

مبانی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی (بهره‌برداری و نگهداری)

تألیف:

کامران داوری، محمد سالاریان

| | |
|---------------------|---|
| عنوان و نام پدیدآور | : میان‌مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی (بهره‌برداری و نگهداری) / |
| مشخصات نشر | : تألیف: کامران داوری، محمد سالاریان . |
| مشخصات ظاهری | : مشهد: جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۳ . |
| فروست | : ۳۶۰ ص. : مصور، جدول، نمودار . |
| شابک | : انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد؛ ۵۰۲: کشاورزی؛ ۲۰۸ . |
| وضعیت فهرست نویسی | : ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۳۲۴-۱ |
| یادداشت | : فیپا . |
| موضوع | : کتابنامه: ص. : ۳۴۸ - [۳۵۰] |
| موضوع | : زهکشی -- مدیریت . |
| موضوع | : آبیاری -- مدیریت . |
| موضوع | : آبیاری -- مهندسی -- ارزشیابی . |
| شناسه افزوده | : داوری، کامران، نویسنده . |
| شناسه افزوده | : سالاریان، محمد، نویسنده همکار. |
| رده بندی کنگره | : ۱۳۹۳؛ ۲۲ م / TC ۸۱۲ |
| رده بندی دیوئی | : ۶۲۷ / ۵۲ |



انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

مشهد میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی، سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی مشهد

ص. پ. ۱۳۷۶-۹۱۷۷۵ تلفن ۳۸۸۳۲۳۶۷ مرکز پخش ۳۸۸۴۲۲۳۰

E-mail: info@jdmpress.com www.jdmpress.com

مبانی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی

تألیف: کامران داوری، محمد سالاریان

حروفچینی: واژگان خرد / لیتوگرافی: مشهد اسکر / چاپ و صحافی: دانشگاه فردوسی

چاپ اول زمستان ۱۳۹۳ / ۱۱۰۰ نسخه / شماره نشر ۵۰۲

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۳۲۴-۱ ISBN: 978-964-324-324-1

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت همراه با DVD: ۲۱۰,۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

کتاب بزرگترین دستاورد فرهنگی بشر است. دانش بشری مدیون هزاران هزار کتابی است که در طول تاریخ با رنج و تلاش فراوان گرد آمده‌اند. کتاب تداوم معرفت علمی انسان است که سرانجام به تراکم دانش و بروز دگرگونی‌های تمدنی می‌انجامد.

جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر پانصد و دومین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

فهرست

| | |
|--|----|
| پیشگفتار و ساختار کتاب..... | ۱۲ |
| ۱ مقدمه | ۱۳ |
| توسعه‌ی تاریخی آبیاری و زهکشی..... | ۱۳ |
| توسعه‌ی منابع آب و تحولات مدیریتی..... | ۱۶ |
| سناریوهای آینده..... | ۲۱ |
| راه فرار و..... | ۲۲ |
| تعاریف و اصطلاحات کاربردی..... | ۲۷ |
| مسائل..... | ۳۱ |
| ۲ اجزای شبکه‌های آبیاری و زهکشی | ۳۲ |
| قلمرو فنی..... | ۳۵ |
| قلمرو نهادی..... | ۳۷ |
| قلمرو اقتصادی..... | ۴۲ |
| قلمرو اجتماعی..... | ۴۳ |
| قلمرو محیط‌زیستی..... | ۴۴ |
| مراحل توسعه..... | ۴۸ |
| طرح‌ریزی..... | ۴۸ |
| طراحی..... | ۴۹ |
| ساخت..... | ۵۰ |
| بهره‌برداری..... | ۵۱ |
| نگهداری و مدیریت اموال..... | ۵۲ |
| بازسازی..... | ۵۳ |
| انتخاب سیستم آبیاری..... | ۵۳ |
| انتخاب سیستم‌های آبیاری..... | ۵۴ |
| مسائل..... | ۵۴ |

| | |
|-----|--|
| ۵۸ | کلیات مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی |
| ۵۹ | وظایف مدیریت |
| ۶۰ | چارچوب مدیریت |
| ۶۰ | ساختار مدیریتی در رده‌های بالاتر |
| ۶۱ | نقش مدیریت در سطوح ملی و منطقه‌ای |
| ۶۲ | نقش مدیریت شبکه اصلی |
| ۶۳ | ساختار مدیریتی در سطح واحد درجه سه (درون مزرعه) |
| ۶۴ | ساختار مدیریتی در سطح قطعه آبیاری |
| ۶۴ | هدف‌گذاری |
| ۶۷ | کارکردهای اساسی مدیریت در بهره‌برداری و نگهداری شبکه |
| ۶۸ | طرح‌ریزی و مدیریت آب تحویلی |
| ۷۱ | طرح‌ریزی و مدیریت عملیات نگهداری |
| ۷۳ | اطلاعات مدیریتی و سیستم‌های اطلاعات |
| ۷۴ | حسابداری و امور مالی |
| ۷۶ | تأمین‌کننده خدمات |
| ۷۷ | انجمن آب‌بران |
| ۸۰ | برنامه‌ریزی مالی |
| ۸۶ | توسعه منابع انسانی |
| ۸۷ | امور اداری |
| ۸۷ | مسائل حقوقی |
| ۸۸ | روابط عمومی |
| ۸۹ | مسائل |
| ۹۰ | ۴ سنجش آب |
| ۹۱ | روش‌های ساده سنجش آب آبیاری |
| ۹۳ | سنجش دقیق آب آبیاری: در انهار |
| ۹۸ | سرریز |
| ۱۰۳ | روزنه |
| ۱۰۵ | دریچه |
| ۱۰۶ | دریچه‌های کشویی |
| ۱۰۸ | دریچه قطاعی |
| ۱۰۹ | آبگیر ساده |

۱۱۰..... آبگیر با سرریز.....

۱۱۱..... آبگیر روزنه‌ای با بار ثابت (CHO).....

۱۱۳..... آبگیر سنجشی.....

۱۱۷..... آبگیر نیرپیک.....

۱۲۱..... دریچه‌های کنترل خودکار سطح آب.....

۱۲۲..... دریچه آمیل.....

۱۲۳..... دریچه‌های آویو و آویس.....

۱۲۵..... چرخ دتریح.....

۱۲۶..... آبگیرهای خودکار الکترونیکی.....

۱۲۷..... مسائل.....

۵ بهره‌برداری شبکه‌های فرعی آبیاری (مزرعه)

۱۲۸..... مدیریت درون مزرعه.....

۱۲۹..... تشخیص نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی در مزرعه.....

۱۳۱..... نفوذ آب به خاک.....

۱۳۴..... ترکیب محصولات.....

۱۳۵..... تبخیر تعرق.....

۱۳۶..... ضریب گیاهی (Kc).....

۱۴۳..... بازده، یکنواختی و کفایت آبیاری.....

۱۴۴..... تعیین نیاز آبیاری بر مبنای بیلان آب.....

۱۴۸..... کاهش ظرفیت شبکه براساس بیلان رطوبتی خاک.....

۱۵۳..... تعیین زمان آبیاری.....

۱۵۴..... آستانه تخلیه مجاز مدیریتی (MAD).....

۱۵۴..... برآورد رطوبت خاک براساس مقادیر تبخیر و تبخیر تعرق.....

۱۵۶..... شاخص‌های تنش آبی.....

۱۵۸..... آستانه شوری.....

۱۵۹..... کاربرد مدل رشد محصول براساس زمان واقعی.....

۱۶۱..... سیستم‌هایی با عمق آبیاری زیاد.....

۱۶۱..... تداخل آبیاری و بارندگی.....

۱۶۲..... محصولات مختلف در مزرعه واحد.....

۱۶۲..... کم آبیاری.....

۱۶۴..... توابع تولید.....

۱۶۸..... برنامه‌ریزی.....

| | |
|------------------------|-----|
| استفاده از آب شور..... | ۱۷۰ |
| منابع آب آبیاری..... | ۱۷۰ |
| ملاحظات مکانی..... | ۱۷۰ |
| انتخاب گیاه زراعی..... | ۱۷۱ |
| روش‌های مدیریتی..... | ۱۷۱ |
| مدیریت خشکسالی..... | ۱۷۲ |
| مسائل..... | ۱۷۵ |

۶ بهره‌برداری شبکه‌های اصلی آبیاری.....

| | |
|---|-----|
| فرایندهای بهره‌برداری از شبکه اصلی..... | ۱۷۷ |
| برنامه زمانی عرضه آب آبیاری..... | ۱۸۳ |
| برنامه زمانی عرضه ثابت..... | ۱۸۶ |
| برنامه زمانی عرضه متغیر..... | ۱۸۶ |
| تقاضا..... | ۱۸۹ |
| توافقی..... | ۱۸۹ |
| پیاده‌سازی برنامه زمانی آبیاری..... | ۱۹۰ |
| تدوین برنامه زمانی عرضه آب در شبکه..... | ۱۹۳ |
| برنامه زمانی عرضه آب درون مزرعه..... | ۱۹۵ |
| سیستم‌های کنترلی..... | ۱۹۶ |
| چرخه‌های کنترل..... | ۱۹۷ |
| سازه‌ها و تجهیزات شبکه‌ها..... | ۱۹۸ |
| سیستم‌های کنترلی کانال‌ها..... | ۱۹۸ |
| کنترل مرکزی..... | ۲۰۵ |
| سیستم‌های حسب تقاضا در کانال‌های شیب‌دار..... | ۲۰۶ |
| تنظیم کانال‌ها..... | ۲۰۷ |
| انعطاف‌پذیری سازه‌های کنترل..... | ۲۱۱ |
| مثال‌های فرایند بهره‌برداری از شبکه اصلی..... | ۲۱۲ |
| روش نوبتی برای توزیع و تخصیص آب..... | ۲۱۳ |
| توزیع چرخشی..... | ۲۱۶ |
| جمع‌آوری داده، پردازش و تجزیه و تحلیل آن..... | ۲۱۷ |
| روش نسبت مساحت برای توزیع و تخصیص آب..... | ۲۱۸ |
| جمع‌آوری داده، پردازش و تجزیه و تحلیل آن..... | ۲۲۰ |
| کاربرد نقشه‌های نموداری..... | ۲۲۲ |
| مسائل..... | ۲۲۳ |

| | |
|-----|---|
| ۲۲۵ | بهره‌برداری و نگهداری ایستگاه‌های پمپاژ |
| ۲۲۶ | پمپ‌های جنبشی |
| ۲۲۹ | پمپ‌های جریان شعاعی |
| ۲۳۰ | کاویتاسیون (خلأزایی) |
| ۲۳۱ | بار مکش مثبت خالص (NPSH) |
| ۲۳۳ | توان و بازده پمپ |
| ۲۳۵ | انتخاب پمپ مناسب |
| ۲۳۹ | اصول نگهداری پمپ‌ها |
| ۲۴۱ | نصب پمپ‌های توربینی (شافت و غلاف‌دار) |
| ۲۴۲ | نصب پمپ‌های شناور (مستغرق) |
| ۲۴۳ | نصب پمپ‌های ملخی |
| ۲۴۴ | نکات عمومی برای نصب پمپ‌ها |
| ۲۴۴ | نصب لوله مکش |
| ۲۴۵ | نصب لوله رانش |
| ۲۴۵ | کار با موتور پمپ‌ها |
| ۲۴۸ | عیب‌یابی و رفع عیب |
| ۲۴۸ | برخی پمپ‌های ساخته شده در ایران |
| ۲۴۸ | پیوست: مثال انتخاب پمپ در نرم‌افزار پمپیران |
| ۲۵۳ | مسائل |

| | |
|-----|---|
| ۲۵۴ | ۸ نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی |
| ۲۵۴ | نیاز به نگهداری |
| ۲۵۷ | اهداف نگهداری |
| ۲۵۸ | طبقه‌بندی نگهداری |
| ۲۵۸ | نگهداری مستمر |
| ۲۵۸ | نگهداری دوره‌ای |
| ۲۵۹ | نگهداری سالانه |
| ۲۵۹ | نگهداری اضطراری |
| ۲۶۰ | نگهداری تأخیری |
| ۲۶۱ | نگهداری پیشگیرانه |
| ۲۶۱ | چرخه نگهداری |
| ۲۶۱ | بازرسی |

