شکل ۶-۴- نقاط توپر دارای صحت بالا و دقت اندک هستند. نقاط توخالی دارای دقت زیاد و صحت کم هستند.

۶-۳-۱-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

همچنانکه در فصل سوم بحث شد، دلیل اصلی اندازه‌گیری (یا کمّی کردن) مقدار واقعی یک عنصر کلیدی، فهمیدن این موضوع است که آیا به اهداف پیش‌بینی شده برای شاخص‌ها دست یافته‌ایم یا خیر. اگر مقدار کمّی شده شاخص مقدار زیادی از هدف منحرف شده باشد (خارج از دامنهٔ مجاز باشد) انجام اقدامات اصلاحی لازم است. در این صورت باید فوراً اثر اقدامات اصلاحی بر روی عملکرد مورد نظارت واقع شود. بنابراین، داده‌ها باید تجزیه و تحلیل شده و گزارش آن تهیه شود. فاصله

زمانی میان اندازه‌گیری داده‌ها و تجزیه و تحلیل شده آنها بسته به هدف ارزیابی و به شرح زیر متفاوت است.

راهبری- برای تنظیم راهبری زیرساخت‌های آبیاری یا زهکشی، تجزیه و تحلیل داده‌ها باید بلادرنگ و یا به موقع صورت گیرد.

راهبردی- اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌ها در فرآیند آبیاری یا زهکشی باید همزمان با دوره‌های کلیدی، مثلاً سال زراعی یا سال آبی و غیره باشد. توصیه می‌شود که داده‌ها حداقل سالی یک بار جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شود (تهیه گزارش سالانه درباره عملکرد).

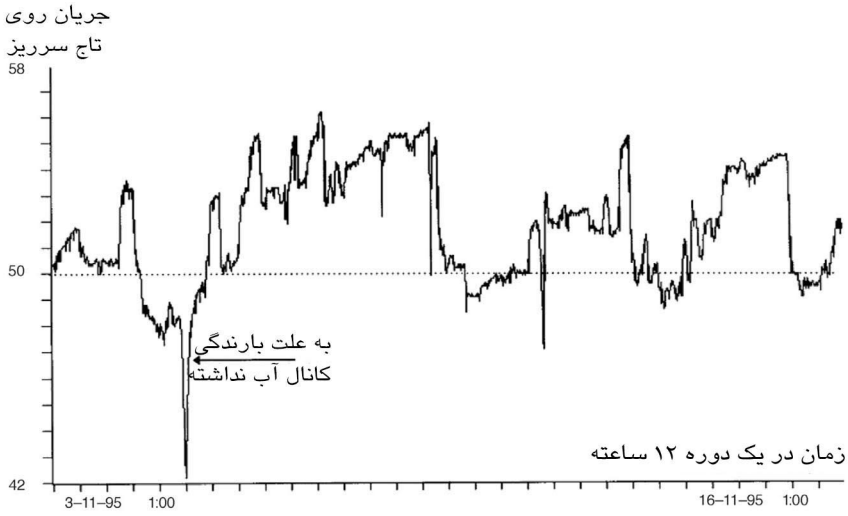
تشخیصی- علت‌یابی یا ارزیابی تشخیصی معمولاً پس از شناسایی یک یا چند مشکل، صورت می‌گیرد. جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌های مورد نیاز بستگی به ماهیت این مشکلات دارد. علی‌ایحال تمام داده‌ها باید قبل از تهیه گزارش، تجزیه و تحلیل شوند.

۶-۱-۳-۳- شبیه‌سازی فرآیندها

غالباً داده‌هائی که در ارزیابی مدیریت عملکردگرا مورد نیاز است، با داده‌های فیزیکی که معمولاً اندازه‌گیری یا جمع‌آوری می‌شوند متفاوت است. در این حال داده‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده از طریق یک مدل شبیه‌ساز باید تبدیل به داده‌های مورد نیاز ارزیابی مدیریت عملکردگرا شود. این مدل‌ها برای اغلب فرآیندهای معمول، در رایانه‌های شخصی موجود هستند. مثلاً دبی جریان (به متر مکعب در ثانیه) را نمی‌توان مستقیماً اندازه‌گیری کرد. اما اگر سرریزی با ابعاد مشخص ساخته شود، می‌توان معادله دبی جریان را به شکل زیر نوشت (کلمنس و همکاران، ۲۰۰۱):

$$Q = k_1(h_1 - k_2)^u \qquad (۱)$$

در این معادله، مقادیر k_1 و k_2 و توان u برای یک سرریز ساخته شده همیشه ثابت هستند. اگر ارتفاع آب نسبت به تاج‌بند (h_1) اندازه‌گیری شود، دبی جریان را می‌توان محاسبه کرد. اگر این ارتفاع‌ها به صورت عدد ثبت و ضبط شود (شکل ۶-۵)، می‌توان از یک صفحه گسترده برای تبدیل این ارتفاع‌ها به حجم آبی که در خلال یک دورهٔ زمانی مشخص (مثل روز، هفته، ماه، فصل و غیره) از سرریز گذشته، استفاده کرد. فهرست پارامترهایی که می‌توان به کمک نرم‌افزارهای موجود، شبیه‌سازی کرد در جدول ۶-۱ ذکر شده است.



شکل ۶-۵- ثبت عددی سرریز جریان از روی یک سرریز در کانال آبیاری، مندوزا- آرژانتین

جدول ۶-۱- نگاهی اجمالی به فرآیندهای شبیه‌سازی در ارزیابی عملکرد

پارامتر شبیه‌سازی شده	مدل‌های موجود برای شبیه‌سازی
دبی جریان، بده	دبی جریان بر روی سرریز لبه پهن یا فلوم طویل گلوئی را می‌توان با وین‌فلوم[1] (کلمنس و همکاران ۲۰۰۱) شبیه‌سازی کرد. شدت جریان تخلیه آب را می‌توان با خطای ۲٪ محاسبه کرد.
تبخیر و تعرق بالقوه (پتانسیل)	تبخیر و تعرق بالقوه منطقه کشت را می‌توان با دو روش شبیه‌سازی کرد. در یک روش با استفاده از داده‌های هواشناسی و نوع محصول، تبخیر و تعرق بالقوه شبیه‌سازی می‌شود. در مدل شبیه‌سازی رایج از روش پنمن- مانتیس[2] استفاده می‌شود. مدل‌های کراپ وات[3] (اسمیت[4] و همکاران ۱۹۹۲) و کری‌وار[5] ورژن ۲ (باس[6] و همکاران ۱۹۹۶) کاملاً آزمایش شده‌اند. به دلیل استفاده از فرضیات نظری و نامطمئن بودن ضرائب کشت، خطای تبخیر و تعرق بالقوه محاسبه شده حدود ۲۰٪ است. در روش دوم، تبخیر و تعرق بالقوه را بر طبق معادله تیلر و پرسیتلی (پرسیتلی[7] و تیلر[8] ۱۹۷۲) و با استفاده از مقادیر خالص تشعشع ۲۴ ساعته که از طریق ماهواره بدست می‌آید، برآورد می‌نمایند. با استفاده از اطلاعات تشعشع خالص یک کشت ویژه که تحت شرایط واقعی مزرعه است و توسط ماهواره‌ها تعیین می‌شود، نیاز به استفاده از ضرائب کشت محصول منتفی می‌گردد (مه‌کونن[9] و باستیانسن[10]، ۲۰۰۰). خطای تبخیر و تعرق بالقوه همچنان ۲۰٪ است.
تبخیر و تعرق واقعی	تبخیر و تعرق واقعی یک منطقه کشاورزی را می‌توان از طریق موازنهٔ انرژی هر سلول انعکاسی ماهواره با نوارهای حرارتی، شبیه‌سازی کرد. چندین بسته نرم‌افزاری در این رابطه در بازار موجود هستند. برنامه‌ای که کاملاً آزمایش شده، (سی‌بال[11] باستیانسن و همکاران ۱۹۹۸). خطای تبخیر و تعرق واقعی ۲۰٪ است.

1- WinFlume
2- Penman-Monteith
3- Cropwat
4- Smith
5- Criwar
6- Bos
7- Priestly
8- Taylor
9- Mekonnen
10- Bastiaanseen
11- Sebal

ادامه جدول ۶-۱-

بارندگی مؤثر	بارندگی مؤثر را می‌توان به روش‌های مختلف تعریف کرد. قابل قبول‌ترین روش علمی توسط بخش کشاورزی آمریکا (۱۹۷۰) ارائه شد. این روش در CRIWAR (باس و همکاران ۱۹۹۶) آورده شده است. خطا در محاسبه بارندگی مؤثر حدود ۱۰٪ است.
جریان آب زیرزمینی	بیش از ۱۰۰ مدل برای شبیه‌سازی جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی در یک منطقه (تحت آبیاری) و تغییرات سطح آب مربوطه موجود است. بعضی از مدل‌ها بطور گسترده‌ای استفاده می‌شود. **مودفلو**[1] **مک دونالد**[2] **و هاریاف**[3]، ۱۹۸۸) برنامه‌ای جالب برای شبیه‌سازی جریان سه‌بعدی از جمله جریان مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی است. سیم‌گرو[4] (ول دوزین[5] و همکاران ۱۹۹۸) برای شبیه‌سازی جریان‌های آب زیرزمینی و سطحی و نیز جریان آب در ناحیه غیر اشباع بوجود آمده است. بدین ترتیب این برنامه مناسب مدیریت آب یکپارچه است. **میکروفم**[6] (هم‌کر[7] و نیجستن[8] ۱۹۹۷) یک برنامه نسبتاً سه بعدی است.
رطوبت خاک	حجم آب موجود در خاک را می‌توان بطور تجربی و از روی داده‌های ماهواره‌ای برآورد کرد. (مثلاً از نسبت جریان حرارت نهفته بر بخش خالص انرژی موجود)، انرژی موجود نیز تفاوت میان تشعشع خالص و جریان حرارت خاک است. این مقدار رطوبت نشان‌دهنده میانگین رطوبت خاک در ناحیه ریشه است. اگر ریشه‌ای نباشد، این مقدار نشانگر رطوبت در ۵ سانتیمتری رویه خاک است (باستانیاسن و همکاران ۱۹۹۸).
تولید ماده تر	از برنامه رشد ماده تر براساس مفاهیم، (اسرار[9] و همکاران (۱۹۸۵) می‌توان برای تخمین رشد هوائی نباتات استفاده کرد. انتگرال‌گیری زمانی از رشد ماده تر روی زمینی شاخص خوبی از بازدهی محصول است، به شرطی که نسبت بین محصول قابل برداشت فیزیکی و کل ماده تر را بدانیم و یا بتوان بدست آورد (مثلاً دونالد[10] و هام بلین[11]، ۱۹۷۶؛ گالاغار[12] و بیسکو[13]، ۱۹۷۸).

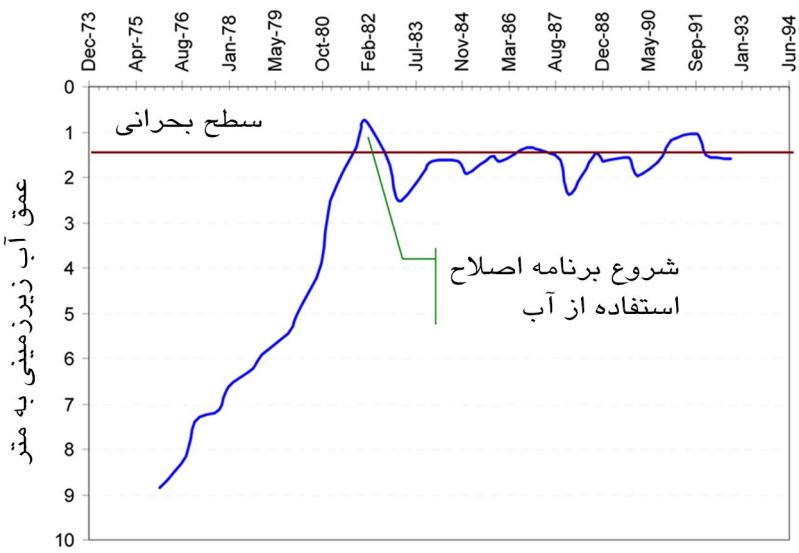
1- Modflow
2- McDonald
3- Harbough
4- Hemker
5- Veldhuizen
6- Microfem
7- Hemker
8- Nijsten
9- Asrar
10- Donald
11- Hamblin
12- Gallaghar
13- Biscoe

۶-۳-۱-۴- گزارش‌دهی

در تهیه گزارش اطلاعات مربوط به عملکرد آبیاری و زهکشی، ضروری است که این اطلاعات را با توجه به سطح میانگین دانش خواننده گزارش از فرآیندهای آبیاری و زهکشی تنظیم کنیم. بنابراین، اطلاعات باید با اصطلاحات و واژه‌های مختلف و با سطوح مختلفی از جزئیات برای گروه‌های مختلف کاربران (آب‌بران، تصمیم‌گیرندگان، مدیران سامانه و محققین) طبقه‌بندی و گزارش شود. اگرچه تمام داده‌ها را می‌توان به صورت جدول یا نمودار عرضه کرد ولی اکثر کاربران نمودارها را ترجیح می‌دهند. همچنین محققین ممکن است داده‌ها را در قالب ارقام نیز بخواهند تا مطالعات بیشتری روی آنها انجام دهند.