| | |
|-----|--|
| ۲۶۲ | بازرسی مستمر |
| ۲۶۴ | بازرسی سالانه و فصلی |
| ۲۶۴ | گزارش دهی |
| ۲۶۶ | اندازه‌گیری و برآورد هزینه نگهداری |
| ۲۶۷ | تنظیم بودجه، اولویت‌بندی و طرح‌ریزی عملیات نگهداری |
| ۲۷۲ | قرارداد نگهداری |
| ۲۷۳ | اجرا و نظارت بر نگهداری |
| ۲۷۴ | کنترل و پرداخت هزینه‌ها |
| ۲۷۴ | مستندسازی |
| ۲۷۵ | جمع‌بندی |
| ۲۷۶ | ماشین‌آلات و تجهیزات نگهداری |
| ۲۸۱ | فرایند مدیریت اموال |
| ۲۸۶ | بایگانی و پایگاه داده |
| ۲۸۶ | ارزیابی کارایی (PERFORMANCE) اموال |
| ۲۸۸ | توافق بر استانداردها و سطوح ارائه خدمات |
| ۲۸۹ | مطالعات مهندسی و برآورد هزینه‌ها |
| ۲۹۴ | ارزیابی تمایل و توانایی آبریان در پرداخت پر دازه |
| ۲۹۴ | پیاده‌سازی طرح مدیریت اموال |
| ۲۹۴ | نگهداری از پایگاه داده اموال/ بایگانی |
| ۲۹۴ | پایش ارائه سرویس دهی |
| ۲۹۵ | مسائل |

| | |
|-----|--|
| ۲۹۶ | ۹ ارزیابی کارایی و پایش شبکه‌های آبیاری و زهکشی |
| ۲۹۷ | چارچوب ارزیابی کارایی |
| ۲۹۸ | گام اول: هدف و دامنه |
| ۲۹۹ | هدف ارزیابی |
| ۳۰۰ | نوع ارزیابی |
| ۳۰۰ | مقایسه کارایی شبکه‌ها |
| ۳۰۳ | گستره و مرز |
| ۳۰۴ | گام دوم: طرح‌ریزی و طراحی «برنامه ارزیابی کارایی» |
| ۳۰۴ | معیارهای ارزیابی و اهداف پروژه |
| ۳۰۷ | نشانگرهای کارایی |
| ۳۰۸ | داده‌های مورد نیاز |

| | |
|-----|---|
| ۳۰۹ | جمع‌آوری داده (چه کسی؟ چگونه؟ کجا؟ چه زمانی؟) |
| ۳۱۰ | گزارش‌دهی |
| ۳۱۱ | پیاده‌سازی |
| ۳۱۲ | خروجی نهایی |
| ۳۱۲ | اقدامات بیشتر |
| ۳۱۳ | ارزیابی کارایی در سطوح مختلف |
| ۳۱۳ | بخش‌های مصرف‌کننده آب |
| ۳۱۴ | شمای آبیاری و زهکشی |
| ۳۱۴ | شبکه اصلی |
| ۳۱۸ | پایش و ارزشیابی |
| ۳۲۳ | چارچوب منطقی |
| ۳۲۴ | شناسایی گروه هدف |
| ۳۲۴ | تدوین اهداف |
| ۳۲۵ | تشریح ستانده‌ها |
| ۳۲۵ | تشریح فعالیت‌ها |
| ۳۲۵ | تشریح نهاده‌ها |
| ۳۲۶ | بررسی شرایط پیرامونی، مفروضات و ریسک‌ها |
| ۳۲۶ | چارچوب نتایج |
| ۳۲۸ | قیاس‌گیری (BENCHMARKING) |
| ۳۳۱ | گام‌های قیاس‌گیری |
| ۳۳۶ | نمونه‌ای از استرالیا |
| ۳۳۷ | پیاده‌سازی قیاس‌گیری |
| ۳۳۷ | انگیزش برای انجام قیاس‌گیری |
| ۳۳۹ | اهداف قیاس‌گیری |
| ۳۳۹ | محدوده و مرز |
| ۳۴۰ | برنامه‌ریزی |
| ۳۴۰ | نشانگرهای کارایی |
| ۳۴۰ | جمع‌آوری داده |
| ۳۴۳ | مسائل |
| ۳۴۸ | منابع |
| ۳۵۱ | واژه‌نامه |
| ۳۵۴ | پیوست ۱: جدول مشخصات سازه‌های سنجش آب |

پیشگفتار و ساختار کتاب

گرچه برای کنترل بحران آب و جلوگیری از فرو افتادن بیشتر آب‌های زیرزمینی راه‌حلی به‌جز کاهش برداشت‌ها نیست، اما در پاسخ به تقاضای روزافزون آب (در شرایط کمیابی آب) بایستی مصارف بهینه گردند. در کشور ما بیش از ۹۰٪ از آب به‌صورت تبخیر و تعرق در کشاورزی و فضاهای سبز شهری به مصرف می‌رسد. بنابراین مدیریت برداشت (Withdrawal)، کاربرد (Use) و مصرف (Consumption) آب در بخش کشاورزی نقش بسیار مهمی در این شرایط دارد.

تمرکز دروس دوره‌ی کارشناسی علوم و مهندسی آب بر کاربرد آب در مزرعه بوده است. خوشبختانه در برنامه‌ی اخیر این رشته، درسی تحت عنوان «مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی» به ارزش ۲ واحد نظری آمده است. همچنین در برنامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی درسی با عنوان «مدیریت و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی» به ارزش ۳ واحد نظری وجود دارد. گرچه هر دو درس اختیاری می‌باشند ولی گرایش روزافزون در ارائه این دروس در دانشگاه‌های معتبر کشور به چشم می‌خورد. کتاب حاضر به مسائل ذریبط این دو درس پرداخته و حتی در فصل ۹ به مباحث ارزیابی شبکه‌ها نیز توجه شده است. نکته مهم در این است که ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی صرفاً تابع بهبود کاربرد آب در مزرعه نیست بلکه در نگاه کلان به‌مقدار زیادی در گرو وضعیت شبکه (Network) و شمای (Scheme) آبیاری است. حتی در درازمدت پایداری یک سیستم کشاورزی فاریاب وابسته به وضعیت اکوسیستم و محیط‌زیست پیرامون آن، حاصل‌خیزی خاک و پایداری کیفی و کمی منابع آب است.

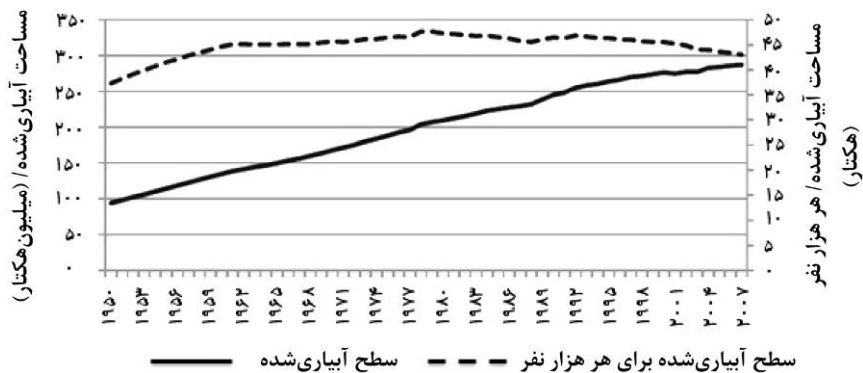
این کتاب به مباحث فوق پرداخته و از این بابت خلأ موجود در بازار کتاب را جبران نموده است. تلاش شد تا در این نگارش از کتاب کاستی‌ها و ایرادات تاجای ممکن رفع شود. امّا، نگارندگان مدعی نیستند که کتاب از کاستی و ایراد خالی باشد. بسیار سپاسگزار خواهیم شد اگر خوانندگان محترم ما را از هر ایرادی که ببینند و یا هر کمبودی که احساس کنند مطلع نمایند. انشاءالله در ویرایش‌های بعدی سعی خواهد شد نظرات خوانندگان محترم لحاظ گردد. ضمناً منابع مورد نیاز برای دانشجویان (اعم از استانداردها، کتب و ...) در یک لوح فشرده پیوست کتاب گردیده است.

مقدمه

این بخش از کتاب در مورد توسعه‌ی تاریخی آبیاری و فشارهایی که این توسعه بر منابع آبی جهان به‌جای گذاشته مطالبی را ارائه می‌نماید. به‌علاوه، مسائلی که آبیاری با آن مواجه است و نیز توسعه‌ی منابع آب در اثر توسعه آبیاری بحث شده و نقشی که مدیریت آبیاری می‌تواند در حل این مسائل ایفا کند به‌طور مختصری شرح داده شده است.

توسعه‌ی تاریخی آبیاری و زهکشی

طی شش دهه‌ی گذشته، مساحت اراضی فاریاب در سراسر جهان سه برابر شده و از ۹۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۵۰ به بیش از ۲۸۷ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۷ رسیده است (شکل ۱-۱). با وجود این افزایش قابل توجه، سرانه مساحت فاریاب دنیا به‌میزان ناچیزی تغییر کرده است. یعنی از ۳۷٫۳ هکتار برای هر هزار نفر در سال ۱۹۵۰ به ۴۳٫۰ هکتار برای هر هزار نفر در سال ۲۰۰۷ تغییر کرده که نقطه‌ی اوج آن در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ با میزان ۴۷٫۶ هکتار برای هر هزار نفر بوده است.



شکل ۱-۱ رشد مساحت اراضی فاریاب در دنیا.

جدول ۱-۱ استفاده آب کشاورزی در برخی کشورها در قیاس با جمعیت، مساحت و میزان بارش متوسط سالانه

| کشور | جمعیت (۱۰۰۰ نفر) | وسعت (کیلومتر مربع) | بارندگی سالانه (میلی‌متر) | سطح آبیاری (کیلومتر مربع) | مساحت فاریاب برای هر هزار نفر (کیلومتر مربع) | اراضی فاریاب به مساحت کشور (%) |
|---------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|--|--------------------------------|
| هند | ۱۲۴۱۴۹۲ | ۳۲۸۷۲۶۳ | ۱۰۸۳ | ۵۷۲۸۶۰۰۰ | ۵۰ | ۱۷,۴ |
| چین | ۱۳۷۸۵۰۶ | ۹۵۹۸۰۹۴ | - | ۵۳۸۲۰۰۰۰ | ۴۱ | ۵,۶ |
| آمریکا | ۳۱۳۰۸۵ | ۹۶۲۹۰۹۱ | ۷۱۵ | ۲۱۴۰۰۰۰۰ | ۷۱ | ۲,۲ |
| پاکستان | ۱۷۶۷۴۵ | ۷۹۶۰۹۶ | ۴۹۴ | ۱۷۸۲۰۰۰۰ | ۱۱۱ | ۲۲,۴ |
| ایران | ۷۴۷۹۹ | ۱۶۴۸۱۹۵ | ۲۲۸ | ۸۱۳۲۰۰۰ | ۱۱۶ | ۴,۹ |
| مکزیک | ۱۱۴۷۹۳ | ۱۹۶۴۳۷۵ | ۷۵۲ | ۶۲۵۶۰۰۰ | ۵۹ | ۳,۲ |
| روسیه | ۱۴۲۸۳۶ | ۱۷۰۹۸۲۴۲ | ۴۶۰ | ۵۱۵۸۰۰۰ | ۳۶ | ۰,۳ |
| تایلند | ۶۹۵۱۹ | ۵۱۳۱۲۰ | ۱۶۲۲ | ۵۰۰۴۰۰۰ | ۷۹ | ۹,۸ |
| ترکیه | ۷۳۶۴۰ | ۷۸۳۵۶۲ | ۵۹۳ | ۴۹۸۳۰۰۰ | ۶۷ | ۶,۴ |
| اندونزی | ۲۴۲۳۲۶ | ۱۹۰۴۵۶۹ | ۲۷۰۲ | ۴۴۲۸۰۰۰ | ۱۹ | ۲,۳ |
| ازبکستان | ۲۷۷۶۰ | ۴۴۷۴۰۰ | ۲۰۶ | ۴۲۲۳۰۰۰ | ۱۵۷ | ۹,۴ |
| ایتالیا | ۶۰۷۸۹ | ۳۰۱۳۱۸ | ۸۳۲ | ۳۹۷۳۰۰۰ | ۶۸ | ۱۳,۲ |
| بنگلادش | ۱۵۰۴۹۴ | ۱۴۳۹۹۸ | ۲۶۶۶ | ۳۷۵۱۰۰۰ | ۲۴ | ۲۶,۰ |
| قزاقستان | ۱۶۲۰۷ | ۲۷۲۴۹۰۰ | ۲۵۰ | ۳۵۵۶۰۰۰ | ۲۳۲ | ۱,۳ |
| مصر | ۸۲۵۳۷ | ۱۰۰۲۰۰۰ | ۵۱ | ۳۴۲۲۰۰۰ | ۴۶ | ۳,۴ |
| افغانستان | ۳۲۳۵۸ | ۶۵۲۰۹۰ | ۳۲۷ | ۹۱۹۹۰۰۰ | ۱۲۳ | ۱۴,۱ |
| ژاپن | ۱۲۶۴۹۷ | ۳۷۷۸۷۳ | ۱۶۶۸ | ۳۱۲۸۰۰۰ | ۲۴ | ۸,۳ |
| ویتنام | ۸۸۷۹۲ | ۳۳۱۶۸۹ | ۱۸۲۱ | ۳۰۰۰۰۰۰ | ۳۵ | ۹,۰ |
| برزیل | ۱۹۶۶۵۵ | ۸۵۱۴۸۷۷ | ۱۸۷۲ | ۲۸۷۰۰۰۰ | ۱۵ | ۰,۳ |
| اوکراین | ۴۵۱۹۰ | ۶۰۳۷۰۰ | ۵۶۵ | ۲۶۰۵۰۰۰ | ۵۶ | ۴,۳ |
| استرالیا | ۲۲۶۰۶ | ۷۶۹۲۰۲۴ | ۵۳۴ | ۲۵۴۵۰۰۰ | ۱۲۵ | ۰,۳ |
| سودان | ۴۴۶۳۲ | ۱۸۶۱۴۸۴ | ۴۱۶ | ۱۸۶۳۰۰۰ | ۴۹ | ۱,۰ |
| یونان | ۱۱۳۹۰ | ۱۳۱۹۵۷ | ۶۵۲ | ۱۵۹۴۰۰۰ | ۱۴۳ | ۱۲,۱ |
| فیلیپین | ۸۶۲۶۴ | ۳۰۰۰۰۰ | ۲۳۴۸ | ۱۵۵۰۰۰۰ | ۱۸ | ۵,۲ |
| آفریقای جنوبی | ۵۰۴۶۰ | ۱۲۲۱۰۳۷ | ۴۹۵ | ۱۴۹۸۰۰۰ | ۳۱ | ۱,۲ |
| نیپال | ۳۰۴۸۶ | ۱۴۷۱۸۱ | ۱۵۰۰ | ۱۱۳۴۰۰۰ | ۴۱ | ۷,۷ |
| قرقیزستان | ۵۳۹۳ | ۱۹۹۹۵۱ | ۵۳۳ | ۱۰۷۷۰۰۰ | ۲۰۵ | ۵,۴ |
| رومانی | ۲۱۴۳۶ | ۲۳۸۳۹۱ | ۶۳۷ | ۸۰۸۰۰۰ | ۳۸ | ۳,۴ |
| پرتغال | ۱۰۶۹۰ | ۹۲۰۹۰ | ۸۵۴ | ۶۱۷۰۰۰ | ۵۸ | ۶,۷ |
| ونزوئلا | ۲۹۴۳۷ | ۹۱۲۰۵۰ | ۱۸۷۵ | ۵۷۰۰۰۰ | ۲۱ | ۰,۶ |
| مالزی | ۲۸۸۵۹ | ۳۲۹۸۴۷ | ۲۸۷۵ | ۳۶۳۰۰۰ | ۱۴ | ۱,۱ |
| سنگال | ۱۲۷۶۸ | ۱۹۶۷۲۲ | ۶۸۶ | ۱۲۰۰۰۰ | ۱۰ | ۰,۶ |
| کنیا | ۴۱۶۱۰ | ۵۸۰۳۶۷ | ۶۳۰ | ۱۰۳۰۰۰ | ۳ | ۰,۲ |

جدول ۱-۱ مساحت اراضی فاریاب، جمعیت، مساحت فاریاب برای هر هزار نفر و درصد مساحت فاریاب به مساحت کل کشور را در برخی از کشورها نشان می‌دهد. مساحت اراضی فاریاب دنیا به‌طور عمده در ۴۲ کشور متمرکز بوده که ۸۶٪ از کل اراضی فاریاب دنیا را شامل می‌شود. با توجه به این جدول، هندوستان (۵۷,۳ میلیون هکتار)، چین (۵۳,۸ میلیون هکتار)، ایالات متحده آمریکا (۲۱,۴ میلیون هکتار) و پاکستان (۱۷,۸ میلیون هکتار) بیشترین اراضی فاریاب را دارند. این چهار کشور هر کدام سطح آبیاری‌شده‌ی قابل ملاحظه‌ای از ۱۷ تا ۵۷ میلیون هکتار دارند. در حالی که ۲۱ کشور دیگر دارای مساحت آبیاری‌شده‌ای برابر و کمتر از ۸ میلیون هکتار (با مساحت متوسط فاریاب ۴ میلیون هکتار) می‌باشند. عموماً

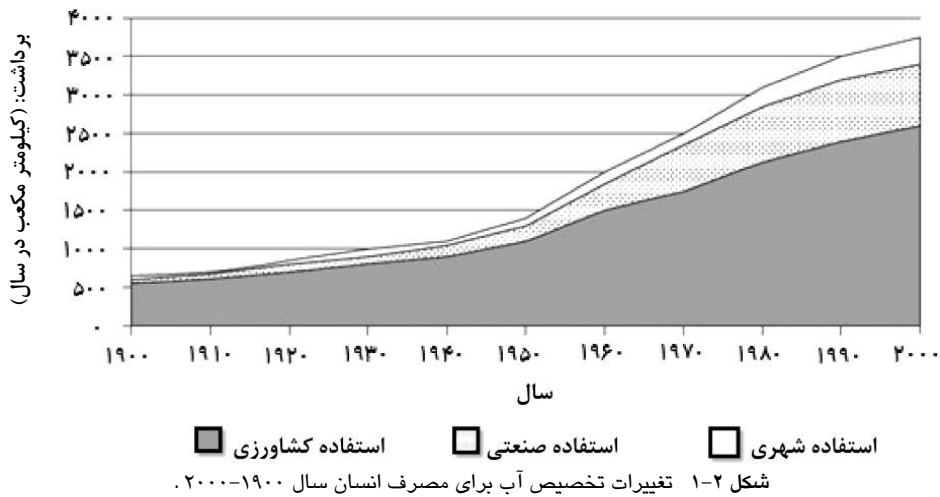
سطح پایین توسعه‌ی آبیاری در برخی از کشورهای واقع در جنوب صحرای آفریقا را می‌توان از داده‌های جدول مربوط به کشورهای کنیا و سنگال ملاحظه نمود.

گزارش با ارزشی در ارتباط با موقعیت فعلی توسعه‌ی کشاورزی فاریاب و منابع آب توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب^۱، منتشر شده است. این گزارش شامل ارزیابی جامع مدیریت آب کشاورزی بود که تحت نظر IWMI و با همکاری تعدادی از سازمان‌های دیگر از جمله گروه مشاورین بین‌الملل در تحقیقات کشاورزی^۲ و سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد^۳ انجام شد. ارزیابی فوق آشکار کرد که همچنان کشاورزی با مصرف سهمی معادل ۷۱٪ از تمام برداشت‌های منابع آب بشر از بزرگترین مصرف‌کننده‌ی آب می‌باشد، در حالی که مصارف آب در صنعت ۱۸٪ و شهری تنها ۸٪ می‌باشد. روی هم رفته، در سال ۲۰۰۰، حدود ۳۸۰۰ کیلومتر مکعب آب (۱۰^۹ متر مکعب) از منابع آب (سطحی و زیرزمینی) برداشت شده است که تقریباً ۲۷۰۰ کیلومتر مکعب آن برای کشاورزی فاریاب اختصاص داده شده بود. از کل آب برداشت شده ۲۰٪ از آب‌های زیرزمینی بوده است.

شکل ۲-۱ رشد شدید آب برداشتی برای استفاده‌های مختلف، و تفاوت میان آنها را نشان می‌دهد. مقدار کل آب برداشت‌شده از حدود سالانه ۱۴۰۰ کیلومتر مکعب در سال ۱۹۵۰ به حدود سالانه ۳۸۰۰ کیلومتر مکعب در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نسبت استفاده‌های شهری و صنعتی با تغییر الگوی مصرف شهروندان (متناسب با جابجایی نوع زندگی روستایی به شهری و افزایش سطح رفاه) تغییر کرده است. این تغییر در الگوی مصرف روستایی - شهری پیامدهای مهمی در توسعه کشاورزی فاریاب (برای تولید غذای بیشتر) دارد. به علاوه، جمعیت شهری با آهنگ رشد اقتصادی افزایش یافته و نسبت جمعیتی در بخش کشاورزی (فاریاب و دیم) کاهش یافته است. همزمان تقاضا برای استفاده‌های آب خانگی به دلیل رشد جمعیت شهری و نیز تغییر الگوی مصرف افزایش یافته است. همچنین، تقاضا برای استفاده در بخش‌های صنعت و خدمات که فراهم‌کننده‌ی کار برای این جمعیت می‌باشند نیز افزایش می‌یابد. توجه و حمایت سیاستمداران از روی تقاضای آب شهری و صنعتی تعادل تخصیص آب را دگرگون کرده است.

در ارزیابی انجام‌شده توسط IWMI افق‌های امیدوارکننده و افق‌های نگران‌کننده‌ی گزارش گردیده است. این افق‌ها در کادرهای ۱-۱ تا ۱-۴ خلاصه شده است. در مقابل محدود افق‌های روشن، نگرانی زیادی نیز گزارش گردیده که عبارتند از: افزایش سطح آلودگی آب‌ها، کاهش جریان رودخانه‌ها، افزایش تعهدات (خارج از عهده‌ی منابع آب) در حوضه‌های آبریز، تقاضای روبه افزایش آب در بخش‌های شهری و صنعتی و کاهش سریع ذخایر آب‌های زیرزمینی.

1. International Water Management Institute: IWMI
 2. Consultative Group on International Agricultural Research
 3. Food and Agriculture Organization: FAO



کادر ۱-۱ بررسی روند موجود (افق‌های امیدوارکننده)

افق‌های امیدوارکننده

افزایش روزافزون مصرف غذا عمدتاً منجر به تغذیه بهتر و کاهش گرسنگی شده است. دریافت متوسط انرژی روزانه انسان از ۲۴۰۰ کیلوکالری در سال ۱۹۷۰ به ۲۸۰۰ کیلوکالری در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است؛ که برای تغذیه‌ی تمامی جمعیت فعلی دنیا کافی می‌باشد.

افزایش روزافزون بهره‌وری زمین و آب در چهار دهه‌ی گذشته باعث رشد تولید غلات به‌طور متوسط از ۱/۴ تن در هکتار به ۲/۷ تن در هکتار شده که یک بهبود چشمگیر در بهره‌وری آب محسوب می‌گردد.

سرمایه‌گذاری‌های جدید در مدیریت آب کشاورزی و آبیاری پتانسیلی در حمایت از رشد اقتصادی، کشاورزی و سایر بخش‌ها محسوب می‌گردد.

افزایش روند جهانی تجارت و تبادل محصولات غذایی (جریان آب مجازی) موجب امیدواری برای امنیت غذایی ملی بوده و فرصتی برای کاهش تنش‌های آبی و فشارهای موجود بر منابع آب محسوب می‌شود.