همانطور که در فصل سوم بحث شد، شاخص‌ها همیشه با توجه به اهداف آن تهیه می‌شود. با توجه به هدف ارزیابی اطلاعات را به صورت‌های زیر ارائه می‌دهند (به جدول ۳-۲ مراجعه کنید).

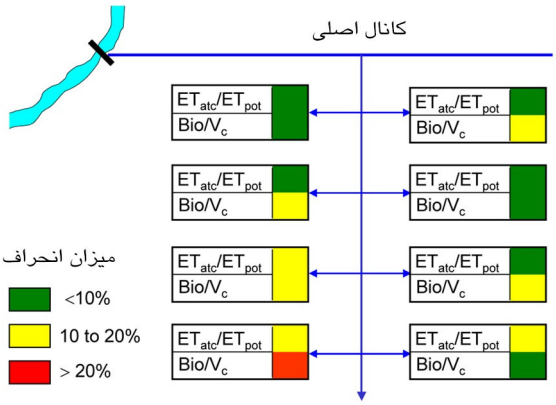
- به صورت تابعی از زمان که نشان‌دهندهٔ روند تغییرات شاخص با توجه به مقادیر هدف شاخص (و دامنه انحراف مجاز از هدف پیش‌بینی شده) است. ارائه جدول زمانی اطلاعات مخصوصاً برای شاخص‌هایی که در رشد محصول تأثیر دارند (مثل عمق آب‌های زیرزمینی، شکل ۶-۶)، توصیه می‌شود. از سال ۱۹۸۲، آب آبیاری منطقه را به گونه‌ای برنامه‌ریزی و مدیریت می‌کردند که نسبت کاهش دارای مقدار میانگین در حدود ۰/۶ باشد. در نتیجه، سطح ایستابی آنقدر پایین باقی می‌ماند که مانع شوری در ناحیهٔ ریشه گیاه گردد.



شکل ۶-۶- داده‌های سطح ایستابی با توجه به سطح بحرانی شوری، منطقهٔ سیرسا[1] در هاریانا[2]، هند

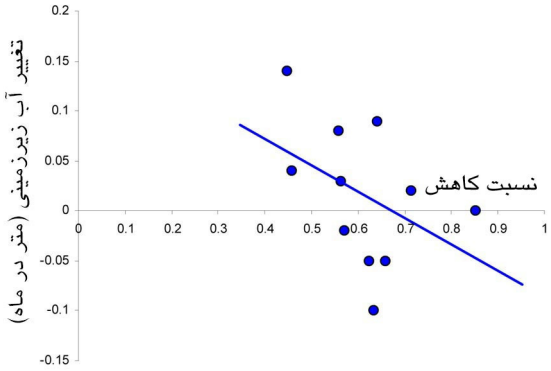
- میزان یک شاخص محاسبه شده در تمام واحدهای آبیاری (مناطق زهکشی) که داخل یک منطقهٔ مطالعه شده‌اند. توزیع مکانی آن شاخص را نشان می‌دهد. بودن یا نبودن شاخص در دامنه انحراف مجاز را معمولاً با کدهای رنگی نشان می‌دهند. شکل ۶-۷ اطلاعات را به صورت ترسیمی ارائه می‌دهد. چنانچه از سامانه اطلاعات جغرافیائی استفاده می‌شود، ارائه مقیاس واقعی توصیه می‌شود (به شکل‌های ۳-۱۷ و ۳-۲۰ مراجعه کنید).

1- Sirsa
2- Haryana



شکل ۶-۷- ارائه مکانی شاخص‌های عملکرد ET_a/ET_p نسبت تبخیر و تعرق و Bio/V_c تولید ماده تر (زیست توده) در هر متر مکعب آب است (به فصل سوم مراجعه شود)

برای ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی (ارزیابی استفاده از منابع مختلف)، و تصمیم‌گیری بر روی فعالیت‌های اصلاحی برای بهبود استفاده از این منابع، رسم مقادیر شاخص نسبت به شاخص دیگر یا پارامتری که بر مقدار شاخص اثر دارد، توصیه می‌شود. شکل ۶-۸ نشان‌دهندهٔ اثر نسبت کاهش $ET_a/(V_c+P)$ بر تغییرات ایستابی سطح آب زیرزمینی است. خط برازش، محور x را معمولاً بین ۰/۶ و ۰/۷ قطع می‌کند. بنابراین مدیر آب می‌تواند با انحراف جریان آب آبیاری (Vc) از طریق منبع آب بر تغییرات سطح ایستابی، تأثیر بگذارد.



شکل ۶-۸- تغییرات سطح ایستابی آب زیرزمینی (به متر/ ماه) به عنوان تابعی از میانگین ماهانه نسبت کاهش (پروژه نیلو کولهو[1]، برزیل)

همانطور که در فصول دوم و سوم بحث شد، مقدار هدف (در نظر گرفته شده) یک شاخص، باید براساس تحقیقات در مورد «شرایط محدودکننده» تأثیرگذار بر مقدار این شاخص، مقادیر بحرانی شاخص که بر تولید محصول اثر می‌گذارد، و بر مقادیری که قصد داریم شاخص به آن دست یابد (معیار) در شرایط محدودکننده یکسان، باشد.

گزارشات مبتنی بر این نوع تحقیقات باید شامل اطلاعات دربارهٔ میانگین اندازه‌گیری شده و انحراف معیار شاخص باشد. همچنین اطلاعات دربارهٔ دامنه (راهبری) مجاز داده شود (جدول ۶-۲).

1- Nilo Coelho

جدول ۶-۲- مقادیر معیار برای شاخص‌های عملکرد در سامانه‌های آبیاری تحت فشار بر روی درختان مثمر آبی واقع در نیلوکولهو (برزیل).

شاخص	میانگین اندازه‌گیری شده	انحراف معیار	دامنه راهبری	درصد داده‌ها در دامنه راهبری	دامنهٔ قابل قبول	درصد درون دامنه قابل قبول
نسبت کلی آب مصرف شده	۰/۷۸	۰/۲۶	۰/۷ تا ۱/۰	۴۳	۰/۶ تا ۱/۱	۶۴
نسبت کاهش	۰/۶۱	۰/۱۷	۰/۷ تا ۱/۰	۲۲	۰/۶ تا ۱/۱	۵۰
کمبود آب زراعی میلی‌متر در ماه	۳۰/۳	۱۳/۶	۰ تا ۳۰	۵۸	۰ تا ۴۰	۸۰
تبخیر و تعرق نسبی	۰/۷۶	۰/۱۰	۰/۸ تا ۱/۰	۳۵	۰/۷ تا ۱/۰	۷۳
رطوبت نسبی خاک	۱/۱۶	۰/۳۲	۰/۸ تا ۱/۲	۵۱	۰/۶ تا ۱/۲	۶۳
تولید ماده تر (زیست توده) بر آب تأمین شده کیلوگرم بر مترمکعب	۲/۰۱	۱/۰۶	>۱/۸	۵۸	>۱/۵	۵۸
میانگین				۴۴		۶۴

۶-۳-۲- برنامه کمکی کاربر

برای طراحی یک برنامه کمکی کاربر، اولین قدم تعریف نیازهای گروه‌های کاربر است. در آبیاری و زهکشی بطور کلی دو گروه کاربر داریم: (الف) مدیران سازمان آبیاری و زهکشی، و (ب) مشترکین و مرتبطین (آب‌بران، سیاستمداران و غیره) آن سازمان. برای این منظور مفاهیم زیر توصیه می‌شود:

نیازهای مدیر سازمان مستقیماً در رابطه با ورودی و اعتبار داده‌ها و فرآیندهای شبیه‌سازی (محاسبات و غیره) که تولید نمودار و جدول می‌کنند، می‌باشد. در این

مورد می‌توان از یک برنامه صفحه گسترده موجود در بازار استفاده کرد. شکل ۶-۹ نشان‌دهندهٔ نمونه‌ای از یک صفحه گسترده برای برنامه کمکی کاربر است.

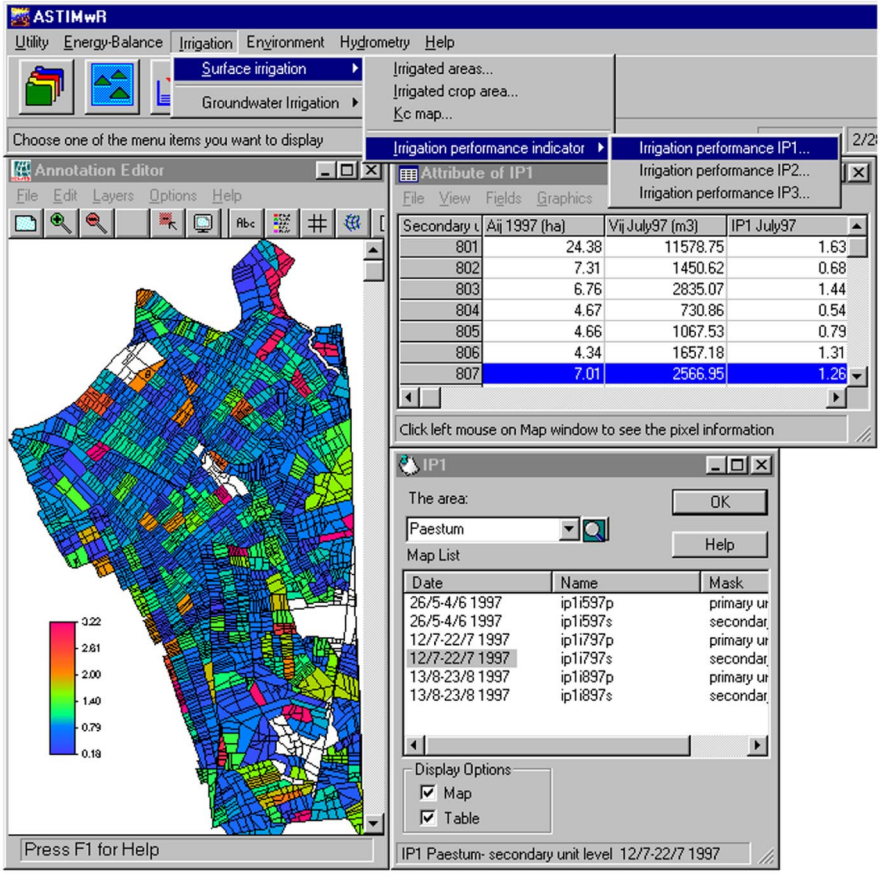
	A	B	C	D	E	F
۸	**نام پروژه=**		نمونه پروژه			
۹	**سال آبی**		۱۹۹۸			
۱۰	مساحت کل پروژه (تحت پوشش و خارج از پوشش)		۱۰۰,۰۰۰	سطح ناخالص پروژه شامل: سطح زیر پوشش کلیه مزارع، جاده‌ها و کلیه سازه‌های زیربنائی		
۱۱	کل مساحت مزارع تحت پوشش		۸۰,۰۰۰	سطح فیزیکی به هکتار، شامل... کشت دوم نمی‌شود		
۱۲						
۱۳	برآورد راندمان انتقال		۸۰	درصد		
۱۴	برآورد نشت از شالیزار		۱۰	درصد آب آبیاری تحویل شده به مزارع		
۱۵	برآورد تلفات سطحی از شالیزار به زهکش‌ها		۱۰	درصد آب آبیاری تحویل شده به مزارع		
۱۶	برآورد راندمان آبیاری در سطح مزرعه برای سایر محصولات		۶۰	درصد		
۱۷						
۱۸	ظرفیت دبی جریان کانال اصلی در نقاط برداشت آب		۷۰	مترمکعب در ثانیه (CMS)		
۱۹	حداکثر واقعی دبی جریان در کانال‌های اصلی در نقاط برداشت آب		۶۵	مترمکعب در ثانیه (CMS)		
۲۰						
۲۱	ECe میانگین آب آبیاری		۱/۰	ds/m (مثل mmho/cm)		
۲۲						
۲۳						
۲۴						
۲۵	علاوه بر خانه‌های بالا این کاربرگ دارای ۹ جدول است که نیاز به ورودی‌هایی برای یک سال دارد.					
۲۶	جدول ۱- ضریب‌های مزرعه و ECe آستانه محصول					
۲۷	جدول ۲- ETo ماهانه، mm					
۲۸	جدول ۳- محدوده ناحیه تحت پوشش ورود آب‌های سطحی					
۲۹	جدول ۴- منابع آبی داخلی برای آبیاری سطحی					
۳۰	جدول ۵- مساحت هر محصول در نواحی تحت پوشش به طور ماهانه					
۳۱	جدول ۶- داده‌های آب‌های زیرزمینی					

۳۲	جدول ۷- بارندگی، بارندگی مؤثر و نفوذ عمقی بارندگی					
۳۳	جدول ۸- نیازهای ویژه زراعی					
۳۴	جدول ۹- مقادیر و باردهی محصول					
۳۵						
۳۶	**جدول ۱- ضریب‌های مزرعه و فاز آستانه محصول**					
۳۷			ECe آستانه			
۳۸						
۳۹	محصول #	آب ماهانه ←		اسفند	فروردین	اردیبهشت
۴۰		نام محصول آبی	ds/m			
۴۱	۱	شالیزار # ۱	۳	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۰۰
۴۲	۲	شالیزار # ۲	۲			
۴۳	۳	شالیزار # ۳				
۴۴	۴	محصول # ۴	۲			۰/۶۰
۴۵	۵					
۴۶	۶					
۴۷	۷					
۴۸	۸					
۴۹	۹					
۵۰	۱۰					
۵۱	۱۱					
۵۲	۱۲					
۵۳	۱۳					

شکل ۶-۹- نمونه یک صفحه گسترده برای برنامه کمکی کاربر (برت و همکاران ۲۰۰۱)

برای سهولت ارتباط میان سازمان مدیریت آبیاری و زهکشی با ذینفعان (آب‌بران، مردم منطقه و غیره) اطلاعات اضافی به منظور کیفیت بهتر روابط عمومی مورد نیاز است. به علاوه، به نقشه‌های اطلاعاتی خوب که نشان‌دهندهٔ تغییرات مکانی شاخص‌ها و پارامترها باشد، لازم می‌باشد. برای تهیه این نقشه‌ها، استفاده از یک سامانه اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) توصیه می‌شود. در مورد اغلب سازمان‌ها، یک سامانه

اطلاعات جغرافیائی کم هزینه کفایت می‌کند. شمائی از صفحه نرم‌افزار اطلاعات جغرافیائی در شکل ۶-۱۰ آورده شده است.