توسعه‌ی منابع آب و تحولات مدیریتی

بسیاری از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک، مانند هند و ایران، بخش کشاورزی مهمترین استفاده‌کننده‌ی آب می‌باشند که بیش از ۷۰٪ از تمام آب‌های برداشته‌شده را عمدتاً صرف آبیاری اراضی فاریاب می‌کنند. اکنون، عامل اصلی محدودکننده‌ی توسعه، «آب» (و نه زمین) می‌باشد. این محدودیت توسعه در بسیاری از حوضه‌ها به یک بن‌بست منجر شده یا به‌زودی می‌شود. شکل ۱-۳ فشار توسعه‌ی آبیاری بر منابع آبی و اقدامات نهادی متقابل برای تحمل این توسعه توسط منابع آب را نشان می‌دهد (براساس تجارب بسیاری از کشورها). در این شکل، در طی فرایند توسعه، چهار مرحله از تحولات

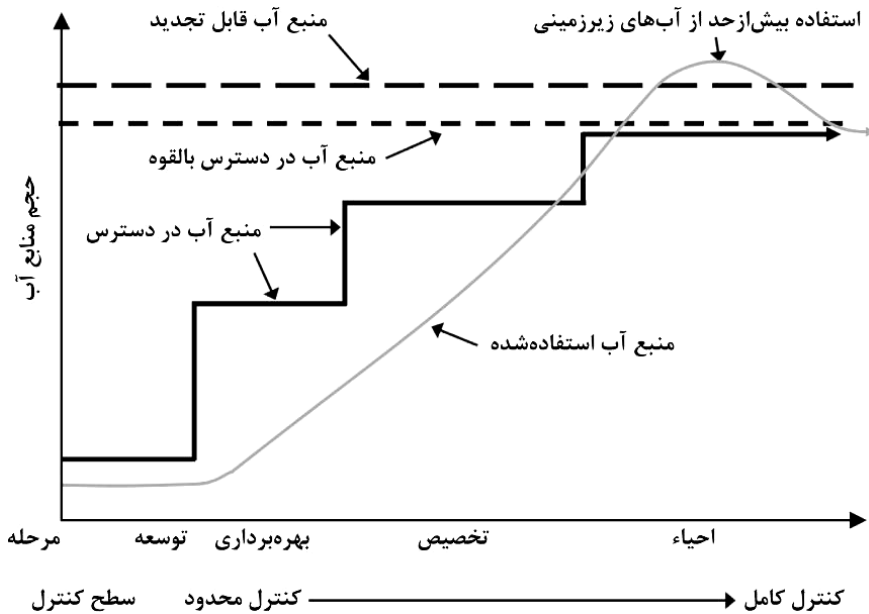
مدیریتی مشخص است: (۱) مرحله توسعه^۱؛ (۲) مرحله بهره‌برداری^۲؛ (۳) مرحله تخصیص^۳؛ و (۴) مرحله احیاء^۴.

کادر ۱-۲ بررسی روند موجود (افق‌های نگران‌کننده)

جمعیت دارای سوءتغذیه دنیا در سال‌های آینده همچنان حدود ۸۵۰ میلیون نفر باقی‌مانده است. در سال ۲۰۰۰، عرضه متوسط سرانه انرژی روزانه (مصرف غذا) در جنوب آسیا ۲۴۰۰ کیلوکالری و جنوب صحرای آفریقا ۲۲۰۰ کیلوکالری بوده که بسیار پایین‌تر از متوسط جهانی، ۲۸۰۰ کیلوکالری، است و احتمال بهبود سریع آن نمی‌رود. مصرف آب برای تولید بیشتر محصولات کشاورزی موجب آلودگی و کاهش جریان رودخانه‌ها می‌گردد. ماهیگیری، که اهمیت حیاتی برای مردم فقیر روستایی دارد، در اثر این روند صدمه دیده و حتی، در برخی نقاط، در معرض نابودی خواهد بود. منابع آب و خاک به علت فرسایش، آلودگی، شوری، فقر مواد مغذی و پیشروی آب‌های شور (آب دریا) در حال تخریب است. مراتع، که ثروت دامداران محسوب می‌شود، تحت اثر چرای بی‌رویه توسط خود دامداران رو به تخریب می‌باشند. منابع آب در بسیاری از حوضه‌های آبریز تحت مدیریت ضعیف و تعهدات خارج از عهده، توانایی تأمین تقاضاهای روزافزون را نداشته و این روند همچنان افزایشی است. کاهش سریع سطح آب زیرزمینی (در چین، هندوستان، شمال آفریقا، مکزیک، ایران و...) به‌علت استفاده بیش از حد از این منابع وقوع یافته و ادامه دارد. نهاد مدیریت آب نتوانسته است با سرعت لازم تطابق با موضوعات و شرایط جدید را کسب کند.

کادر ۱-۳ بررسی روند موجود (افق‌های دوگانه)

افزایش برداشت آب برای آبیاری در کشورهای در حال رشد گرچه برای رشد اقتصادی و کاهش فقر خوب بوده، اما برای محیط‌زیست مضر می‌باشد. یارانه، اگر خردمندانه استفاده شود، می‌تواند برای حمایت از افزایش درآمد روستاییان مفید باشد، اما می‌تواند برای وضع منابع آب و فعالیت‌های کشاورزی مضر باشد. تقاضای روبه‌افزایش برای آب شهری و صنعتی فرصت‌های شغلی و درآمدزایی به‌وجود آورده، اما در عین حال سهم آب کشاورزی را کاهش داده، فشار بر جوامع روستایی را افزایش داده و احتمالاً باعث آلودگی آب می‌شود. مصرف روبه‌ازدیاد ماهی و گوشت (در الگوی غذای مصرفی) باعث وابستگی به آبریان و تولید صنعت گوشت شده است. گرچه افزایش میزان تولید گوشت برای تغذیه و درآمد انسان‌ها مفید بوده، اما فشار بیشتری بر منابع آب و محیط‌زیست وارد نموده است.



شکل ۱-۳ توسعه منابع آب و تحولات مدیریتی.

هر کدام از این مراحل، دارای شرایط متفاوت و لذا محتاج ساختارهای نهادی مختلفی می‌باشد. در مرحله‌ی توسعه مقدار آب در دسترس هنوز دچار محدودیت نبوده و تقاضا برای مصرف آب به شدت در حال افزایش می‌باشد. در این دوره تمرکز فعالیت‌ها بر زیرساخت‌هایی برای برآوردن تقاضای مصرف، و همچنین، نهادهایی برای امر برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت پروژه‌های آبی می‌باشد. در مرحله‌ی توسعه، مهندسان آب و عمران نقش اساسی برعهده دارند. هرگاه به‌علت رشد تقاضا آب کمیاب می‌شده، مهندسان آب و عمران با ساخت زیرساخت‌های بیشتر (به‌ویژه سدها) ظرفیت منابع آب قابل بهره‌برداری را رشد می‌دهند. این مرحله با کاهش منابع باقی‌مانده برای توسعه، به تدریج آهسته و نهائماً متوقف می‌شود. بهره‌برداری، پس از تأسیس هر زیرساخت آغاز شده و هدف مهم آن استفاده حداکثر از این امکانات می‌باشد. مرحله‌ی بهره‌برداری، پس از پایان مرحله توسعه و محدود شدن تأمین منابع جدید آب از طریق فعالیت‌های ساخت‌وساز آغاز می‌شود. در این مرحله توجه روزافزون بر مدیریت آب متمرکز می‌گردد. مدیریت آب بایستی نسبت به بهینه‌سازی تخصیص منابع آب در دسترس و در عین حال حفاظت از این منابع اقدام ورزد. در این مرحله چالش اساسی نهادهای مدیریتی، رفع تعارضات میان تقاضای آب بخش‌های کشاورزی، شهری و صنعتی؛ و نیز میان واحدهای مختلف رقابت‌کننده بر سر منابع آب، می‌باشد.

کادر ۴-۱ بررسی روندهای موجود (افق‌های نوپدید و تأثیرگذار)

تغییر اقلیم الگوی توزیع مکانی و زمانی بارش‌های فصلی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. کشاورزی در بسیاری از مناطق به‌میزان زیادی تحت تأثیر این امر قرار خواهد گرفت. روند جهانی‌سازی در طولانی‌مدت ادامه می‌یابد و فرصت‌هایی برای کشاورزی تجارتي و پرمفعت فراهم می‌نماید، در عین حال چالش‌هایی برای توسعه روستایی به‌وجود می‌آورد. در اثر توسعه شهرها تقاضا برای آب افزایش می‌یابد که فاضلاب بیشتری تولید خواهد نمود، همچنین الگوی تقاضا برای محصولات کشاورزی تغییر می‌کند. تمامی این موارد بخش کشاورزی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش قیمت انرژی موجب افزایش هزینه‌های پمپاژ آب، کاربرد کودهای مورد استفاده و حمل‌ونقل می‌شود، که به‌نوبه خود افزایش هزینه تولید محصولات کشاورزی را به‌دنبال دارد. وابستگی بیشتر به بیوانرژی (Bioenergy) قیمت محصولات غذایی و آب کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. درک و تفکر در مورد آب در حال دگرگونی است. علاوه بر توجه به آب آبی (دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آبخوان‌ها)، توجه بیشتر به آب سبز (رطوبت خاک) و بهره‌وری آن خواهد شد. توجه بیشتری به اکوسیستم و نگرش‌های یکپارچه، منجر به درک اینکه چگونه عوامل خارج از حوضه آب و کشاورزی بر این دو اثر می‌گذارند، می‌شود. این درک موجب بهبود مدیریت آب خواهد شد.

توضیحات

آب «مجازی»، آبی است که برای تولید محصولات استفاده می‌شود. اگر تولید یک تن غلات نیاز به ۱۰۰۰ تن آب در دوره رشد گیاه داشته باشد، صادرات یک تن غلات معادل صادرات ۱۰۰۰ تن آب است. آب «سبز»، اصطلاحی است که برای بخشی از آب باران که در خاک (ناحیه ریشه گیاه) ذخیره شده به‌کار می‌رود. این آب، در فواصل بارش‌ها، در اثر تبخیر از سطح خاک و یا تعرق گیاهان (مراعات، مزارع فاریاب و دیم)، تخلیه می‌گردد. آب «آبی»، اشاره می‌کند به بخشی از آب باران که جاری شده (آب سطحی یا نفوذ عمیق) و نهایتاً در دریاها، مرداب‌ها و آبخوان‌ها جای می‌گیرد.

مرحله تخصیص، هنگامی که منابع آب در دسترس رو به کاهش می‌گذارند (مانند کاهش آب زیرزمینی) و میدان محدودی برای توسعه بیشتر باقی می‌ماند، شروع می‌گردد. در این مرحله تمرکز بر افزایش بهره‌وری آب بوده که در آن مدیریت تقاضا از موضوعات مهم به‌شمار می‌آید. فرصت‌های تخصیص آب بسیار محدود گشته و لذا بازتخصیص منابع آب در دسترس، از مصارف با ارزش بالاتر به پایین‌تر روشی برای افزایش بهره‌وری آب است (برای مثال: تخصیص آب با کیفیت مناسب، ابتدا به کاربرد شهری و صنعتی و سپس تصفیه آن و تخصیص به کاربردهای کشاورزی). مؤسسات اساساً درگیر موضوعاتی چون تخصیص، حل کشمکش‌ها، وضع قوانینی برای تنظیم مسئولیت‌ها، ایجاد و کنترل بازار آب، و مدیریت‌هایی از این دست می‌باشند. هماهنگی بین علایق مختلف رقابتی تبدیل به یک وظیفه مهم مدیریت آب می‌شود. تشکل‌های آب‌بران ایجاد می‌گردند و به کمک آن‌ها کشمکش‌ها رسیدگی شده و

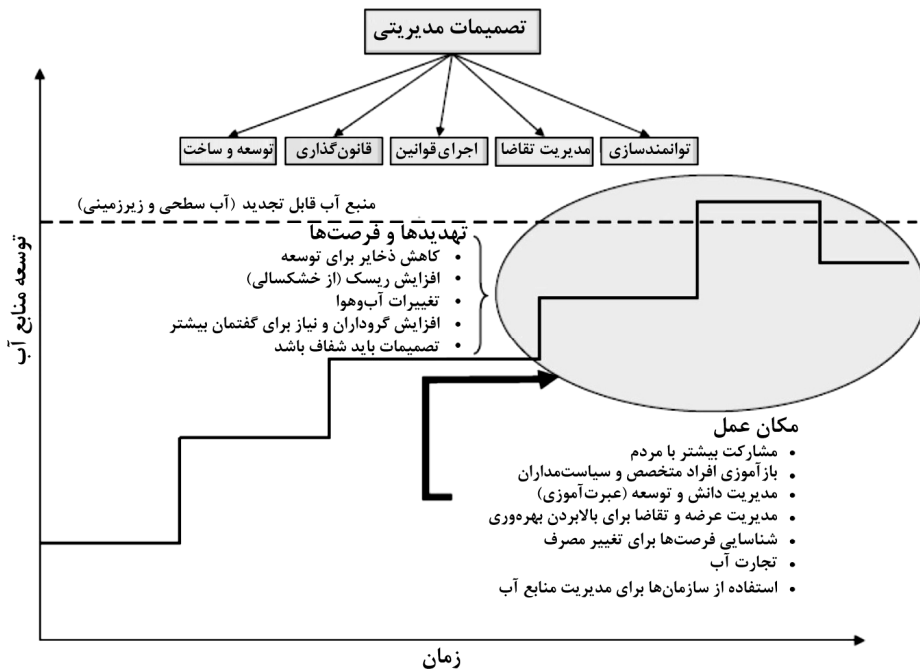
مدیریت آسان می‌گردد.