شکل ۶-۱۰- مثالی از یک برنامه کمکی کاربر مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیائی (ITC2000).

۶-۴- صحت اندازه‌گیری و شاخص‌ها

۶-۴-۱- اصطلاحات فنی

این بخش روش‌هایی برای بیان دقت داده‌های اندازه‌گیری شده با یک خطای تصادفی توزیع شده و شیوه‌ای که این خطاها به شاخص محاسبه شده منتقل می‌شوند را، ارائه می‌دهد (باس ۱۹۷۴، کلمنس و برت ۱۹۹۷). برای اطلاع بیشتر در ارتباط با جزئیات آبیاری به تألیفات مود[1] و همکاران، ۱۹۷۷ که در این ارتباط می‌باشد مراجعه کنید. مثال‌ها در مورد برآورد صحت اعداد به هنگام جمع، تفریق، ضرب یا تقسیم ارائه شده است.

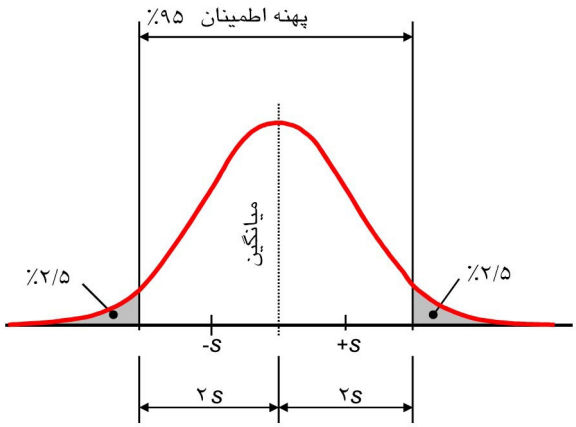
اگر پارامتری کمیت‌گذاری شود، مقدار بدست آمده، انتخاب «بهترین مقدار اندازه‌گیری شده» از این پارامتر یعنی (X_1) است. کمیت‌گذاری این پارامتر از طریق اندازه‌گیری مستقل دیگری، مقدار دومی را (X_2) بدست می‌دهد که ممکن است با اولین اندازه‌گیری تفاوت داشته باشد. اگر تعداد زیادی از نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌های مستقل را روی نمودار ستونی بیاوریم (n یعنی تعداد دفعات اندازه‌گیری بیش از ۱۵ بار باشد). شکلی همانند شکل ۶-۱۱ پیدا می‌کند.

مقدار میانگین پارامتر اندازه‌گیری شده از این طریق محاسبه می‌شود:

$$X_a = \frac{\sum_{n=1}^{i} X_i}{n} \qquad (۲)$$

نقاط انحراف این منحنی پوش از مقدار میانگین به اندازهٔ $S \pm$ است. مقدار این «انحراف معیار» را می‌توان از فرمول زیر محاسبه کرد.

1- Mood



شکل ۶-۱۱: نمایش اصطلاحات فنی (منحنی‌پوش)

$$s^2 = \frac{\sum_{n=1}^{i}(X_i - X_a)^2}{n-1} \qquad (۳)$$

توزیع نرمال پارامتر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که، مقادیر X_i در محدوده منحنی پوش قرار می‌گیرد (شکل ۶-۱۱) بطوریکه ٪۹۵ تمام مقادیر در محدوده اطمینان یا پهنای $2S \pm$ هستند. یک راه معمول برای بیان «خطای» یک پارامتر اندازه‌گیری شده، استفاده از «بازه‌ای با سطح اطمینان ٪۹۵» است. این بازهٔ اطمینان (CI) بدین ترتیب تعریف می‌شود:

$$CI = \pm \frac{2s}{X_a} \qquad (۴)$$

ضریب ۲ در صورتی است که n بزرگ باشد. اگر n=۶ باشد این ضریب باید ۲/۶؛ اگر n=۱۰ باشد، ضریب باید ۲/۳؛ و اگر n=۱۵ باشد، ضریب ۲/۱ است.

مثلاً، تصور کنید که برداشت محصول (بیش از ۱۵ بار) انجام شده تا میزان تولید پنبه بدست آید و نتیجهٔ آن میانگین ۴/۲ تن در هکتار بوده است. ارزیاب با استفاده از یک صفحه گسترده برای محاسبه انحراف معیار، در می‌یابد که CI=۰/۱۰ است، بنابراین مقدار واقعی محصول در واحد سطح بین ۱۰٪ ± مقدار ۴/۲ تن در هکتار یا بین ۳/۷۸ و ۴/۶۲ تن در محدوده ۹۵٪ اطمینان است. به عبارت دیگر، اگر اندازه‌گیری تولید پنبه تحت شرایط یکسان، ۱۰۰ بار انجام شود، ۹۵ اندازه‌گیری در محدوده ۱۰٪ ± میانگین باردهی ۴/۲ تن در هکتار قرار می‌گیرد. گزارش میانگین ۴/۲ تن تولید در هکتار با خطای ۱۰٪ ±، اطلاعات بیشتری از گزارش صرف میانگین تولید در اختیار قرار می‌دهد. خطاهای شایع در پارامترها که مربوط به آبیاری و زهکشی است در جدول ۶-۳ آورده شده است.

جدول ۶-۳: تعریف پارامترها، روش اندازه‌گیری یا کمّی کردن و برآورد خطای اندازه‌گیری (با ۹۵٪ اطمینان).

پارامتر	تعریف	روشی که به وسیله آن، این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود یا منبع داده‌ها
مقدار اضافه محصول قابل فروش	تفاوت میان تولید محصول (به کیلوگرم در هکتار) در کشت آبی و دیم، در حالیکه سایر شرایط یکسان باشند.	برداشت محصول مزارع دیم و آبی مجاور را از هم کم کنید. زیرا به غیر از آب عوامل فراوانی در محصول اثر دارند، خطای این اندازه‌گیری بیش از ۲۵٪ است.
تولید ماده تر زیست توده	مقدار کل رشد نباتات (افزایش مقدار زیست توده) بالاتر از سطح زمین در طول مدت مشخص (روز، ماه یا فصل)	برداشت محصول از زمین‌های مجاور در ابتدا و انتهای دورهٔ زمانی خاصی را از هم کم کنید. به خاطر تنوع مکانی در رشد، خطا ۱۵٪ است. اگر رشد زیست توده توسط تصویربرداری راه دور اندازه‌گیری شود، خطای داده‌ها ۲۰٪ است.

ادامه جدول ۶-۳-

پارامتر	تعریف	روشی که به وسیله آن، این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود یا منبع داده‌ها
وسعت اراضی تحت پوشش	وسعت اراضی قابل آبیاری پایین‌دست یک سازه کنترل جریان	اندازه‌گیری توسط پهنه‌سنجی (پلانی‌متری) از آخرین نقشهٔ منطقه قابل آبیاری (۵٪ خطا) و یا استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (۵٪ خطا).
مصرف آب	آبی که واقعاً از مزرعه و محصول تبخیر و تعریق می‌گردد (ET واقعی). آب مصرف شده‌ای که وارد جو می‌شود.	می‌توان اندازه‌گیری‌های موردی را توسط لایسیمتر انجام داد و سپس آن را به مناطق بزرگتر تعمیم داد. با روش سنجش از دور نیز می‌توان برای اندازه‌گیری ET واقعی مناطق بزرگ از تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. در هر دو مورد خطا ۲۰٪ است.
شاخص مبنا (پایه)	مقدار مورد انتظار هر فرآیند (یا شاخص عملکرد)	سطح شاخص مبنا (پایه) توسط مقایسه با بهترین عملکرد فرآیندهای مشابه، تعیین می‌شود. ارزش تعیین شده در معرض خطای آماری نیست.
تولید محصول	محصول قابل عرضه به بازار از محصول کشت شده به کیلوگرم در هکتار	اندازه‌گیری توسط برداشت محصول در مزرعه به هنگام درو (خطا ۱۰٪)
تحویل آب	حجم آب انتقال یافته (از کانال یا لوله) از یک منبع به یک مشتری یا گروهی از مشتریان (آب‌بران)	اگر محاسبه حجم آب پس از تعداد ۱۵ بار یا بیشتر اندازه‌گیری جداگانه جریان صورت گیرد، خطا به خطای روشمند در این گونه اندازه‌گیری‌ها کاهش می‌یابد (یعنی دریچه‌ها ۵٪ و سرریزها ۲٪)

ادامه جدول ۶-۳-

پارامتر	تعریف	روشی که به وسیله آن، این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود یا منبع داده‌ها
عمق آب تحویل شده	حجم آب تحویل شده به منطقهٔ تحت پوشش، تقسیم بر مساحت منطقه. این عمق معمولاً همان واحدهای بارندگی و تبخیر یعنی میلی‌متر در روز را دارد.	از طریق تقسیم حجم آب عرضه شده به منطقهٔ تحت پوشش بر مساحت ناحیه آبیاری شده در آن منطقه (۱ میلی‌متر در روز= جریان ثابتی به شدت ۰/۱۱۶ لیتر در ثانیه در هکتار)
سطح آب طراحی شده	سطح آب در کانال مطابق با طراحی آن.	در واحدهای طول و در رابطه با یک سطح مرجع (استاندارد) این مقدار در معرض خطای آماری نیست.
بده	دبی جریان آب خروجی از یک مقطع به مترمکعب در ثانیه	اندازه‌گیری توسط یک جریان‌سنج (۷٪ خطا) یا یک نهر آبگذر اندازه‌گیر جریان (پارشال فلوم ۴٪ خطا، سایر سازه‌ها ۱۰٪ خطا)
مدت زمان تحویل آب	مدت واقعی (در زمان) تحویل آب به ناحیه‌ای از طریق سازه‌های مربوطه.	از طریق محاسبه اختلاف میان دو قرائت زمانی (خطا ۲٪) صورت می‌گیرد.
بارندگی مؤثر	بخشی از بارندگی که می‌توان برای جایگزینی آب آبیاری بکار برد.	محاسبه از طریق روش بخش کشاورزی آمریکا به همانگونه که در کری‌وار آورده شده است. خطای آن مساوی خطای بارندگی است.
تبخیر و تعرق	مصرف آب توسط محصول و زمینی که محصول در آن رشد می‌کند. این آب وارد جو می‌شود. تبخیر و تعرق یک فرآیند طبیعی در چرخهٔ آب است.	تبخیر و تعرق بالقوه را از طریق چندین معادله می‌توان محاسبه کرد. رایج‌ترین روش استفاده از پنمن- مانتیس است که به طور گسترده‌ای مورد آزمون قرار گرفته است (خطای ۲۰٪). تبخیر و تعرق واقعی را می‌توان با لیسیمتر (۵٪ خطا) و یا از طریق داده‌های سنجش از راه دور (۲۰٪ خطا) بدست آورد.