در مرحله احیاء، تلاش‌هایی برای برقراری مجدد تعادل بین منابع تجدیدپذیر و مصارف در حوضه‌ی رودخانه‌ها صورت می‌پذیرد. پس از سه مرحله فوق، در بسیاری از حوضه‌ها برداشت آب، بیش از منابع تجدیدپذیر بوده که خود موجب کاهش مستمر آب‌های زیرزمینی می‌شود. اقدامات تعادلی در این مورد می‌تواند شامل کاهش سطح اراضی فاریاب، کاهش رشد جمعیت، و محدود کردن توسعه صنعتی و شهری در حوضه‌ی رودخانه باشد. برخی اقدامات فنی، نظیر انتقال بین حوضه‌ای، نیز ممکن است در میان‌مدت چاره‌گشا باشد. راه‌حل دیگر تأکید بر تجارت آب مجازی (با هدف کاهش فشار بر منابع آب) است. راه حل برتر، اما، مدیریت تقاضا به کمک وضع قوانین و روش‌های مدیریتی می‌باشد. مسلماً، در شرایطی که بایستی تحولی عمیق برای احیاء تعادل میان منابع و مصارف شکل گیرد، جلب مشارکت‌گروداران در تصمیم‌گیری‌ها لازم است.

به‌طور کلی، در ابتدای فرایند توسعه حوضه‌ی رودخانه‌ها، تمرکز روی برنامه‌ریزی و ساخت زیرساخت‌ها، به‌منظور افزایش برداشت‌ها می‌باشد. اما با گذشت زمان و کاهش ظرفیت باقی‌مانده برای توسعه، تمرکز از ساخت به مدیریت تغییر می‌یابد. اقدامات مدیریتی ابتدا شامل مدیریت عرضه برای متناسب کردن عرضه با تقاضای در حال رشد، و سپس شامل مدیریت تقاضا برای استفاده درست از آب، می‌گردند. در این دوره، با رشد تدریجی کارایی مصارف آب، فضا برای «بهینه‌سازی تخصیص منابع» و یا «اثرگذاری اقدامات مدیریتی»، کاهش می‌یابد. همان‌طور که نمودار ارائه‌شده در شکل ۴-۱ نشان می‌دهد، با گذشت زمان، فشار بر روی منابع قابل تجدید تغییر می‌کند و خطر پیامدهای ناگوار خشکسالی‌ها افزایش می‌یابد. به‌علاوه، مدیریت از روش «بالا به پایین» به روش‌های «پایین به بالا» یا مشارکتی تغییر می‌کند. برای دستیابی به مشارکت آب‌بران، ایجاد فضای گفتگو و نیز توانمندسازی ایشان ضروری است. اهم نکاتی که برای این دوره در بخش آبیاری باید مورد توجه قرار گیرد شامل اجرای دوره‌های آموزشی^۱ و کارورزی^۲ برای آب‌بران و توزیع‌کنندگان آب و نیز اقدام برای فرهنگ‌سازی و ظرفیت‌سازی^۳ است. سایر اقدامات مورد نیاز عبارتند از: ایجاد سیستم‌های نگهداری و سامان‌دهی اطلاعات، انجام اصلاحات نهادی و بازسازی/نوسازی سازمان‌ها، و بهبود مدیریت بهره‌برداری. هدف این اقدامات کاهش برداشت‌ها، کاهش اتلاف آب، حداقل نمودن تخلیه آلاینده‌ها به منابع آب، و نهایتاً افزایش بهره‌وری آب می‌باشد.

در بسیاری از حوضه‌های آبریز دیگر منابعی برای توسعه وجود ندارد. در چنین شرایطی مدیریت منابع آب، شامل آبیاری، بایستی بهبود یابد. مدیریت خوب نیازمند داده‌های معتبر است. بسیاری از کشورها برای تقویت سیستم‌های مدیریت داده‌ها سرمایه‌گذاری‌های بیشتری، به‌ویژه در رابطه با داده‌های مرتبط به توزیع و تخصیص آب و نیز مدیریت اجرایی، در دست اقدام دارند (جداول ۲-۱ تا ۴-۱).

1. Education
2. Training
3. Capacity building



شکل ۴-۱ اقدامات مرحله‌ای در مسیر توسعه فعالیت‌ها در حوضه آبریز.

جدول ۲-۱ کاربردهای مرسوم آب

| مثال | نوع |
|------------------------------------|--|
| استفاده‌های طبیعی آب در حوضه آبریز | دریاچه‌ها/ جنگل‌ها / پوشش طبیعی |
| استفاده‌های در مسیر آنها | برق‌آبی / تفریحی / فایفرانی / ماهیگیری |
| استفاده از آب برداشتی | کشاورزی: شامل آبیاری / آب آشامیدنی / صنعتی: شامل معادن |
| استفاده‌های محیط‌زیستی | بوم‌زیست‌های تالابی، آبی، و سیلاب دشت‌ها |
| | دفع آلودگی‌های ناشی از زهکشی از حوضه |
| | رقیق‌سازی و دفع آلودگی‌ها |
| | جلوگیری از نفوذ آب‌های شور (دریا) |
| | کنترل فرسایش |

سناریوهای آینده

علاوه بر ارزیابی موقعیت کنونی، که در کادرهای ۱-۱ تا ۱-۴ خلاصه شده است، گزارش EarthScan/IWMI شامل ارزیابی جامعی با نگاه به سناریوهای آینده است. در کادر ۵-۱ نتایج ارزیابی شرایط آینده خلاصه شده است. با افزایش فشار برای تأمین غذا برخی از کشورها به دنبال توسعه اراضی فاریاب جدید خواهند بود؛ که احتمالاً بیشتر در زمین‌های مسئله‌دار (با کیفیت پایین) قرار می‌گیرند. پیامد طبیعی آن افزایش تخصیص آب خواهد شد. همچنین، تولید غذای بیشتر با آبیاری منجر به افزایش تبخیر تعرق (مصرف کشاورزی) شده و در نهایت تقاضای آب را تا حدود ۶۰٪ تا ۹۰٪ افزایش خواهد داد. این پیام روشن است که: در آینده تأمین «امنیت غذایی جهان» و در عین حال «حفظ اکوسیستم‌های آبی»،

جدول ۳-۱ استفاده‌های از اطلاعات

| نوع | مثال |
|------------------------|---|
| توسعه و برنامه‌ریزی | تدوین برنامه‌ها و آینده‌نگری |
| توزیع و تخصیص منابع آب | تصمیم‌گیری در مورد توسعه/حفاظت منابع آبی مدیریت و تخصیص منابع آب صدور مجوزها و حقایبها |
| مدیریت اجرایی | تدوین قوانین/ ضوابط ارزش‌گذاری، تعیین آب‌بهاء گفتمان و هم‌اندیشی با/ میان استفاده‌کنندگان کنترل و تنظیم جریان کنترل سیلاب‌ها و سیستم‌های حفاظت و هشدار سیل کنترل پساب‌ها |
| پژوهش | پایش و ارزیابی (برداشت‌ها، شدت تخلیه آلودگی، محیط‌زیست) مدیریت دارایی‌های زیربنایی (زیرساخت‌ها) حل کشمکش‌ها منابع آب، آبیاری، محیط‌زیست، هیدرولوژی، ... |

جدول ۴-۱ استفاده‌کنندگان از اطلاعات

| نوع | مثال |
|--------------------------|--|
| دولت | وزارت‌های مرتبط (نیرو، کشاورزی، بهداشت، محیط‌زیست، منابع طبیعی و شیلات، مدیریت و برنامه‌ریزی، و سازمان هواشناسی) قوه مقننه |
| شوراهای محلی | استانداری‌ها و فرمانداری‌ها شهرداری‌ها شوراها و انجمن‌های مرتبط با مدیریت رودخانه‌ها و حوضه‌ها، دادگاه‌ها و قضات |
| شرکت‌ها، صنوف و انجمن‌ها | صنعت (کارخانجات، خدمات، معادن، چوب، و...) انجمن‌ها (خانه کشاورز، تشکل‌های آب‌بران، هواداران محیط‌زیست و...) مراکز تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی مؤسسات حامی توسعه |
| افراد | سازمان‌های غیردولتی (مردم‌نهاد) مصرف‌کنندگان خانگی کشاورزان فاریاب دامداران/ تفریح‌کنندگان |

با توجه به منابع آبی محدود کمره‌ی زمین، نیازمند صرف منابع (منابع مالی، نیروی انسانی، ...) بسیار زیادتری برای مدیریت صحیح آب می‌باشد.

راه فرارو

افرادی که با منابع آب و توسعه آبیاری درگیر می‌باشند نیاز به تفکری گسترده‌تر و درک عمیق‌تری دارند تا استفاده‌های چندجانبه‌ی آب را در نظر گرفته و مدیریت یکپارچه منابع و مصارف را اجرا نمایند. مدیران شیماهای آبیاری دیگر قادر نخواهند بود از اثرات مخرب آبیاری بر روی طبیعت و محیط‌زیست غافل بمانند. آنها باید اثرات ناشی از برداشت آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی و نیز اثر آلوده‌کننده‌های کشاورزی

را بر اکوسیستم‌های طبیعی به حساب آورده و پایش نمایند. با درک شرایط مبتنی بر دانش، قدرتی به وجود می‌آید تا منابع برای مصارف و مصرف‌کنندگان بهتر مدیریت شود. به‌طریق‌اعلی، این توانمندی باید در دیمکاری نیز به کار برده شود، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک که کشاورزان اغلب هم کشاورزی فاریاب و هم دیمکاری دارند.

کادر ۵-۱ ارزیابی آینده

تقاضا برای غذا

در ۵۰ سال آینده تقاضا برای غذا شدیداً افزایش یافته و تقریباً به دو برابر سطح کنونی خواهد رسید. این میزان تقاضا نتیجه افزایش جمعیت و همچنین مربوط به عادات غذایی به‌همراه توسعه اقتصادی خواهد بود. تغییر عادات غذایی به مصرف بیشتر غلات و همچنین مصرف بیشتر فرآورده‌های گوشتی و شیلات خواهد بود. تخمین‌زده می‌شود که نیاز به غلات برای تغذیه دام نیز ۲۵٪ افزایش پیدا خواهد کرد.

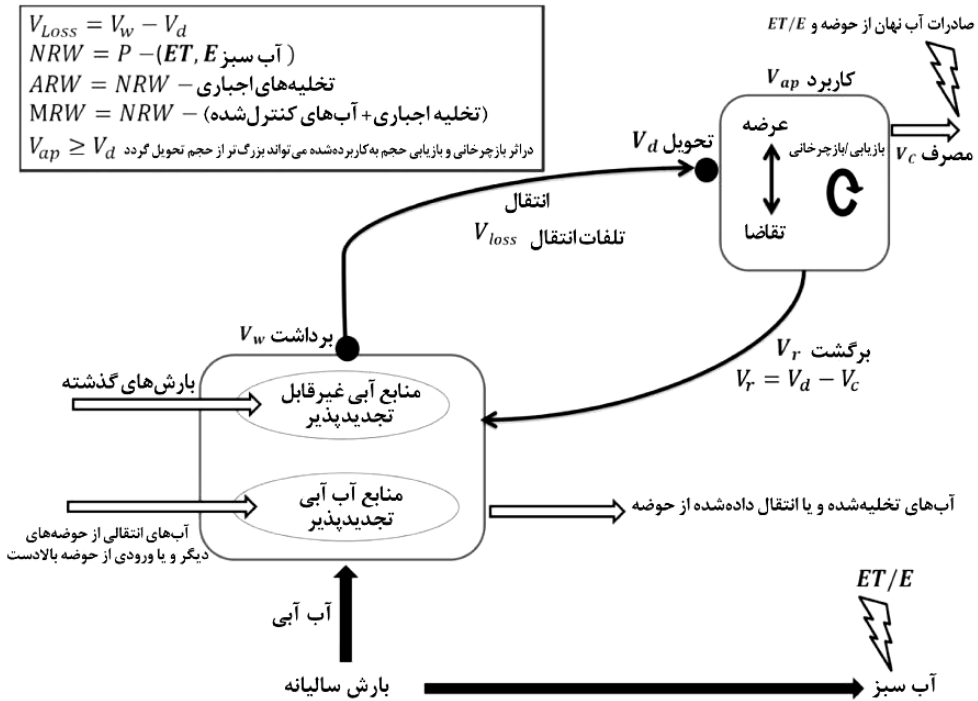
دسترسی به آب غذا

تا ۵۰ سال آینده تبخیر‌تعرق، بسته به رشد جمعیت و تغییر در عادات غذایی، از مقدار امروزی ۷۲۰۰ کیلومتر مکعب بر سال به ۱۳۵۰۰-۱۱۰۰۰ کیلومتر مکعب برسال افزایش خواهد یافت. تأمین این افزایش، از طریق موارد زیر صورت خواهد پذیرفت:
 آب‌آبی بیشتری از رودخانه‌ها و آبخوان‌ها برای آبیاری استفاده شود.
 آب‌های نامتعارف بیشتری برای کشاورزی مصرف شود.
 در کشاورزی دیم روش‌های مناسب برای استفاده بیشتر از آب سبز به کار گرفته شود.
 با افزایش بهره‌وری آب‌های سبز و آبی، برداشت‌ها کاهش یابد.
 با تغییر عادات غذایی و نیز کاهش تلفات محصولات (پس از برداشت) نیاز برای غذا کاهش یابد.
 مصرف آب برای تولید غذا در مناطقی که با کم‌آبی جهان مواجه هستند به‌وسیله تجارت آب مجازی متعادل گردد (یعنی مصارف با منابع به تعادل و پایداری برسند).

مدیران طرح نیازمند توجه بیشتری به گروه‌های آسیب‌پذیر و مستضعف می‌باشند. توجه خاصی باید معطوف به حاشیه‌های طرح‌ها و نواحی انتهایی شبکه‌های توزیع آب آبیاری گردد؛ جایی که این اقشار مستقر هستند. تحویل مطمئن و عادلانه آب به این مناطق می‌تواند موجب تفاوتی معنی‌دار شود.

کارایی و بهره‌وری باید اساس کار مدیران قرار گیرد. کارایی منجر به کاهش تلفات شده؛ یعنی برداشت به مصرف نزدیک می‌گردد (شکل ۵-۱ و جدول ۵-۱). تحت چنین شرایطی، آب در حد مورد نیاز برداشت و به نقاط مصرف تحویل داده می‌شود، لذا آب برگشتی کاهش می‌یابد. بهبود برنامه‌ریزی آبیاری نیز می‌تواند سهم باران مؤثر را افزایش داده و برداشت از منابع آب را کاهش دهد. ائتلاف آب در طول زنجیره‌ی تولید - عرضه، از مزرعه تا بازار، باید به حداقل رسانده شود. این ائتلاف می‌تواند به‌علت «بیش آبیاری»، تلفات شبانه، تلفات ناشی از ذخیره نادرست، و یا از بین رفتن محصولات برداشت‌شده (آب مجازی) در مسیر عرضه به مشتری باشد. دامنه موضوعات از مسائل کوچک و محدود مثلاً کارایی انتقال

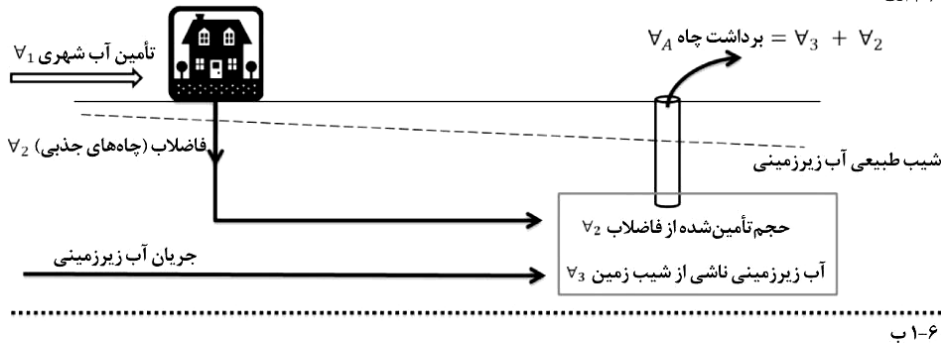
آب در یک کانال، تا مسائل بزرگ و گسترده مثلاً به حداکثر رساندن بهره‌وری آب تغییر می‌کند. تمرکز این کتاب بر موضوعاتی چون برنامه‌ریزی مناسب آبیاری و نیز توزیع درست آب در شبکه (سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری) می‌باشد.



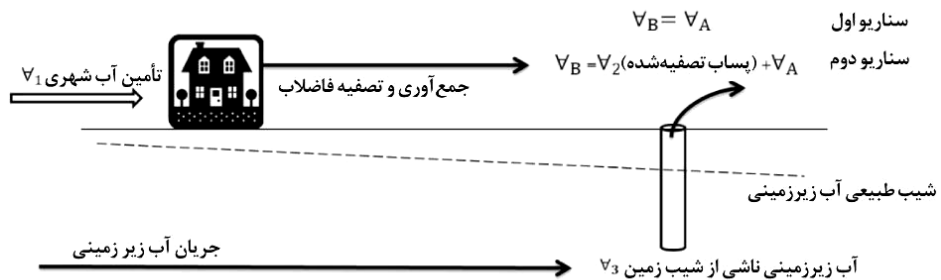
شکل ۵-۱ چرخه منابع - مصارف آب. در این شکل، V_{Loss} = تلفات انتقال، NRW = آب طبیعی تجدیدپذیر، ARW = آب واقعی تجدیدپذیر، و MRW = آب تجدیدپذیر مدیریت شده.

جدول ۵-۱ اقدامات مدیریتی و پیامدهای آنها

| پیامد | اقدام |
|--|--|
| کاهش برداشت | افزایش بازده بدون توسعه |
| $\{V_d \downarrow \rightarrow V_w \downarrow\}$ | $\{V_r \downarrow \rightarrow V_d \downarrow\}$ |
| با کاهش برداشت مواجه نخواهد شد | افزایش بازده همزمان با توسعه اراضی فاریاب |
| $\{\overline{V_w} = V_{loss} + \overline{V_d}\}$ | $\{ V_r \downarrow = V_c \uparrow \} \rightarrow \overline{V_d}$ |
| افزایش محصول (درآمد) به ازای واحد آب | افزایش بهره‌وری |
| $\overline{V_c} \rightarrow$ محصول (درآمد) | (در هر حالت) |



۱-۶ ب



در نتیجه افت بیشتر آب‌های زیرزمینی و خسارت به آب‌بران پایین دست (کاهش حقایقه‌ها)

شکل ۱-۶ جایگزینی پساب به‌جای برداشت از آب زیرزمینی.

یکی دیگر از اقدامات مدیریتی آن است که ابتدا آب پاک به مصارف شهری تخصیص یافته و سپس فاضلاب بازیابی شده (پساب) به مصارف کشاورزی تخصیص می‌یابد. برای جلوگیری از افزایش برداشت، برداشت از آب زیرزمینی باید برابر با پساب تخصیصی کاهش یابد. در واقع قبل از تصفیه، با توجه به شکل ۱-۶ الف، فاضلاب از طریق چاه‌های جذبی موجب تغذیه آب زیرزمینی می‌شده؛ اما پس از جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه آن (شکل ۱-۶ ب)، این تغذیه قطع خواهد شد. اکنون دو سناریو قابل بررسی است. در سناریوی اول، برداشت از آب زیرزمینی به اندازه دریافت پساب کاهش می‌یابد که در این صورت کاهش آب زیرزمینی تشدید نخواهد شد. در سناریوی دوم، عدم کاهش برداشت از آب زیرزمینی، در حالی که نفوذ فاضلاب قطع گردیده است، موجب تشدید کاهش خواهد شد.

مدیران شمای آبیاری بایستی از دیدگاهی جامع‌تر به بهبود بهره‌وری آب بیاندیشند. گرچه افزایش بهره‌وری وزنی (kg/m^3) مهم است، اما بهره‌وری پولی آب (درآمد یا سود تولیدات کشاورزی به‌ازای هر واحد آب) نیز بسیار اهمیت دارد. به‌علاوه، بهره‌وری کلی آب در فعالیت‌های کشاورزی (شامل: آبیاری، شیلات، دامداری، ...) بایستی مدنظر مدیر شمای باشد. در این صورت، بهبود بهره‌وری نیازمند نگاهی جامع‌تر به مواردی چون تخصیص یارانه به نهاده‌ها، تخصیص اعتبارات حمایتی، توجه به زیرساخت‌های مرتبط، ترویج ماشین‌آلات کشاورزی و توسعه مکانیزاسیون، و حتی تسهیل دسترسی محصولات به بازار و

جدول ۶-۱ تفکیک پیرامون آب به محیط‌های طبیعی و انسانی به‌همراه نظام‌های آنها و نیز برخی موضوعات دیگر.

| | | | | | |
|-----------------------|--------------|-------------|-------------------------|----------|------------|
| ارزش‌گذاری منبع طبیعی | | | پایش وضعیت اکوسیستم | | |
| ارزش‌گذاری آب | | | پایش کیفی منابع آب | | |
| قیمت آب تجدیدپذیر | | | مدل مفهومی کمی و کیفی | | |
| قیمت آب تجدیدناپذیر | نظام اقتصادی | | مدل‌سازی کمی | کمیت آب | |
| مالکیت آب/زمین | نظام ارزش‌ها | محیط انسانی | مدل‌سازی کیفی | کیفیت آب | محیط طبیعی |
| مشارکت‌گروداران | نظام حکمرانی | | تحلیل حساسیت آلودگی | اکوسیستم | |
| تخصیص عادلانه | | | برآورد آب تجدیدپذیر | | |
| مدیریت مشارکت | | | مدل یکپارچه منابع آب | | |
| مبادله / بازار آب | | | سامانه تصمیم‌یار فیزیکی | | |

حذف واسطه‌ها می‌باشد. در چنین فضایی، تحت فشارهای فزاینده بر روی منابع زمین و آب برای تولید بیشتر محصولات کشاورزی، نیاز به مدیران متخصص، آگاه و با انگیزه در بخش آبیاری آشکار می‌باشد؛ مدیرانی که یکپارچگی منابع و مصارف آب را درک نموده و پیامدهای محیط‌زیستی و بوم‌زیستی هر اقدام را بتوانند به‌درستی پیش‌بینی نمایند و در عین تمرکز بر تولید و بهره‌وری متوجه اهمیت حفظ پایداری سیستم طبیعی- انسانی باشند (جدول ۶-۱).

در بسیاری از کشورها اصلاحاتی در این زمینه در حال انجام است. این اصلاحات عمدتاً به‌شکل انتقال مدیریت آبیاری یا حتی حوضه‌های آبریز از شکلی صددرصد دولتی به یک شکل مشارکتی است. مثلاً واگذاری کامل مدیریت آبیاری به «اتحادیه‌های آب‌بران کشاورزی» و یا واگذاری کامل مدیریت آب در یک حوضه آبریز به «سندیکای گروداران آب»^۱ نمونه‌هایی از این نوع اصلاحات می‌باشند. نتیجه این اقدامات دادن حقوق و مسئولیت بیشتر به مردم (آب‌بران/ گروداران) جهت مدیریت برای اجرا و حفظ و نگهداری تمام یا قسمتی از شبکه/ شمای‌های آبیاری یا منابع آب خواهد بود. البته، حمایت از پایداری منابع از وظایف ذاتی دولت می‌باشد و بایستی همواره استمرار یابد. برای پیاده‌سازی تدریجی این روند، در بسیاری از کشورها لازم است همزمان سازگاری در ساختار دولتی که فعلاً مسئول منابع آب یا توسعه/ مدیریت آبیاری می‌باشند صورت پذیرد. سازگاری سازمان‌های دولتی و ظرفیت‌سازی در بخش آب‌بران/ گروداران به کمک آموزش و کارآموزی وقوع می‌یابد. با توجه به کادر ۶-۱، مدیریت آبیاری نیازمند تیم جدیدی که دارای اراده قوی، دانش به‌روز، و مهارت بالا باشد، است. این تیم برای کار مهمی که انجام می‌دهند، بایستی موقعیت و دستمزد مناسب دریافت نمایند. از این تیم مدیریت انتظار می‌رود به اقدامات زیر توجه نمایند:

- درک خویش را از منابع آب و تخصیص/ کاربرد آن در کشاورزی جامع‌تر نمایند.
- اهمیت و ارزش اکوسیستم‌های طبیعی که بستر فعالیت‌های کشاورزی هستند را درک کنند.
- شمای آبیاری (وزهکشی) را با هدف توزیع/ عرضه‌ی آب کشاورزی قابل اعتماد، به‌موقع، کافی و عادلانه مدیریت کنند.