ادامه جدول ۶-۳-

پارامتر	تعریف	روشی که به وسیله آن، این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود یا منبع داده‌ها
آب‌بها	پولی که مصرف‌کننده آب باید به مؤسسه عرضه‌کننده آب بپردازد. هزینه را برحسب حجم آب عرضه شده یا مساحت منطقه آبیاری شده و یا ترکیب هر دو می‌پردازند.	هزینه باید براساس توافق ارائه خدمات باشد. این مقدار در معرض خطای آماری نیست.
دبی جریان	حجم آبی که از سطح مقطع در واحد زمان می‌گذرد (معمولاً ثانیه)	به مترمکعب در ثانیه یا لیتر در ثانیه «برای جریان‌های کم». اندازه‌گیری توسط یک جریان‌سنج (۷٪ خطا) یا آبگذر اندازه‌گیر جریان (پارشال فلوم ۴٪ خطا، سایر سازه‌ها ۱۰٪ خطا).
عمق آب زیرزمینی	فاصله سطح خاک مزرعه تا سطح آب زیرزمینی	عمق آب زیرزمینی را با پایین فرستادن یک عمق‌سنج به عمق یک چاه "مشاهده‌ای" اندازه‌گیری می‌کنند. خطای تصادفی تقریباً ۰/۰۲ متر است. یک خطای روشمند ۰/۰۵ متری هم ممکن است در محاسبه ضخامت خاک ممکن است، رخ دهد.
سطح اولیه قابل آبیاری	سطح قابل آبیاری در ابتدای دوره مورد نظر. این دوره ممکن است مثلاً پس از تکمیل یا بازسازی سامانه، شروع شود.	از طریق نقشه‌های طراحی (بازسازی) پروژه تعیین می‌شود. خطا، مربوط به دقت نقشه (۱٪ یا بیشتر) می‌باشد.
سطح قابل آبیاری	سطحی (به هکتار) با زیرساخت فیزیکی که عرضهٔ آب را ممکن می‌سازد.	از طریق نقشه‌های طراحی (بازسازی) پروژه تعیین می‌شود. خطا مربوط به دقت نقشه (۱٪ یا بیشتر) می‌باشد.

ادامه جدول ۶-۳-

پارامتر	تعریف	روشی که به وسیله آن، این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود یا منبع داده‌ها
سطح آبیاری شده	قسمتی از سطح قابل آبیاری که آب آبیاری واقعاً و در طول فصل زراعی به آن تحویل می‌شود.	از طریق بررسی‌های میدانی بر روی محصولات واقعی که در منطقه کشت می‌شود (خطا ۲۰٪) یا از طریق تصاویر ماهواره با سلول‌های به اندازه ۱۵ یا ۳۰ متر (خطا ۵٪).
فاصله میان آبیاری	زمان واقعی بین شروع دو آبیاری پشت سر هم	از طریق محاسبهٔ تفاوت میان دو قرائت زمانی (۱٪ خطا) صورت می‌گیرد.
تبخیر و تعرق بالقوه	تبخیر و تعرق بالقوه، تبخیری است که محصول در دوره رشد تحت فشار کمبود آب قرار نگرفته است.	محاسبه از طریق معادله پنمن-مانتیس (کری‌وار یا کراپ‌وات) خطا تقریباً ۲۰٪ است.
فاصله تنظیم	فاصلهٔ زمانی میان شروع دو فعالیت کنترلی پشت سر هم در یک سازه کنترل یا تنظیم‌کننده	محاسبه از طریق تفاوت میان دو قرائت زمانی (خطا ۲٪) است.
میزان املاح	مقدار املاحی (به کیلوگرم در هکتار) که توسط زهکشی آب از ناحیه خارج می‌شود. دفع نمک از ناحیه توسط آب زهکشی سطحی و آب زیرزمینی تخلیه می‌شود.	از طریق محاسبه دبی جریان و غلظت نمک بدست می‌آید. جریان سطحی توسط سازه‌ای (خطا بستگی به سازه دارد، ۲٪ یا بیشتر) اندازه‌گیری می‌شود و آب زیرزمینی از طریق مدلی اندازه‌گیری می‌شود (خطای ۱۰٪ یا بیشتر). غلظت املاح توسط یک حسگر تبدیل‌کننده اندازه‌گیری می‌شود (۲٪ خطا).

ادامه جدول ۶-۳-

پارامتر	تعریف	روشی که به وسیله آن، این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود یا منبع داده‌ها
سطح خدمات	مقدار امکاناتی که برای سازمان، پروژه یا گروهی از مردم فراهم می‌گردد تا آنها بطور صحیح و مؤثر به وظائفشان عمل کنند.	باید براساس قانون (ملی) آب باشد. این مقدار در معرض خطای آماری نیست.
نقطه تعیین شده (هدف)	ارزش مطلوب خروجی فرآیند (یا شاخص عملکرد).	به "معیار" نیز مراجعه کنید.
رطوبت خاک	درصد (حجمی) آب در خاک، چنانچه خاک اشباع است، این درصد نشان‌دهنده فضای خلل و فرج (تقریباً ۴۰٪) است.	اندازه‌گیری‌های موردی را می‌توان با خشک کردن آزمایشگاهی نمونه (۵٪ خطا) یا به وسیله اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در محل (خطا ۳٪) انجام داد. اگر این نتایج را به مناطق بزرگتر تعمیم دهیم، میزان خطا سریعاً به ۲۵٪ می‌رسد. اگر به وسیله سنجش از دور اندازه‌گیری شود خطا برای منطقه مورد نظر ۲۰٪ است (که شامل توزیع مکانی هم هست).
مقدار هدف	همانند معیار	به نقطه تعیین شده نیز مراجعه کنید.
مشارکت آب‌بران	مشارکت آب‌بران در انجام وظائف و کارکرد سامانه آبیاری و زهکشی	چون مشارکت را نمی‌توان بطور روشن تعریف کرد، خطای آن حدود ۴۰٪ است. بنابراین برای ارزیابی عملکرد به اندازه کافی دقیق نیست.
حجم آب	دبی جریانی که از یک سازه کنترل در مدت معین (روز، ماه، فصل) می‌گذرد مثلاً مترمکعب در روز، در ماه یا در سال	اگر حجم آب از طریق ۱۵ بار یا دفعات بیشتر اندازه‌گیری جداگانه جریان، محاسبه شود، خطا در این اندازه‌گیری به مقدار خطای روشمند کاهش می‌یابد (مثلاً دریچه‌ها ۵٪، سرریزها ۲٪)

۶-۴-۲- انتشار خطاها

در هنگام ارائه شاخص‌ها، معمولاً دو یا چند پارامتر را انتخاب کرده و مقدار آنها را جمع، ضرب و به صورت نسبت ارائه می‌کنیم. در این موارد، چگونه عدم قطعیت را اظهار کنیم؟

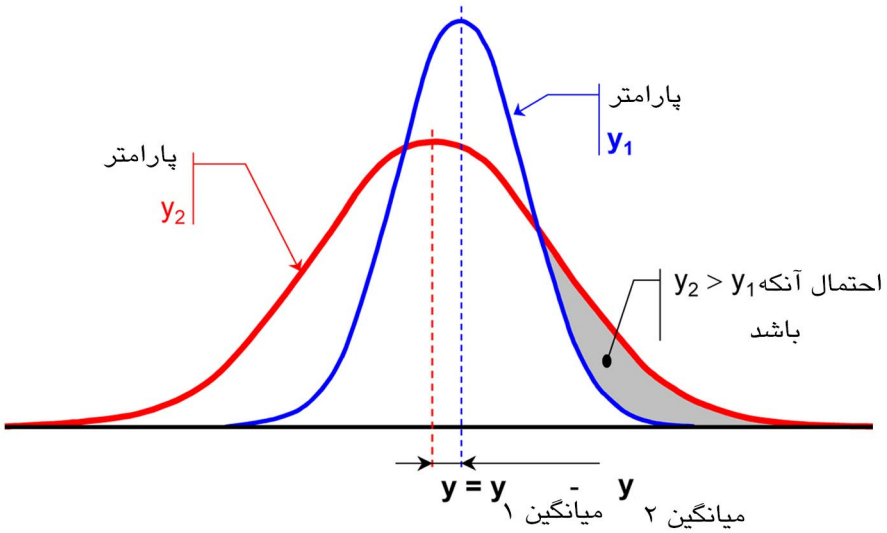
۶-۴-۲-۱- جمع و تفریق

به هنگام جمع یا تفریق دو مقدار، $y=y_1+y_2$ (یا $y=y_1-y_2$)، چنانچه بازه اطمینان برای y_1 و y_2 به ترتیب CI_1 و CI_2 باشند، مقدار تخمین فاصلهٔ اطمینان y برحسب CI می‌شود.

$$CI = \frac{\sqrt{y_{av,1}^2 CI_1^2 + y_{av,2}^2 \, CI_2^2}}{y} \qquad (۵)$$

در این رابطه y_{av} عبارت از مقدار متوسط پارامتر می‌باشد.

اگر تفاوت بین مقادیر میانگین دو پارامتر کسر شده (که بطور مستقل اندازه‌گیری شده‌اند) کمتر از انحراف معیار باشد، این احتمال هست که بعضی از اندازه‌گیری‌های منفرد پارامتر کوچکتر، بزرگتر از اندازه‌گیری‌های منفرد پارامتر بزرگتر باشد (شکل ۶-۱۱). برای تخمین معنی‌دار این تفاوت چندین بار اندازه‌گیری مستقل (بیش از ۱۵ بار) از هر پارامتر باید انجام شود.



شکل ۶-۱۱- احتمال آنکه یک اندازه‌گیری منفرد y_2 بزرگتر از اندازه‌گیری منفرد y_1 باشد در حالیکه میانگین y_1ها از میانگین y_2ها بزرگتر است ($y_{av2}>y_{av1}$).

۶-۴-۲-۲- ضرب و تقسیم

در ضرب، $y=y_1 \times y_2$، مقدار تخمین بازهٔ اطمینان y برحسب CI چنین است.

$$CI = \sqrt{CI_1^2 + CI_2^2 + CI_1^2 CI_2^2} \qquad (۶)$$

در تقسیم، $y=y_1/y_2$، مقدار تخمین بازهٔ اطمینان برای y برحسب CI چنین است:

$$CI = \sqrt{CI_1^2 + CI_2^2} \qquad (۷)$$

مثال: می‌خواهیم عملکرد محصول برنج از هر مترمکعب آب تبخیر و تعرق شده را محاسبه کنیم. مقدار عملکرد محصول براساس مصاحبه با کشاورزان منظور شده است. با استفاده از یک نمونه آماری، میانگین عملکرد محصول برنج ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و با CI = ٪۵ بدست آمد.

برآورد سطح زیر کشت برنج حدوداً ۷۵ هکتار است. این مقدار براساس نقشهٔ سامانه آبیاری و مشاهده مزارع بدست آمده است. اعلام قطعیتی در اینجا وجود دارد. زیرا ساختمان‌های مسکونی یا تجاری جدیدی پس از نقشه‌برداری، احداث شده است، و نیز دانستن این نکته دشوار است که کشاورزان چه بخشی از اراضی خود را برای آیش رها کرده‌اند. بنابراین بازهٔ اطمینان برای «مناطق تحت کشت برنج» ۷٪ تخمین زده می‌شود.

برآورد مقدار تبخیر و تعرق هر محصول در منطقه، براساس پارامترهای آب و هوایی و دستورالعمل‌های روش‌های استاندارد است. عدد ۵۰۰ میلی‌متر برای تبخیر و تعرق واقعی برنج بدست آمد. دلایل زیادی برای عدم قطعیت این مورد وجود دارد که شامل اندازه‌گیری پارامترهای آب و هوایی، شدت کمبود آب در جریان فصل کشت و خطاهای ناشی از وسائل اندازه‌گیری می‌باشد. بازهٔ اطمینان ۲۰٪ ± در این مورد تعیین شد.

- ابتدا مقدار محصول برنج محاسبه می‌شود.

۷۵×۴۰۰۰=۳۰۰۰۰۰ کیلوگرم

با جایگزینی مقدار CI در معادلهٔ (۶) مقدار CI به شرح زیر بدست می‌آید:

$$CI = \pm\sqrt{۰/۰۵^۲ + ۰/۰۷^۲ + ۰/۰۵^۲ \times ۰/۰۷^۲} = \pm ۰/۰۸۶$$

- سپس حجم آب تبخیر و تعرق شده محاسبه می‌شود:

۷۵×۰/۵=۳۷۵۵۰۰

مقدار CI این شاخص عبارت است از:

$$CI = \pm\sqrt{۰/۰۲^۲ + ۰/۰۷^۲ + ۰/۰۲^۲ \times ۰/۰۷^۲} = \pm ۰/۰۷۳$$

- سرانجام از تقسیم کل باردهی محصول برنج بر مقدار آب تبخیر و تعرق شده، بهره‌وری بدست می‌آید.

۳۰۰۰۰۰ ÷ ۳۷۵۵۰۰ =۰/۸ Kg/m^3

مقدار CI از طریق معادله (۷) برآورد می‌گردد که برابر مقدار زیر است.

$$CI = \pm\sqrt{۰/۸۶^۲ + ۰/۷۳^۲} = \pm ۰/۱۱۳$$

۶-۵- منابع

Asrar، G.، Kanemu، E.، Jackson، R.D. and Pinter، P.J. (1985) Estimation of total above-ground phytomass production using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 17، 211–220.

Bastiaanssen، W.G.M. (2000) SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin، Turkey. *Journal of Hydrology* 229، 87–100.

Bastiaanssen، W.G.M. and Bos، M.G. (1999) Irrigation performance indicators based on remotely sensed data: a review of literature. *Irrigation and Drainage Systems* 13، 291–311.

Bastiaanssen، W.G.M.، Menenti، M.، Feddes، R.A. and Holtslag، A.A.M. (1998) A remote-sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL)، part 1: formulation. *Journal of Hydrology* 212/213، 198–212.

Bos، M.G. (ed.) (1976) *Discharge Measurement Structures*. 1st edn 1976; 2nd edn 1978; 3rd rev. edn 1989. Publication 20. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI، Wageningen، The Netherlands.

Bos، M.G. (2001) Why would we use a GIS database and remote sensing in irrigation management? In: van Dijk، A. and Bos، M.G. (eds) *GIS and Remote Sensing Techniques in Land and Water Management.* Kluwer، Dordrecht، The Netherlands، pp. 1–8.

Burt، C.M. (2001) *Rapid Appraisal Process and Benchmarking*. ITRC report no. R 01–008. Funded by FAO/Thailand. Irrigation Training and Research Center، California Polytechnic State University، San Luis Obispo، California. Available at: http://www.itrc.org/reports/reportsindex.html

Clemmens، A.J. (1999) *How Accurate are Irrigation Performance Estimates? Proceedings 1999 USCID Water Management Conference*: *Benchmarking Irrigation System Performance Using*

Water Measurement and Water Balances. San Luis Obispo، California، pp. 39–53.

Clemmens، A.J.، Wahl، T.L.، Bos، M.G. and Replogle، J.A. (2001) *Water Measurement with Flumes and Weirs*. Publication 58. International Institute for Land Reclamation and Improvement، Wageningen، The Netherlands. Available at: http://www.usbr.gov/wrrl/winflume

Donald، C.M. and Hamblin، J. (1976) The biological yields and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy* 28، 361–405.

Gallaghar، J.N. and Biscoe، P.V. (1978) Radiation absorption، growth and yield of cereals. *Journal of Agricultural Sciences* 91، 47–60.

Hemker، C.J. and Nijsten، G.J. (1997) Ground water flow modelling using Micro-Fem، a large-capacity finite-element microcomputer package for multipleaquifer steady-state and transient groundwater flow. Available at: http://www.microfem.com

ITC (2000) ITC Website. Available at: http://www.itc.nl/~parodi/projects.htm

McDonald، M.G. and Harbaugh، A.W. (1988) A modular three-dimensional finitedifference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations، book 6، chap. A1. Available at: http://water.usgs.gov/software/modflow.html

Mekonnen، M.G. and Bastiaanssen، W.G.M. (2000) A new simple method to determine crop coefficients for water allocation planning from satellites; results from Kenya. *Irrigation and Drainage Systems* 14، 237–256.

Mood، A.M. (1954) *Introduction on the Theory of Statistics*. McGraw Hill، New York.

Priestley، C.H.B. and Taylor، R.J. (1972) On the assessment of surface flux and evapotranspiration using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100، 81–92.

US Department of Agriculture (1970) *Irrigation Water Requirements*. Soil Conservation Service Technical Release 21، Washington، DC.

Veldhuizen، A.A.، Poelman، A.، Stuyt، L.C.P.M. and Querner، E.P. (1998) Software documentation for Simgro V3.0، Regional water management simulator. Wageningen SC-DLO، The Netherlands.

پیوست ۱– کلید توصیف‌کنندگان سامانه آبیاری و زهکشی

رمز	توصیف‌کننده	موارد احتمالی (ممکن) (توجه کنید که این لیست راهنما است و لذا موارد دیگر نیز محتمل است)	ارزش
موقعیت			
D1	کشور	-	
D2	قطعه	-	
D3	نام طرح	-	
D4	عرض جغرافیایی	-	
D5	طول جغرافیایی	-	
اقلیم و خاک‌ها			
D6	اقلیم	• خشک • نیمه خشک • مرطوب	• استوائی مرطوب • مدیترانه‌ای
D7	میانگین بارندگی سالانه (میلیمتر)	-	
D8	میانگین سالانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع ET، (میلیمتر)	-	
D9	حداکثر تبخیر و تعرق روزانه گیاه مرجع، ET (میلیمتر در روز)	-	
D10	انواع خاک و درصد مساحت هر نوع نسبت به مساحت کل	• رسی • رسی لومی • لوم	• رسی شنی سیلت‌دار • شنی
منبع آب و قابلیت دسترسی			
D11	منبع آب	• رودخانه • آب زیرزمینی	• استفاده تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی • جریان آب رودخانه

ادامه پیوست ۱-

رمز	توصیف‌کننده	موارد احتمالی (ممکن) (توجه کنید که این لیست راهنما است و لذا موارد دیگر نیز محتمل است)	ارزش
D12	دسترسی به آب	• فراوان • کافی	• کمیابی آب
D13	تعداد و دوره آبیاری در هر فصل یا فصول تعداد فصول تعداد ماه‌های هر فصل • فصل ۱ • فصل ۲ • فصل ۳	-	
اندازه			
D14	سطح اراضی (قابل آبیاری) تحت پوشش (هکتار)	-	
D15	تعداد کل مصرف‌کنندگان آب	-	
D16	میانگین مساحت مزرعه (هکتار)	-	
D17	میانگین مساحت اراضی تحت آبیاری سالانه (هکتار)	-	
D18	میانگین تراکم کشت سالانه (٪)	-	
کشاورزی			
D19 سطح	محصولات اصلی در هر فصل و سطح زیر کشت آنها (هکتار) و درصد کشت هر محصول نسبت به کل اراضی تحت پوشش: محصول ۱: محصول ۲: محصول ۳: محصول ۴:	-	

ادامه پیوست ۱-

رمز	توصیف‌کننده	موارد احتمالی (ممکن) (توجه کنید که این لیست راهنما است و لذا موارد دیگر نیز محتمل است)	ارزش
تشکیلات سازمانی			
D20	اولین سال راهبری	-	
D21	نوع مدیریت	• نهاد دولتی • شرکت خصوصی • مدیریت مشترک دولتی و محلی	• تشکل یا انجمن آب‌بران (WUA) • اتحادیه تشکل‌ها یا انجمن‌های آب‌بران (WUAs)
D22	فعالیت‌های سازمان	• خدمات آبیاری و زهکشی • مدیریت منابع آب • مدیریت مخازن	• کنترل سیلاب • آب شرب • پرورش ماهی • سایر
D23	چگونگی جمع‌آوری درآمد	• مالیات بر اراضی آبی • دریافت آب‌بها براساس نوع محصول و سطح زیر کشت	• دریافت آب‌بها به نسبت حجم آب تحویلی • دریافت وجه بازاء هر آبیاری
D24	مالکیت اراضی	• دولتی	• خصوصی
اجتماعی- اقتصادی			
D25	تولید ناخالص ملی (GDP)		
D26	سامانه کشاورزی	• محصولات تجاری • کشاورزی معیشتی	• محصولات تجاری و معیشتی
D27	بازاریابی	• بازاریابی دولتی • تجار خصوصی	• بازار محلی • بازاریابی منطقه‌ای/ ملی

ادامه پیوست ۱-

رمز	توصیف‌کننده	موارد احتمالی (ممکن) (توجه کنید که این لیست راهنما است و لذا موارد دیگر نیز محتمل است)	ارزش
D28	قیمت‌گذاری	• کنترل دولتی قیمت‌ها	• قیمت‌های بازار محلی • قیمت‌های بین‌المللی
سازه‌های زیربنائی آبیاری			
D29	روش دریافت آب	• انحراف آب با پمپ • انحراف به صورت ثقلی	• خودجوش (آرتزین)
D30	سازه‌های زیربنائی تحویل آب (طول به کیلومتر)	• کانال روباز • خط لوله	• پوشش شده • پوشش نشده
D31	محل و نوع وسائل کنترل آب	نوع: • هیچگونه • سازه ثابت انحراف نسبی آب • دریچه دستی • دریچه خودکار کنترل محلی • دریچه خودکار کنترل مرکزی	محل: • سازه کنترل فقط در آبگیر اصلی • سازه کنترل در کانال‌های درجه یک و دو • سازه‌های کنترل در کانال‌های درجه یک و دو و سه
D32	محل و نوع وسائل اندازه‌گیری دبی جریان	نوع: • جریان‌سنج • سرریز یا لوله ثابت • تقسیمات مدرج • دریچه‌های مدرج	محل: • هیچ جا • در کانال‌های درجه یک • در کانال‌های درجه دو • در کانال‌های درجه سه • در سطح مزرعه

ادامه پیوست ۱-

رمز	توصیف‌کننده	موارد احتمالی (ممکن) (توجه کنید که این لیست راهنما است و لذا موارد دیگر نیز محتمل است)	ارزش
سازه‌های زیربنائی- زهکشی			
D33	اراضی تحت پوشش زهکشی سطحی (هکتار)	-	-
D34	نوع زهکشی سطحی	• طبیعی	• ساخته شده
D35	طول زهکش‌های سطحی (کیلومتر)	• طبیعی • ساخته شده	• باز • بسته
D36	اراضی تحت پوشش زهکشی زیرزمینی (هکتار)	-	
D37	تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی	-	
تخصیص و توزیع آب			
D38	نوع توزیع آب	• براساس درخواست • براساس تقاضا	• براساس میزان تأمین آب
D39	برنامه جریان آب در کانال اصلی	• بدون برنامه • روزانه • هفتگی	• دو بار در ماه • ماهانه • فصلی
D40	روش آبیاری غالب در مزارع	• سطحی- جویچه, کرتی، نواری، غرقابی, کرتی جویچه‌ای • قطره‌ای- روزنه‌ای	• تحت فشار- بارانی تفنگی- نیمه متحرک, محوری گردان (سنترپیوت) • زیرزمینی

پیوست ۲– مشخصات شاخص‌های عملکرد آبیاری و زهکشی

جدول ذیل کلمات و اصطلاحات سودمند و مفید ارزیابی عملکرد را ارائه می‌کند. بعضی مواقع که مؤلفین مختلف برای معرفی یک شاخص معین اصطلاحات و واژه‌های مختلفی را بکار برده‌اند انتخاب یکی از آنها بسیار مشکل است. هر جا که میسر بوده اسامی مختلف معرفی شده است. مرجعی با عنوان مروری بر اصطلاحات و واژه‌های انتخابی در شاخص‌های عملکرد آبیاری بوسیله پی اس رائو[1] (۱۹۹۳) تألیف گردیده است که مجموعه با ارزشی از اصطلاحات شاخص‌های عملکرد، راهبری و نگهداری و آبیاری و زهکشی را شامل می‌شود.

1- P. S. Rao (1993)

پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
تحویل آب و سودمندی						
راندمان انتقال	**حجم آب تحویلی (به واحد درجه ۳) / حجم آب انتقالی از طریق پمپاژ**	دبی مدت	مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس و ناگترن (۱۹۷۴، ۱۹۹۰) باس (۱۹۸۰، ۱۹۸۵، ۱۹۹۷)	برخی از تعاریف بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۷ اصلاح شده است.
راندمان توزیع	**حجم آب دریافتی در مزرعه / حجم آب تحویلی (به واحد درجه ۳)**	دبی مدت	مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس و ناگترن (۱۹۷۴، ۱۹۹۰) باس (۱۹۸۰، ۱۹۸۵)	
راندمان سامانه آبیاری	**حجم آب دریافتی در مزرعه / حجم آب انتقالی از طریق پمپاژ**	دبی مدت	مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس و ناگترن (۱۹۷۴، ۱۹۹۰) آی.سی.آی.دی (۱۹۷۸)	
راندمان کاربرد در مزرعه	**حجم آب مورد نیاز محصول / حجم آب در یافتی در مزرعه**	تبخیر و تعرق محصول بارندگی مؤثر دبی مدت	میلیمتر میلیمتر مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس و ناگترن (۱۹۷۴، ۱۹۹۰) ای.سی.ای.دی (۱۹۷۸) باس (۱۹۸۰، ۱۹۸۵، ۱۹۹۷)	برخی از تعاریف بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۷ اصلاح شده است.
راندمان کلی پروژه	**حجم آب مورد نیاز محصول / حجم آب انتقالی از طریق پمپاژ**	تبخیر و تعرق محصول بارندگی مؤثر دبی مدت	میلیمتر میلیمتر مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس و ناگترن (۱۹۷۴، ۱۹۹۰) ای.سی.ای.دی (۱۹۷۸)	
نسبت تأمین آب	**کل آب تأمین شده / تقاضا یا نیاز آبی محصول**	دبی تأمین شده مدت تبخیر و تعرق محصول بارندگی مؤثر	مترمکعب بر ثانیه ساعت مترمکعب میلیمتر	کفایت برابری	لوین (۱۹۸۲)، کلر (۱۹۸۶)، ولر و پای‌وال (۱۹۸۹)،	گستردگی در استفاده و تفاوت در تعاریف