کادر ۶-۱ در مورد مدیران آبیاری

تمامی آنچه به مدیران آبیاری توصیه می‌شود به‌خودی‌خود کارساز و چاره‌گشا نیستند؛ حتی اگر پیاده‌سازی هم‌زمان و فوری همه آن‌ها وقوع یابد. به‌عنوان یک حکم کلی، کارآمدترین ترکیب از اقدامات مدیریتی بستگی به شرایط محلی (طبیعی و انسانی) دارد. مسلماً مستندسازی مشاهدات و تجربیات و نیز مدیریت دانش^۱ نقش مهمی در درک شرایط محلی و شناختن بهترین راهکارها دارد. صرفاً با پند و اندرز اخلاقی اصلاحی پدید نمی‌آید. کلید حل مشکل، توجه به محرک‌ها و انگیزه‌های مدیران آبیاری است. نقطه امید، اما، روش و رفتار حرفه‌ای مدیران می‌باشد؛ جایی که باید بر آن متمرکز شود. رفتار حرفه‌ای مشتمل بر مشاهده و شناسایی نقاط ضعف، ریشه‌یابی آن‌ها، تشخیص علت اصلی، و تجویز راه‌حل در یک فرایند سیستماتیک و مستمر پایش و ارزیابی است. با چنین فرایندی، به‌تدریج دانش در ترکیب با تجارب بومی‌شده کارآمدتر شده و براساس آن عملکرد مطلوب حاصل می‌گردد.

- آب را در تمام شکل‌هایش با هدف بهره‌مندی تمامی جوامع و اکوسیستم‌های طبیعی مرتبط با آن مدیریت نمایند.
- مفهوم سرویس‌دهی یا خدمات‌رسانی «مطلوب» را درک نموده و به لزوم داشتن رابطه و همکاری با آب‌بران/گروداران توجه داشته باشند.
- دریافت به‌موقع و کافی آب‌بهاء و پردازها (از مشترکین) را با ارائه خدمات مسئولانه و منصفانه پاسخ دهند.
- بر تأثیر و تأثر میان آبیاری و محدوده پیرامونی (از «حوضه آبخیز» تا «بازاریابی») واقف باشند؛ و در تقویت بازده و بهره‌وری در تمامی بخش‌های زنجیره‌ی تولید بکوشند.
- تولید محصولات فاریاب را «کسب‌وکار» بشمارند و لذا بدانند که تأمین و عرضه‌ی آب آبیاری (و خارج ساختن زه‌آب) به‌طور قابل اعتماد، به‌موقع، کافی و عادلانه سهم برجسته‌ای در موفقیت یا شکست کشاورزان دارد.
- هدف این کتاب رشد و توسعه دانش و مهارت‌های «مؤثر و کارآمد» که مورد نیاز در مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه/شماهای آبیاری و زهکشی هستند، می‌باشد.

تعاریف و اصطلاحات کاربردی

منابع آب (Water resources): منابع آب به‌طورکلی به هر نوع آب (مایع، جامد و حتی بخار آب) که بالفعل و یا بالقوه برای بشر قابل استفاده باشد اطلاق می‌گردد. در ایران این منابع عمدتاً به سطحی، زیرزمینی و برف (در قله کوه‌ها) تقسیم گشته‌اند.

کاربرد آب (Water use): شامل کاربرد آب در کشاورزی (کشاورزی، دامداری، پرورش آبزیان، احیاء اراضی، ...)، شهری (خدمات، خانگی، فضای سبز، ...)، صنایع و معادن، توریسم و تفریحات، و نیازآبی محیط‌زیست می‌باشند. کاربرد منجر به مصرف و برگشت می‌گردد. (همچنین ر.ک. Utilization)

آب تجدیدپذیر (Renewable water): مقدار آبی است که حوضه طی چرخه آبی سالیانه توانایی بازیابی آن را دارد. منشاء این آب بارش سالیانه بر روی حوضه و آب‌های ورودی (سطحی/ زیرزمینی) از بالادست است.

برداشت (Withdrawal): به هرگونه جابجایی آب از محل وقوع طبیعی آن به محلی دیگر، برای تأمین تقاضای آب بشر، برداشت گفته می‌شود. پمپاژ آب زیرزمینی و یا انتقال آب توسط کانال/لوله مثال‌هایی از برداشت آب هستند. (همچنین ر.ک. Abstraction یا Extraction)

آب مصرفی (Consumption water): مقداری از آب برداشت‌شده است که کاربری آن موجب شده تا استفاده مجدد و بلافاصله از آن مقدور نباشد. نمونه‌هایی از مصرف عبارتند از: (۱) آب تبخیر/تبخیرشده، (۲) آب مصادره‌شده در کالاهای تولیدشده (=آب‌نهمان)، و (۳) آبی که بایستی برای حفظ پایداری کیفی سیستم منابع آب (=دفع آلودگی ناشی از فرایندهای تولیدی) از حوضه خارج شود. اساساً مقدار آب برداشتی به دو بخش مصرفی و غیرمصرفی تفکیک می‌گردد. درصدی از بخش غیرمصرفی قابل بازیافت به‌صورت طبیعی و یا در فرایند بازچرخانی است.

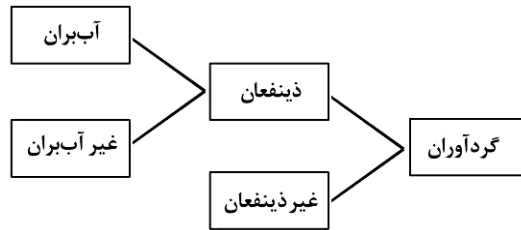
آب برگشتی (Return flow): آب برگشتی حاصل تفاضل برداشت و مصرف است. این مقدار به منابع آب پایین دست می‌پیوندد و مجدداً قابل برداشت خواهد بود. اگر آب برگشتی آلوده باشد، درصدی از آن قابل بازیافت بوده، و البته بایستی مابقی آن برای دفع آلودگی از حوضه تخلیه گردد.

عرضه (Supply) / تقاضا (Demand): این عبارات، با همان معنی کلی، بر گرفته از علم اقتصاد می‌باشند. آب یک کالای خاص (کالای عمومی و محدود) بوده و عرضه و تقاضای آن نمی‌تواند آزاد و بدون کنترل باشد. در بسیاری موارد میزان عرضه کمتر از تقاضا بوده، و لذا با توجه به ماهیت آب قوانین (عرفی یا رسمی) برای تخصیص آن ایجاد شده است. مالکیت آب یا حقایقه‌ها از نظر حقوقی تحت عناوینی چون انفال، مباحات، ... بحث می‌گردد.

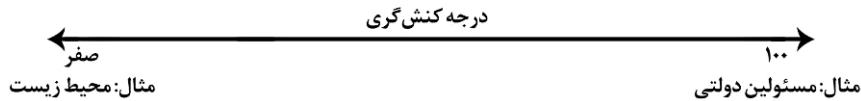
آب‌بران (Water users): به کلیه کسانی اطلاق می‌شود که از منبع آب سهم می‌برند و هر تغییری در مدیریت منابع آب بر سرنوشت ایشان مستقیماً تأثیر می‌گذارد. ممکن است مالک آب بوده و یا آب را اجاره کرده باشند. عمده آب‌بران عبارتند از: محیط‌زیست، شهرداری‌ها (به نمایندگی از شهروندان)، کشاورزان (زراعت، باغ، دامپروری)، و صاحبان صنایع و معادن و خدمات.

گرووداران (Stakeholders): آنان که یا آب در گروی تصمیمات ایشان است و یا خود در گروی آب هستند. این شامل کلیه آب‌بران و نیز آنها که در سرنوشت آب مداخله دارند، می‌گردد؛ مانند: نهادهای دولتی (آب منطقه‌ای، استانداری، ...، سازمان‌های عمومی / مردمی (تشکل‌های حامی محیط‌زیست، ...، و حتی ساختارهای قدرت محلی. مدیر منابع آب قبل از هر تصمیمی بایستی از کنش/واکنش گرووداران نسبت به آن مطلع بوده و برای اجرا تصمیماتی را اتخاذ نماید که با کمترین مخالفت/مقابله، قابل پیاده‌سازی باشند.

ذینفعان (Beneficiaries): گروهی از گروداران (اعم از آب‌بر یا غیر آب‌بر) که از ناحیه آب دارای نفع و سود هستند. بنابراین، بیشتر مسئولین دولتی جزء ذینفعان نیستند.



کنشگران (Actors): گرودارانی هستند که قادر به «تصمیم‌گیری» و «ابراز وجود» باشند. از این منظر «محیط زیست» گرچه گرودار آب است، اما کنشگر نمی‌باشد؛ مگر کسانی او را نمایندگی و حمایت نمایند. می‌توان برای کنشگری براساس میزان اثر بر نهاد آب درجه قائل شد.



فاضلاب (Sewage) // پساب (Effluent): پس از کاربری، آب آلوده شده فاضلاب نامیده شده و فاضلاب تصفیه شده پساب خوانده می‌شود. الزاماتی برای خصوصیات فاضلاب‌ها و پساب‌ها در هنگام رهاسازی به آب‌های سطحی و زیرزمینی در قوانین و استانداردهای کشور مشخص شده است. عدم توجه به حجم، تمرکز و کیفیت آب‌های آلوده می‌تواند به تدریج منابع آب را از نظر کیفی تخریب نماید. همچنین، کاربرد پساب یا فاضلاب در کشاورزی و سایر فرایندهای تولیدی بدون توجه به حدود کیفی مشخص شده در استانداردها می‌تواند عواقبی چون بیماری به‌دنبال داشته باشد.

آب مجازی (Virtual water): مقدار آبی است که طی فرایند تولید یک کالا (یا یک فرآورده کشاورزی) مصرف می‌شود. به عبارت دیگر اگرچه بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان فرایند تولید، به‌عنوان آب نهان، در بافت محصول باقی خواهد ماند؛ اما آب مجازی جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید هر کالا از شروع تا پایان می‌باشد. صفت مجازی در این تعریف بدان معناست که بخش عمده این آب (مصرف شده طی فرایند تولید)، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد. به‌هر حال آب مجازی، به‌معنای آب غیر واقعی نیست بلکه صریحاً آب مجازی، همان کل آب واقعی است که در فرایند تولید به مصرف رفته است. جدول زیر میزان آب مصرفی برخی کالاها را نشان می‌دهد.

| ردیف | نام محصول | مقدار آب مصرفی (بر حسب لیتر) |
|------|---------------------|------------------------------|
| ۱ | یک کیلو گوشت گوساله | ۱۵۰۰۰ |
| ۲ | یک برگ کاغذ A4 | ۱۰ |
| ۳ | یک خودروی سواری | ۴۰۰۰۰ |

آبرانه (Water footprint): آبرانه مجموع مصارف مستقیم و غیرمستقیم آب برای یک محصول (کشاورزی، صنعت، خدمات) یا یک ناحیه جغرافیایی (شهر، حوضه آبریز، کشور) است. همچنین برای هر فرد می‌توان سرانه آبرانه را از تقسیم آبرانه ملی بر جمعیت به دست آورد. آبرانه ملی برابر با جمع کل آب مصرفی در فعالیت‌های مختلف (کشاورزی، صنعتی، ...) است.

مدیریت تقاضا (Demand management): عبارت است از اعمال روش‌های مختلف در مراحل تخصیص، توزیع و کاربرد آب برای تأمین تقاضای آب. در واقع، مدیریت تقاضا با کنترل و کاهش برداشت‌ها و مصارف (بدون تکیه بر ایجاد ظرفیت‌های جدید تأمین آب)، تقاضا برای این ماده حیاتی را مدیریت می‌نماید. اهداف مدیریت تقاضا عبارتند از: صرفه‌جویی مالی، صرفه‌جویی در مصرف آب، و کاهش زیان‌های اجتماعی و محیط‌زیستی در نتیجه کاربردهای نابجا و زیاده‌خواهانه آب.

نهاد آب (Water institution): معنای اصلی نهاد «برقراری، ساختن، و تثبیت کردن است». نهاد آب شامل: سازمان‌های رسمی و غیررسمی (اجتماعی)، قوانین و ضوابط دولتی و مردمی، و نیز فضای فرهنگی می‌باشد که مسائل، روابط، و ساختار قدرت در فضای مدیریت آب را شکل می‌دهند. در واقع سازمان‌های مرتبط با مدیریت آب صرفاً جزئی از نهاد آب هستند. به‌طور کلی نهادها اغلب بدون طرح و نقشه قبلی و به تدریج به مرور زمان شکل گرفته‌اند، گرچه همواره می‌توان آن‌ها را ساختارمندتر و مؤثرتر نمود. امروزه نهاد آب دارای ساختاری بسیار پیچیده و گسترده بوده که دربرگیرنده تمامی گروداران و کنشگران آب می‌باشد. از جمله ساختارهای کمکی برای سامان دادن به نهاد آب، تشکل‌های آب‌بران/گروداران هستند. این تشکل‌ها عمدتاً با هدف انتقال مدیریت آب به مردم ایجاد می‌شوند و از کوچک‌ترین واحد (مثلاً در سطح یک روستا) تا بزرگ‌ترین واحد (در سطح حوضه) شامل این موارد می‌شوند: انجمن، تعاونی، اتحادیه، سندیکا و فدراسیون.