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
نسبت عملکرد تحویل به عملکرد مدیریت	**دبی واقعی تأمین شده / دبی هدف**	دبی واقعی دبی هدف	مترمکعب بر ثانیه مترمکعب بر ثانیه	کفایت برابری اعتمادپذیری	IIMI (۱۹۸۷)، مورای-راست و اسنلن (۱۹۹۳)، مولدن و گیتس (۱۹۹۰)، فن در ولد (۱۹۹۰)	توسط فن در ولد برای تشخیص مشکلات نگهداری کانال در سامانه چناب پایینی بکار رفته است.
یکنواختی توزیع	**متوسط نفوذ آب آبیاری در چارک پایین / متوسط عمق نفوذ**	اندازه‌گیری عمق نفوذخارج اراضی	میلیمتر	راندمان	مریام و کلر (۱۹۷۸)	چارک پایین
	لوین (۱۹۸۲): $\frac{\text{تأمین آبیاری + بارندگی}}{ET_p + \text{فرونشت} + \text{نفوذ}}$				باس و همکاران (۱۹۹۳، ۱۹۹۴)، پری (۱۹۹۶)، مولدن و همکاران (۱۹۹۸)، کلوزن و گرسس- رسترپیو (۱۹۹۸)	
راندمان استفاده از آب (WUE)	**تقاضای آب محصول / کل تأمین آب**	دبی تأمین شده مدت تبخیر و تعرق محصول بارندگی مؤثر	مترمکعب بر ثانیه ساعت مترمکعب میلیمتر	کفایت برابری راندمان	مریام و همکاران (۱۹۸۳)، مریام و کلر (۱۹۷۸)	عکس نسبت تأمین آب
نسبت تأمین آب آبیاری	**تأمین آب آبیاری / تقاضای آبیاری (تبخیر و تعرق بالقوه منهای بارندگی مؤثر)**	دبی مدت تبخیر و تعرق محصول بارندگی مؤثر	مترمکعب بر ثانیه ساعت میلیمتر میلیمتر	کفایت برابری	مولدن و همکاران (۱۹۹۸) شارما و همکاران (۱۹۹۱)	عکس راندمان آبیاری بوسیله باس و نوگترن (۱۹۷۴)
ضریب یا شاخص اعتمادپذیری	**درصد مشاهداتی که± ۱۰ درصد دبی هدف هستند**	دبی واقعی دبی پیش‌بینی شده	مترمکعب بر ثانیه مترمکعب بر ثانیه		فرانسیس (۱۹۸۹)، ماکین و همکاران (۱۹۹۰)	
ظرفیت تحویل آب (درصد)	**ظرفیت کانال تحویل آب در ابتدای سامانه / تقاضای مصرف حداکثر**	دبی نیاز آبیاری محصول	مترمکعب بر ثانیه مترمکعب بر ثانیه	ظرفیت سودآوری	مولدن و همکاران	شاخصی از درجه سازه‌های زیربنائی آبیاری که برای کشاورزی ساخته شده‌اند، را بدست می‌دهد.

ادامه پیوست ۲-

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
برابری و توزیع آب (یا نسبت عملکرد تحویل آب / و نسبت بده جریان)	دبی واقعی تأمین آب / دبی طراحی تأمین آب	دبی واقعی دبی طراحی	مترمکعب بر ثانیه / مترمکعب بر ثانیه	کفایت برابری	فرانسیس و الاواد (۱۹۸۹)، ولتر و باس (۱۹۹۰)، وان در ولد (۱۹۹۰)، باس (۱۹۹۷)	تعدادی اشتباه در اصطلاحات فنی مربوط به عملکرد تحویل آب
عملکرد تحویل آب	حجم واقعی آب تحویلی / حجم پیش‌بینی شده برای آب تحویلی	دبی و مدت واقعی	مترمکعب بر ثانیه ساعت / مترمکعب بر ثانیه ساعت	کفایت برابری	لنتون (۱۹۸۴)، مولدن و گیتس (۱۹۹۰)، باس و همکاران (۱۹۹۳، ۱۹۹۴)، باس (۱۹۹۷)	برخی تغییرات در اصطلاحات که بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷ تصویب شده‌اند.
خطای عملکرد تحویل آب	$e^2 = 1/(n\Sigma(P_i - A_i)$	حجم واقعی آب تحویلی (از نقطه i تا n)	مترمکعب بر ثانیه / مترمکعب بر ثانیه	کفایت برابری	شارما و همکاران (۱۹۹۱)	اندازه‌گیری مفید برای ارزیابی تعدادی از خروجی‌ها، مانند تمام خروجی‌های روی کانال درجه ۲
نسبت داخل چارک	نسبت آب دریافتی در بهترین حالت تأمین شده در چارکی از اراضی، به دریافت در بدترین حالت	دبی مدت اراضی تحت آبیاری	مترمکعب بر ثانیه ساعت / هکتار	برابری	ابرنتی (۱۹۸۴)، وان در ولد (۱۹۹۰)	
ضریب تغییرات	داده‌های آماری توزیع	دبی اراضی تحت آبیاری	مترمکعب بر ثانیه / هکتار	برابری	استاندارد، ابرنتی (۱۹۸۴)	
ضریب کریستیانسن	داده‌های آماری توزیع	دبی اراضی تحت آبیاری	مترمکعب بر ثانیه بده	برابری	مریام و کلر (۱۹۷۸)، ابرنتی (۱۹۸۴)	

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
کمبود تحویل هفتگی	**تعداد هفته‌هائی که عرضه آب کمتر از نیاز است.**	تأمین آب نیاز آبی	مترمکعب بر ثانیه مترمکعب بر ثانیه		ولر و پایوال (۱۹۸۹)	
تداوم کمبود تحویل هفتگی	**تعداد هفته‌های مداومی که عرضه آب کمتر از نیاز بوده است.**	تأمین آب نیاز آبی	مترمکعب بر ثانیه مترمکعب بر ثانیه		ولر و پایوال (۱۹۸۹)	
شاخص آب قابل دسترس (WAI)	**وضعیت آب در شالیزارها** **جریان آب از شالیزار به شالیزار (۴)** **مزرعه برنج با آبیاری استاندارد (۳)** **خاک در گودال‌ها مرطوب است (۲)** **خاک خشک با ترک‌های سطحی (۱)**	مشاهده آب به وضعیت رطوبت		کفایت	ویجایارانت (۱۹۸۶)	در سال ۱۹۹۳ توسط ماری- راست و اسنلن صحه‌گذاری شده است.
شاخص آب قابل دسترس (WAI)	**حجم آب قابل دسترس طرح** **حجم نیازهای آبی طرح**	جمع تأمین آب قابل دسترس جمع نیازهای آبی	مترمکعب در سال مترمکعب در سال	کفایت (ورودی)	ایجیر و بورتون (۱۹۹۸)	اگر مشکلات دسترسی به آب ناشی از کمبود آب در خارج یا مربوط به عوامل داخلی سامانه آبیاری باشد راهنمائی لازم ارائه می‌شود.
راندمان سازه‌های زیربنائی	**تعداد سازه‌های عملیاتی** **جمع تعداد سازه‌ها**	تعداد سازه‌های عملیاتی جمع سازه‌ها	تعداد سازه	سودمندی کنترل	مائو زی (۱۹۸۹) ایجیر و بورتون (۱۹۹۸) باس و همکاران (۱۹۹۳ و ۱۹۹۴)	برای مفاهیم مشابه، اصطلاحات متفاوتی توسط محققین مختلف ارائه شده است.

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
نسبت افت نشت	میزان نشت واقعی / میزان نشت هدف	میزان نشت	مترمکعب بر ثانیه	راندمان	باس و همکاران (۱۹۹۳, ۱۹۹۴)	
رقوم سطح آب	رقوم واقعی سطح آب در FSD / رقوم سطح آب هدف در FSD	رقوم سطح آب	m.a.s.l	دستور/ کنترل	باس و همکاران (۱۹۹۳, ۱۹۹۴)	
اعتمادپذیری کلی	(حجم تحویل شده / حجم هدف) × (دوره تأمین واقعی / دوره هدف دوره تأمین)	دبی دوره	مترمکعب بر ثانیه ساعت	اعتمادپذیری	باس و همکاران (۱۹۹۳, ۱۹۹۴)	
نسبت مصرف کل	$\frac{ET_p - P_e}{\text{حجم آب تحویلی در آبگیر + ورودی‌های دیگر}}$	ET_p محصول P_e باران مؤثر دبی دوره	میلی‌متر میلی‌متر مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس (۱۹۹۷)	
نسبت انتقال	حجم تحویلی به سامانه توزیع+سایر تحویل‌ها / حجم تحویلی به آبگیر+سایر جریان‌ها	دبی دوره	مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس (۱۹۹۷)	
نسبت توزیع	حجم آب تحویلی به مزارع+سایر تحویل‌ها / حجم آب تحویلی به آبگیر درجه ۳	دبی دوره	مترمکعب بر ثانیه ساعت	راندمان	باس (۱۹۹۷)	

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
اتکاءپذیری مدت	مدت واقعی تحویل آب / مدت پیش‌بینی تحویل آب	مدت واقعی مدت پیش‌بینی شده	ساعت ساعت	اتکاءپذیری	باس (۱۹۹۷)	
اتکاءپذیری فاصله آبیاری	دور آبیاری واقعی / دور آبیاری پیش‌بینی شده	فاصله واقعی فاصله پیش‌بینی شده	روز روز	اتکاءپذیری	باس (۱۹۹۷)	
تغییر نسبی سطح آب	تغییر سطح / سطح پیش‌بینی شده	تغییر سطح سطح پیش‌بینی شده	متر متر	ارتفاع مفید عمق آزاد	باس (۱۹۹۷)	
سهمیه ناخالص آبیاری سالانه	جمع آب تحویلی واقعی / سطح واقعی آبیاری	دبی مدت سطح اراضی تحت آبیاری	مترمکعب بر ثانیه ساعت هکتار	کفایت	مائو زی (۱۹۸۹)	
تولیدات کشاورزی						
عملکرد	تولید محصول / سطح زیرکشت	تولید محصول سطح زیرکشت	کیلوگرم هکتار	تولید	استاندارد	تحت تأثیر عوامل زیاد از جمله آب می‌باشد.
عملکرد نسبی	عملکرد واقعی محصول / عملکرد بالقوه محصول	برآورد عملکرد محصول حداکثر عملکرد بالقوه	کیلوگرم در هکتار کیلوگرم در هکتار	تولید	داوی و ریزوسکی (۱۹۸۱) ابرنتی (۱۹۸۱) گرین (۱۹۸۹)	
تراکم کشت	کل سطوح کشت شده در یک سال / سطح پروژه	کل سطح زیر کشت سطح پروژه	هکتار هکتار	تولید	استاندارد	شاخص اساسی عملکرد طرح
سودآوری اراضی	سطح اراضی زیر کشت / سطح اراضی قابل کشت	سطح اراضی کشت شده سطح پروژه	هکتار هکتار	تولید راندمان	گارسز (۱۹۸۴)	
عملکرد محصول معین به راندمان آب مصرفی (کیلوگرم بر هر مترمکعب)	تولید محصول / کل آب تأمین شده در یک فصل	عملکرد محصول آب تأمین شده	کیلوگرم مترمکعب	راندمان بهره‌وری	ای، سی، ای، دی، (۱۹۷۸) گارسز (۱۹۸۳) والر و پایاوال (۱۹۸۹) مائو زی (۱۹۸۹)	کاربرد با کشت تک محصولی آسانتر می‌باشد.

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
بهره‌وری نسبی آب	**تولید محصول بالقوه / کل آب تأمین شده**	عملکرد محصول بالقوه آب تأمین شده	کیلوگرم در هکتار مترمکعب در هکتار	راندمان بهره‌وری	داوی و ریدزوسکی (۱۹۸۱) ابرنتی (۱۹۸۹) مائو زی (۱۹۸۹) گرین (۱۹۸۹)	با ساختار مشابه، محققین مختلف اصطلاحات متفاوتی را به کار برده‌اند.
تقویم زراعی نسبی	**انحراف از تقویم زراعی بهینه (برحسب روز)**	تقویم زراعی	تاریخ		والر و پایاوال (۱۹۸۹) تایفن (۱۹۹۰) ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	با ساختار مشابه، محققین مختلف اصطلاحات متفاوتی را به کار برده‌اند.
عملکرد سالیانه	**تولید محصول سالیانه / سطح پروژه**	تولید محصول سالیانه سطح پروژه	کیلوگرم هکتار	تولید	کاربرد عمومی ابرنتی (۱۹۹۰)	در کشت تک محصولی شفافیت بیشتر است.
درآمد واحد سطح زیر کشت (دلار در هکتار)	**مقدار تولید / سطح زیر کشت آبی**	تولید محصول قیمت بازار محصول سطح زیر کشت آبی	کیلوگرم در هکتار دلار در هر هکتار هکتار	تولید	مولدن و همکاران (۱۹۹۸) کلوزن و گارسز و رسترپو (۱۹۹۸)	
درآمد واحد سطح پروژه (دلار در هکتار)	**ارزش تولید / سطح پروژه**	تولید محصول قیمت بازار محصول سطح پروژه	کیلوگرم در هکتار دلار از هر هکتار هکتار	تولید	مولدن و همکاران (۱۹۹۸) کلوزن و گارسز و رسترپو (۱۹۹۸)	
درآمد هر واحد حجم آب آبیاری تأمین شده (دلار در مترمکعب) (بهره‌وری آب)	**ارزش تولید / عرضه آب آبیاری تأمین شده**	عملکرد تولید در واحد سطح قیمت بازار محصول سطح زیرکشت دبی آب تأمین شده	کیلوگرم در هکتار دلار هر کیلوگرم هکتار مترمکعب در ثانیه	تولید	مولدن و همکاران (۱۹۹۸) کلوزن و گارسز و رسترپو (۱۹۹۸)	

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
درآمد هر واحد آب مصرف شده (دلار هر مترمکعب) توان (بهره‌وری آب)	**ارزش تولید** **حجم آب مصرف شده مربوط به تعریق**	عملکرد تولید محصول در واحد سطح قیمت بازار محصول سطح زیرکشت ET واقعی محصول	کیلوگرم در هکتار دلار هر کیلوگرم هکتار میلی‌متر	تولید	مولدن و همکاران (۱۹۹۸) کلوزن و گارسز و رسترپو (۱۹۹۸)	
عملکرد سطح اراضی فاریاب	**سطح واقعی** **سطح هدف**	سطح زیر کشت	هکتار	سودآوری	مائو زی (۱۹۸۹) باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
عملکرد تراکم کشت	**تراکم کشت واقعی** **تراکم کشت هدف**	سطوح زیرکشت	هکتار	سودآوری	مائو زی (۱۹۸۹) باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
عملکرد تولید	**کل تولید** **تولید پیش‌بینی شده (هدف)**	انواع محصول عملکردهای تولید محصول در واحد سطح سطوح زیر کشت	کیلوگرم در هکتار هکتار	تولید	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
عملکرد تولید در واحد سطح	**عملکرد واقعی تولید در واحد سطح** **عملکرد تولید پیش‌بینی شده در واحد سطح (هدف)**	عملکرد تولید محصول در واحد سطح	کیلوگرم در هکتار	تولید	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
عملکرد بهره‌وری آب	**بهره‌وری واقعی آب** **بهره‌وری پیش‌بینی شده (هدف)**	نوع محصول سطح کشت عملکرد تولید محصول در واحد سطح حجم واقعی تحویل آب حجم پیش‌بینی شده تحویل آب	– هکتار کیلوگرم در هکتار مترمکعب مترمکعب	بهره‌وری	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	

ادامه پیوست ۲

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
اقتصاد کشاورزی و مالی						
سودآوری	**درآمد منهای هزینه مزرعه**	عملکرد تولید محصول در واحد سطح قیمت بازار محصول هزینه نهاده‌ها	کیلوگرم در هکتار دلار بازاء هر کیلوگرم دلار بازاء هر کیلوگرم	سودآوری	استاندارد	
سودآوری منابع	**ارزش تولید** **هزینه تولید**	ارزش محصول تولیدی هزینه‌های راهبری و نگهداری تعداد مشاغلین	دلار دلار نفر	راندمان	ابرنتی (۱۹۹۰)	تحت تأثیر عوامل متعددی می‌باشد.
ضریب جمع‌آوری آب‌بها (همچنین عملکرد جمع‌آوری آب‌بها)	**آب‌بهای آبیاری جمع‌آوری شده** **آب‌بهای آبیاری تعیین شده**	آب‌بهای جمع‌آوری شده آب‌بهای قابل دریافت	دلار دلار	راندمان پایداری	گارسز (۱۹۸۳) ابرنتی (۱۹۹۰) باس و همکاران (۴، ۱۹۹۳) باس (۱۹۹۷) ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	
بازگشت سرمایه ناخالص (درصد)	**ارزش تولیدی ناخالص استاندارد شده** **هزینه سازه‌های زیربنائی آبیاری**	عملکرد تولید محصول در واحد سطح قیمت بازار محصول سطح زیر کشت قیمت سازه‌های زیربنائی	کیلوگرم در هکتار دلار بازاء هر کیلوگرم هکتار دلار	بهره‌وری راندمان	مولدن و همکاران (۱۹۹۸)	
خودکفائی مالی	**درآمد حاصل از آبیاری** **کل هزینه‌های راهبری و نگهداری**	درآمد هزینه راهبری و نگهداری	دلار دلار	مالی قابلیت توانمندی	مولدن و همکاران (۱۹۹۸) کلوزن و همکاران (۱۹۹۷) باس (۱۹۹۷) ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	با ساختار مشابه، محققین مختلف اصطلاحات متفاوتی بکار برده‌اند.

ادامه پیوست ۲-

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
کل توانمندی مالی	تخصیص واقعی راهبری و نگهداری / تخصیص مورد نیاز راهبری و نگهداری	هزینه واقعی راهبری و نگهداری هزینه مورد نیاز راهبری و نگهداری	دلار دلار	توانمندی مالی	گارسز (۱۹۸۳) مائو زی (۱۹۸۹) باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳) ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	با ساختار مشابه محققین مختلف اصطلاحات متفاوتی بکار برده‌اند.
درآمد حاصل از آب‌بها در واحد سطح (دلار در هکتار)	درآمد ناشی از آب‌بهای آبیاری و زهکشی / سطح پروژه	درآمد جمع‌آوری شده از آب‌بهای آبیاری و زهکشی سطح پروژه	دلار هکتار	توانمندی مالی پایداری	مائو زی (۱۹۸۹) کلوزن و همکاران (۱۹۹۷)	در سامانه‌های مختلف تغییر می‌کند، لیکن یک شاخص عمومی می‌تواند مفید باشد.
سوددهی بر مبنای مساحت اراضی	سود اضافی حاصل از هر واحد سطح / هزینه‌های کلی آبیاری	جمع سود اضافی سطح بکار گرفته شده کل هزینه‌های آبیاری	دلار هکتار دلار	سودآوری پایداری	مائو زی (۱۹۸۹) باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
سوددهی بر مبنای آب مصرف شده	سود اضافی حاصل از هر واحد آب / هزینه‌های کلی آبیاری	جمع سود اضافی کل آب مصرف شده کل هزینه‌های آبیاری	دلار مترمکعب دلار	سودآوری	مائو زی (۱۹۸۹) باس و همکاران (۱۹۹۳, ۱۹۹۴)	
ضریب راهبری و نگهداری	هزینه‌های راهبری و نگهداری / کل بودجه سازمان	هزینه‌های راهبری و نگهداری کل بودجه	دلار دلار	توانمندی راهبری	باس (۱۹۹۷)	
نسبت عملکرد تولید در واحد سطح به مقدار آب تحویلی	ارزش افزوده محصول / هزینه ناشی از آب آبیاری	ارزش محصول آبی ارزش محصول دیم هزینه آب بکار رفته	دلار دلار دلار	سودآوری	باس (۱۹۹۷)	
نسبت عملکرد تولید در واحد سطح به هزینه آب	وزن افزوده شده محصول قابل فروش / وزن آب آبیاری تحویل شده	وزن محصول آبی وزن محصول دیم وزن آب آبیاری	کیلوگرم کیلوگرم کیلوگرم	بهره‌وری	باس (۱۹۹۷)	

ادامه پیوست ۲-

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
منافع آبیاری در واحد سطح	منافع محصولات آبی - منافع محصولات دیم - هزینه‌های آبیاری	عملکرد تولید محصول آبی در واحد سطح عملکرد تولید محصول دیم در واحد سطح قیمت محصول زراعی در بازار هزینه‌های آبیاری	کیلوگرم در هکتار کیلوگرم در هکتار دلار (هر کیلوگرم) دلار (هر هکتار)	بهره‌وری	مائو زی (۱۹۸۹)	
اجتماعی- اقتصادی						
کیفیت زندگی	با گستردگی متنوع	بهداشت عمومی استاندارد زندگی سطح اشتغال و غیره		کیفیت	چامبرز (۱۹۸۸) آلبرتنی (۱۹۹۰)	اندازه‌گیری و استاندارد نمودن آن، کار دشواری است.
رضایتمندی زارعین	درجه رضایتمندی که کشاورزان نسبت به سطح شرایط ارائه خدمات احساس می‌نمایند.	درک زارعین (که از بررسی و مصاحبه‌ها حاصل می‌شود)		رضایتمندی	گارسز (۱۹۸۳)	بایستی به صورت گسترده‌تر استفاده شود.
تولید اشتغال آبیاری	نفر روز کارگر در هر هکتار (سالیانه) در طرح / تعداد روزهای کار اداری سالیانه	جمع نفر روز کارگران سطح پروژه تعداد روزهای کاری در سال	تعداد هکتار تعداد	اشتغال	چامبرز (۱۹۸۸) باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
تولید دستمزد آبیاری	متوسط درآمد روستائی در سال / متوسط درآمد ملی (ناحیه‌ای) در سال	متوسط درآمد روستائی متوسط درآمد ملی	دلار در سال دلار در سال	درآمد تولید	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	

ادامه پیوست ۲-

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
فقر نسبی	**درصد جمعیت موجود بالای خط فقر (طرح)** **درصد جمعیت موجود بالای خط فقر (ملی)**	درآمد خط فقر تعداد حائزین سطح درآمد (طرح و ملی)	دلار در سال تعداد دلار در سال	رفاه	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳)	
دانش فن‌آوری کارکنان	**دانش لازم برای حائزین شغل** **دانش واقعی کارکنان**	-	-	-	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳) باس (۱۹۹۷) ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	با ساختار مشابه محققین مختلف اصطلاحات متفاوتی بکار برده‌اند.
وابستگی آب‌بران به سامانه آبیاری	**سازمان‌های فعال آب‌بران** **تعداد کل تشکل‌ها یا انجمن‌های آب‌بران**	-	-	-	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳) بوس (۱۹۹۷)	
ظرفیت مسئولیت‌پذیری	**میزان توان کارکنان راهبری و نگهداری در تشخیص مشکلات روزمره راهبری و نگهداری**	توانائی‌های کارکنان راهبری و نگهداری در اظهارنظر و مسئولیت‌پذیری	-	کارآئی اثربخشی	گارسز (۱۹۸۳)	
نسبت تعداد نیروی انسانی	**تعداد کل کارکنان راهبری و نگهداری** **کل سطح اراضی قابل آبیاری**	تعداد کارکنان راهبری و نگهداری اراضی قابل آبیاری	تعداد هکتار	کارآیی (کارکنان)	ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	
نسبی توسعه طرح	**جمع اراضی توسعه یافته واقعی برای آبیاری** **جمع کل اراضی قابل توسعه برای آبیاری**	سطح اراضی قابل آبیاری واقعی سطح اراضی مستعد آبیاری	هکتار هکتار	سودمندی	ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	

ادامه پیوست ۲- محیط زیست

شاخص عملکرد	تعریف	متغیرهای مورد بحث	واحد	مبانی	کاربرد توسط	ملاحظات
پایداری اراضی تحت آبیاری	**اراضی که آبیاری می‌شوند** **اراضی که باید آبیاری شود**	سطح اراضی قابل آبیاری	هکتار	سودمندی	باس و همکاران (۱۹۹۴, ۱۹۹۳) باس (۱۹۹۷) ایجر و بورتون (۱۹۹۸)	با ساختار مشابه، محققین مختلف اصطلاحات متفاوت بکار برده‌اند.
کیفیت آب آبیاری و زهکشی	**مقایسه کیفی آب اندازه‌گیری شده با استانداردهای کیفی آب آبیاری**	SAR, BOD, EC و غیره		کیفیت	استاندارد	
عمق نسبی آب زیرزمینی	**عمق آب زیرزمینی واقعی** **عمق آب زیرزمینی بحرانی**	عمق آب زیرزمینی واقعی عمق آب زیرزمینی بحرانی	متر متر	پایداری	باس (۱۹۹۷)	
نسبت EC	**مقدار EC واقعی** **مقدار EC بحرانی**	مقدار EC واقعی مقدار EC بحرانی		پایداری	باس (۱۹۹۷)	
ضریب آب گرفتگی	**اراضی که تحت تأثیر آب گرفتگی قرار گرفته‌اند** **جمع اراضی پروژه**	جمع اراضی آب گرفته اراضی پروژه	هکتار هکتار	بهره‌وری پایداری	گارسز (۱۹۸۳)	

منابع

Abernethy, C.L. (1984) *Methodologies for Studies of Irrigation Water Management*. Report OD/TN 9, October. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Abernethy, C.L. (1986) *Performance Measurement in Canal Water Management: a Discussion*. ODI/IIMI Irrigation Management Network Paper 86/2d. Overseas Development Institute, London.

Abernethy, C.L. (1990) Indicators and criteria of the performance of irrigationm systems. Paper presented at the *FAO Regional Workshop on Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture*, Bangkok, Thailand, 22–26 October.

Bos, M.G. (1980) Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bulletin* 29, July.

Bos, M.G. (1985) Summary of ICID definitions on irrigation efficiency. *ICID Bulletin* 34, January, pp. 28–31.

Bos, M.G. (1997) Performance assessment indicators for irrigation and drainage. *Irrigation and Drainage Systems* 11, 119–137.

Bos, M.G. and Nugteren, J. (1974) *On Irrigation Efficiencies*, ILRI publication no. 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands.

Bos, M.G. and Nugteren, J. (1990) *On Irrigation Efficiencies*, 2nd edn. ILRI publication no. 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands.

Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G. and Snellen, W.B. (1993) Methodologies for assessing performance or irrigation and drainage management. Paper presented at the *Workshop of the Working Group on Irrigation and Drainage Performance, ICID 15th International Congress*, The Hague, The Netherlands.

Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G. and Snellen, W.B. (1994) Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Irrigation and Drainage Systems* 7, 231–262.

Chambers, R. (1988) *Managing Canal Irrigation: Practical Analysis from South Asia*. Cambridge University Press, Cambridge.

Davey, C.J.N. and Rydzewski, J.R. (1981) Evaluation of water management on irrigation projects. *12th ICID Congress*, Special Session, Grenoble.

Francis, M.R.H. (1989) *Research for Rehabilitation: Study of Reliability of Water Supply to Minor Canals*. Interim report no. EX1981 (restricted circulation). Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Francis, M.R.H. and Elawad, O. (1989) Diagnostic investigations and rehabilitation of canals in the Gezira irrigation scheme, Sudan. *Asian Regional Symposium on the Modernisation and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Schemes*. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Garcés, C. (1983) A methodology to evaluate the performance of irrigation systems: application to Philippine national systems. Unpublished PhD thesis, Cornell University, Ithaca, New York.

Green, A.P.E. (1989) *A Productivity Indicator for Paddy Rice*. Report ODU 45 (Draft). Hydraulics Research, Wallingford, UK.

ICID (1978) Standards for the calculation of irrigation efficiencies. *ICID Bulletin* 27.

IIMI (1987) *Study of Irrigation Management – Indonesia*. Final report. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Ijir, T.A. and Burton, M.A. (1998) Performance assessment of the Wurno Irrigation Scheme, Nigeria. *ICID Journal* 47, 31–46.

Keller, J. (1986) Irrigation system management. In: Node, K.C. and Sampath, R.K. (eds) *Irrigation Management in Developing Countries: Current Issues and Approaches*. Studies in Water Policy and Management No. 8. Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 329–352.

Kloezen, W.H. and Garcés-Restrepo, C. (1998) *Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: the Case of the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico*. Research report 22. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Kloezen, W.H., Garcés-Restrepo, C. and Johnson, S.H. III (1997) *Impact Assessment of Irrigation Management Transfer in the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico*. Research report 15. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Lenton, R.L. (1984) A note on monitoring productivity and equity in irrigation systems. In: Pant, N. (ed.) *Productivity and Equity in Irrigation Systems*. Ashish Publishing House, New Delhi.

Levine, G. (1982) *Relative Water Supply: An Explanatory Variable for Irrigation Systems*. Technical report no. 6. Cornell University, Ithaca, New York.

Makin, I.W., Goldsmith, H. and Skutsch, J.D. (1990) *Ongoing Performance Assessment – a Case Study of Kraseio Project, Thailand*. Report OD/P 96. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Mao Zhi (1989) *Identification of Causes of Poor Performance of a Typical Largesized Irrigation Scheme in South China*. ODI/IIMI Irrigation management network paper 89/1b. Overseas Development Institute, London, June.

Merriam, J.L. and Keller, J. (1978) *Farm Irrigation System Evaluation: a Guide to Management*. Utah State University, Logan, Utah.

Merriam, J.L., Shearer, M.N. and Burt, C.M. (1983) Evaluating irrigation systems and practices. In: Jensen, M.E. (ed.) *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE monograph no. 3. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan.

Molden, D.J. and Gates, T.K. (1990) Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE* 116, 804–823.

Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., de Fraiture, C. and Kloezen, W. (1998) *Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems*. Research report 20. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Murray-Rust, D.H. and Snellen, W.B. (1993) *Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*. Joint IIMI/ILRI/IHEE publication. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Perry, C.J. (1996) Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems. Mimeo, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Rao, P.S. (1993) *Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance*. IIMI research paper. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Sharma, D.N., Ramchand Oad and Sampath, R.K. (1991) Performance measures for irrigation and water delivery systems. *ICID Bulletin* 40(1), 21–37.

Tiffen, M. (1990) Variability in water supply, incomes and fees: illustrations of viscious circles from Sudan and Zimbabwe. *ODI/IIMI Irrigation Management Network Paper* 90/1b, April.

Van der Velde, E.J. (1990) Performance assessment in a large irrigation system in Pakistan: opportunities for improvement at the distributary level. Paper presented at the *FAO Regional Workshop on*

Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Bangkok, Thailand, 22–26 October.

Weller, J.A. and Payawal, E.B. (1989) *Performance Assessment of the Porac Irrigation Systems*. Report OD-P 74. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

Wijayaratne, C.M. (1986) Assessing irrigation system performance: a methodological study with application to the Gal Oya System, Sri Lanka. Unpublished PhD thesis, Cornell University, Ithaca, New York.

Wolters, W. and Bos, M.G. (1990) Irrigation performance assessment and irrigation efficiency. *1989 Annual Report*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

لیست انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره	نام کتاب
۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
۲	تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری
۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۹	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل مؤثر در آن
۱۰	آبیاری موجی
۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۱۴	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن – مانتیس
۱۷	Water and Irrigation Techincs in Ancient IRAN
۱۸	تلاش ایرانیان در تأمین و مدیریت توزیع آب
۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی

۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۲۲	مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک
۲۳	مجموعه مقالات کارگاه مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی
۲۴	معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری
۲۵	فن سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
۲۶	استفاده از آب‌های شور و لب شور برای آبیاری
۲۷	مجموعه مقالات همایش مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری
۲۸	مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری
۲۹	فرهنگ آب و آبیاری سنتی
۳۰	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۳۱	چاره آب در تاریخ فارس
۳۲	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدیریت استفاده از آب‌های شور
۳۳	جنبه‌های مالی مدیریت آب
۳۴	عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵ «سناریوها و مسائل»
۳۵	تدارک برای انجام پروژه‌های کوچک آبیاری
۳۶	خلاصه مقالات کارگاه فنی – آموزشی کم آبیاری
۳۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی – آموزشی آبیاری میکرو
۳۸	مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۳۹	مجموعه کارگاه فنی ساخت کانال‌های آبیاری، محدودیت‌ها و راه حل‌ها
۴۰	راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب

۴۱	مجموعه مقالات کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۲	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی
۴۳	مدیریت کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی
۴۴	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (جلد اول)
۴۵	انسان و آب
۴۶	چاره آب در تاریخ فارس (جلد دوم)
۴۷	استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی
۴۸	CD کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی
۴۹	راهنمای مقابله با خشکسالی
۵۰	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی کاربرد اینترنت در آبیاری
۵۱	مجموع مقالات همایش تاریخ آب و آبیاری کشور
۵۲	سومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۵۳	مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آبهای سطحی و زیرزمینی
۵۴	لوح فشرده فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی (انگلیسی- فرانسه)
۵۵	رهنمودهای انتقال مدیریت خدمات آبیاری
۵۶	راهنمای پایش و ارزشیابی انتقال مدیریت آبیاری
۵۷	زهکشی؛ کمیت و کیفیت جریان برگشتی
۵۸	واکنش گیاهان به شوری
۵۹	نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران
۶۰	برنامه‌ریزی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۱	بررسی و مقایسه تطبیقی روش پنمن ـ مانتیس با روش‌های فائو ۲۴ در ایران

۶۲	لوح فشرده نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی(نسخه شماره ۲)
۶۳	مدیریت آب در کشاورزی؛ پیامدهای اقتصادی- اجتماعی
۶۴	قیمت‌گذاری آب آبیاری: بررسی ادبیات موضوع
۶۵	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی
۶۶	لوح فشرده مجموعه مقالات کنفرانس‌های بین‌المللی
۶۷	لوح فشرده مجموعه مقالات کارگاه تخصصی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۸	استاندارد ادوات و تجهیزات آبیاری تحت فشار
۶۹	استفاده از آب‌های شور در کشاورزی پایدار
۷۰	نظریه‌ها و مدل‌های زهکشی
۷۱	مدیریت نوین آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد شبکه‌های آبیاری
۷۲	آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک, اصول و روش‌ها
۷۳	نگرشی بر روند توسعه و چشم‌انداز آبیاری تحت فشار در ایران
۷۴	مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی
۷۵	استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی
۷۶	مدیریت آب آبیاری در مزرعه
۷۷	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار برمبنای تقاضا
۷۸	تاریخ آب و آبیاری استان کرمان
۷۹	لوح فشرده مجموعه مقالات راهکارهای مدیریت خشکسالی (Workshop on Drought Management Strategies)
۸۰	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی (جلد دوم)
۸۱	مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی
۸۲	بهره‌وری آب کشاورزی

۸۳	مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸۴	نگرشی بر مسائل, مشکلات و تجربه‌های ساخت کانال‌های آبیاری در ایران
۸۵	انتخاب روش‌های آبیاری در کشاورزی
۸۶	ارزیابی شوری خاک
۸۷	لوح فشرده کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی (جلد سوم)
۸۸	مدیریت آبیاری در سامانه‌های روباز آبیاری
۸۹	مجموعه مقالات سومین کارگاه فنی زهکشی
۹۰	راهنمای ارزیابی مقایسه‌ای و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۹۱	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری
۹۲	مجموعه مقالات کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
۹۳	مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها
۹۴	نظام آبیاری سنتی در نائین
۹۵	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (جلد سوم)
۹۶	فرآیند ارزیابی سریع و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۹۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی «توانمندی‌ها و چالش‌ها»
۹۸	مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه
۹۹	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی
۱۰۰	اصول و کاربرد کم آبیاری
۱۰۱	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی (اصول و روش‌های کاربردی)
۱۰۲	پیش‌بینی و هشدار سیل
۱۰۳	راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی

۱۰۴	مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب‌ها برای آبیاری
۱۰۵	مجموعه مقالات کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۱۰۶	کاربرد ژئوسنتتیک در آبیاری و زهکشی
۱۰۷	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی زهکشی
۱۰۸	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی خرد آبیاری «توسعه و چشم‌انداز»
۱۰۹	مجموع مقالات کارگاه فنی مدیریت, بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۱۰	انتقال مدیریت آبیاری (مبانی و روش‌شناسی)
۱۱۱	کارآیی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای
۱۱۲	راهنمای تشخیص سریع مشارکت‌مدار و تهیه طرح اقدام برای سامانه‌های آبیاری
۱۱۳	مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۱۴	**Proceedings of the 4th Asian Regional Conference and 10th International Seminar on Participator Irrigation Management**
۱۱۵	**Proceedings of the International History Seminar on Irrigation and Drainage**
۱۱۶	**Water and Irrigation Techniques in Ancient Iran**
۱۱۷	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی اتوماسیون (خودکارسازی) سامانه‌های آبیاری تحت فشار
۱۱۸	مدیریت زهاب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک

Irrigation and Drainage Performance Assessment

Practical Guidelines

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

Working Group on "Irrigation and Drainage Performance"

Translated By:

D. Bahredar ***N. Borhan***
A. Ghaheri ***E. Farhadi***
M. Ehsani ***M. Asnaashari***
A. Zolfaghari ***H. Gharavi***
M. Gh. Razmjo

Irrigation and Drainage Performance Assessment

Practical Guidelines

M.G. Bos
International Institute for Land Reclamation and Improvement
Wageningen, The Netherlands

M.A. Burton
ITAD~Water
Hove, UK
and

D.J. Molden
International Water Management Institute
Colombo, Sri Lanka

This book is the result of long-term cooperation between the members of the ICID Working Group on Performance Assessment of Irrigation and Drainage.

The members of the Working Group were:
Dr M.G. Bos, Chairman (The Netherlands)
Dr Fatma Abdel-Rahman Attia (Egypt)
Dr M.N. Bhutta (Pakistan)
Professor N. Borin (Italy)
Dr R.A.L. Brito (Brazil)
Dr M.A. Burton (UK)
Mr J. Chambouleyron (Argentina)
Mr Lee Chang Chi (Taiwan RoC)
M.J.F. Metzger (Canada)
Dr D.J. Molden (USA)
Dr B. Molle (France)
Mr J.A. Ortiz F.-Urrutia (Spain)
Mr J. Plantey (France)
Dr Sang Hyun Park (South Korea)
Dr T. Watanabe (Japan)
Mr G.J. Wright (Australia)
Dr J. Yang (P.R. China)
Mr I. Makin for IWMI (Sri Lanka)

The authors can be reached at the following institutions:

International Institute for Land Reclamation and Improvement Alterra-ILRI,
PO Box 47, 6700 AA Wageningen,
The Netherlands
www.ilri.nl

ITAD~Water Ltd, 12 English Business Park,
English Close, Hove,
West Sussex BN3 7ET, UK
www.itad.com

International Water Management Institute,
PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka
www.iwmi.cgiar.org

Irrigation and Drainage Performance Assessment

Practical Guidelines

International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)
International Water Management Institute (IWMI)

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

شابک: ۲-۷۱-۶۶۶۸-۹۶۴
ISBN: 964-6668-71-2
Publication Issue: 103
2008

ICID.CIID

IWMI International Water Management Institute