داده معتبر (Reliable data): پایه و مبنای مدیریت صحیح منابع آب، واقع‌گرایی است. یعنی مدیر (یا سازمان مدیریت) منابع آب بایستی به‌درستی چندوچون منابع را بشناسد و اولویت‌های مصارف آب را بداند. به‌ویژه، مدیر بایستی درک درست و دقیقی از وضعیت جاری منابع و مصارف داشته باشد. این امر بدون پایش مستمر وضعیت منابع و مصارف و ثبت داده «موثق و کافی» ممکن نیست. قیدهای موثق و کافی عمده‌اً به کار گرفته شده‌اند و مراد از آنها در ادامه شرح داده شده‌اند.

داده موثق: هر داده‌ای است که به‌طریق صحیح و با ابزار و دقت مناسب تهیه، به‌درستی کنترل، و در قالب مشخص (از قبل تعیین شده) نگهداری می‌گردد؛ و هرگاه به آن رجوع می‌شود با اطمینان و بدون نیاز به کنترل مجدد قابل استفاده باشد.

داده کافی: هر داده‌ای است که دارای سه خصوصیت باشد: **اول**، توزیع (چینش) مکانی مناسب ایستگاه‌های داده‌برداری؛ **دوم**، تعداد کافی این ایستگاه‌ها؛ و **سوم**، طول کافی آمار در هر ایستگاه.

آب‌های نامتعارف (Marginal quality): منظور آب‌های با کیفیت پایین، مانند آب‌های لب‌شور (Brackish)، پساب و فاضلاب می‌باشد. در بسیاری از نقاط جهان با توجه به محدودیت روزافزون منابع آبی و رشد تقاضای آب، کاربرد منابع آب نامتعارف مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد اینگونه منابع بایستی محتاطانه و با توجه جدی به پیامدهای محتمل (تخریب خاک، مخاطرات بهداشتی، ...) آن صورت پذیرد. به‌طور کلی، بهره‌وری این آب‌ها پایین‌تر از آب‌های با کیفیت است.

شِمای آبیاری (Irrigation scheme): شِمای آبیاری دربرگیرنده شبکه و نیز مجموعه سازه‌ها و تجهیزاتی است که در خدمت آبیاری یک محدوده تحت آبیاری هستند (برای مثال: سد، کانال‌های انتقال، سد تنظیمی، تجهیزات پمپاژ، شبکه‌های توزیع آب آبیاری، شبکه‌های زهکشی). علاوه بر این، شِمای دربرگیرنده محیط اجتماعی/اقتصادی و محیط زیست محدوده خود نیز می‌باشد. مدیریت شِمای آبیاری گسترده‌تر از مدیریت یک شبکه است. به یک معنی، می‌توان مجموعه اراضی فاریابی که از یک منبع آب زیرزمینی مشترک آبیاری می‌شوند را نیز شِمای آبیاری قلمداد نمود.

مسائل

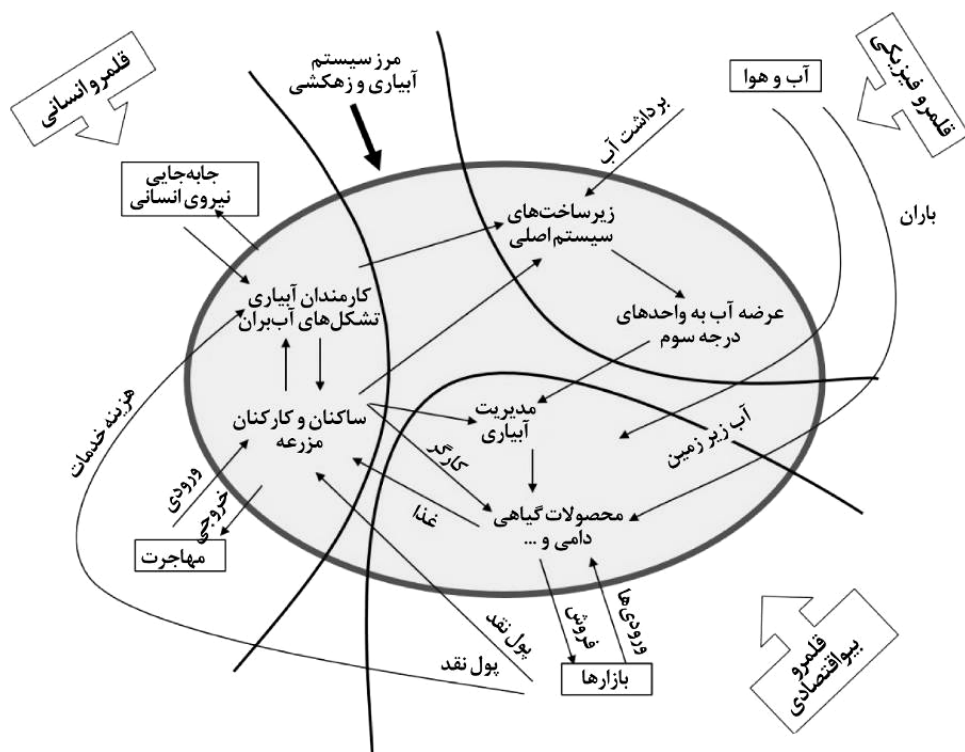
۱. براساس گزارشی که IWMI در مورد منابع آب منتشر کرده است، بیشترین مصرف آب در کدام بخش متمرکز است؟
۲. یک محدوده جغرافیایی معین را انتخاب کنید. تحقیق کنید که در ۱۵ سال اخیر میزان آب برداشتی از منابع آبی (مقدار برداشت‌ها و توزیع آن میان بخش‌های مصرف‌کننده) چه تغییری کرده است؟ چرا؟
۳. تفاوت آب مجازی و آب‌نهنان چیست؟
۴. آب سبز و آب آبی چه تفاوتی دارند و رابطه آنها با آب تجدیدپذیر چیست؟
۵. چهار مرحله تحول مدیریتی منابع آب را در طی فرایند توسعه تشریح کنید.
۶. شرایط و ساختارهای نهاد آب در سه دوره زمانی را تحقیق و گزارش نمایید:
(الف) قبل از دخالت دولت (قبل از ۱۳۰۰ شمسی)
(ب) از ۱۳۰۰ تاکنون
(ج) در شرایط مطلوب برای آینده.
۷. برای بهبود وضع مدیریت شبکه/شِمای‌های آبیاری و زهکشی در آینده، چه انتظاراتی از تیم مدیریتی آن وجود دارد؟ توضیح دهید.
۸. چند مورد از اقدامات تعادلی و برخی از اقدامات فنی را در مرحله احیاء بیان نمایید.

اجزای شبکه‌های آبیاری و زهکشی

آبیاری و زهکشی ترکیب پیچیده‌ای از فرایندهای فنی، نهادی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است. در این فصل فرایندهای مزبور، اجزای مختلف آنها و چگونگی تعامل آنها با یکدیگر تشریح می‌شود. ابتدا «کلیات مدیریت آبیاری و زهکشی» در سطوح شبکه و شمای مرور می‌گردد.

چمبرز (۱۹۸۸) شمای آبیاری و زهکشی (I&D) را به‌عنوان یک ترکیب پیچیده از قلمروهای فیزیکی، انسانی و بیواقتصادی تعریف می‌کند. شکل ۱-۲ این قلمروها، فعالیت‌های مرتبط هر کدام و تعامل آنها با یکدیگر را نشان می‌دهد. قلمرو فیزیکی، آب و هوا، خاک و زیرساخت‌های فیزیکی را در بر می‌گیرد. قلمرو انسانی شامل کارکنان، شرکت‌های آبیاری، کشاورزان، خانواده‌های آنها و دیگر گروداران می‌شود. نهایتاً، قلمرو بیواقتصادی با مواردی چون محصولات کشاورزی، دام و بازار تجاری مرتبط می‌باشد. ورای این سه قلمرو، حوزه‌های سیاسی، اقتصادی و حقوقی نیز وجود دارند.

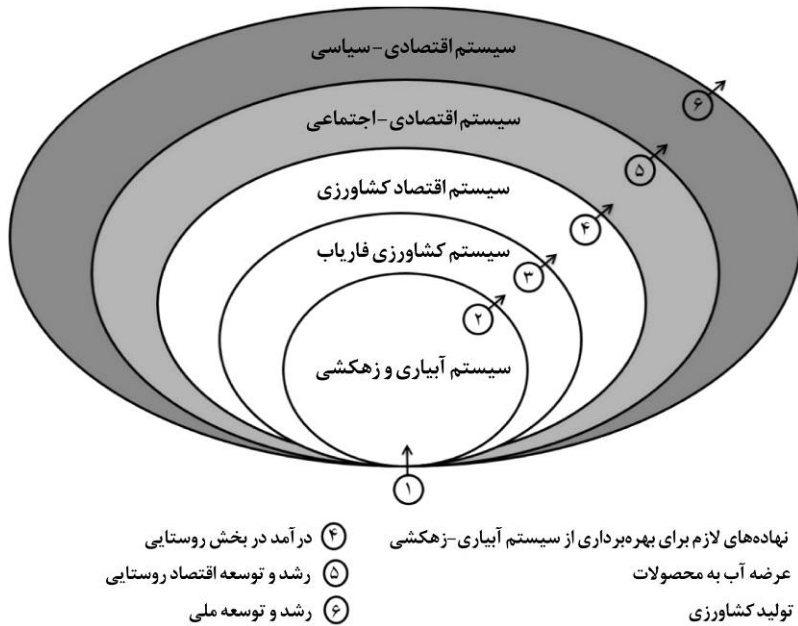
مدیران و کارشناسان توسعه آبیاری باید از تمام این حیطه‌ها آگاهی و درک لازم را داشته باشند و عوامل در کنترل و خارج از کنترل خود را خوب بشناسند. به‌عنوان مثال، سیاستمداران و دولت‌مردان کنترل حوزه‌های سیاسی، اقتصادی و قانون‌گذاری را در اختیار داشته؛ و این توانایی را نیز دارند که در حمایت از کشاورزی فاریاب سیاست‌گذاری، قانون‌گذاری و راهبردهای اقتصادی مناسبی را پیشه کنند. از سویی دیگر مدیران آبیاری قلمرو فیزیکی را کنترل کرده و می‌توانند برداشت، انتقال و توزیع آب را ساماندهی کنند. در این قلمرو، پدیده‌های آب‌وهوایی (خشکسالی، تگرگ، ...) نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند که نبایستی از چشم مدیر آبیاری پنهان بماند. در قلمرو انسانی، کارکنان آبیاری تحت کنترل مدیر آبیاری بوده ولی ساکنان و کارگران مزارع تحت کنترل خود آبران هستند. قلمرو بیواقتصادی از بازارهای تجاری و سیاست‌های دولتی از قبیل پرداخت یارانه و قیمت‌گذاری مواد غذایی تأثیر متقابل می‌پذیرد.



شکل ۱-۲ قلمروهای کشاورزی فاریاب.

با استفاده از رویکرد سیستمی، اسمال و همکاران (۱۹۹۲) اجزای مختلف درگیر در اراضی فاریاب را به یک سری از سیستم‌های تودرتو تجزیه کرده‌اند. توجه رویکرد سیستمی بر روی نهاده‌ها، ستانده‌ها و فشارها در سطوح مختلف می‌باشد. برای تشریح شکل ۲-۲ اولین سیستم، «سیستم آبیاری-زهکشی»^۱ می‌باشد. نهاده‌های لازم برای این سیستم شامل آب (برداشت شده از منبع معین)، منابع مالی، نیروی انسانی و مدیریت برای بهره‌برداری و نگهداری شبکه هستند. ستانده این سیستم «تحويل آب به گیاهان» است که خود نهاده برای «سیستم کشاورزی فاریاب» محسوب می‌گردد. سایر نهاده‌های سیستم کشاورزی فاریاب شامل کود، بذر، ماشین‌آلات، نیروی انسانی، منابع مالی و... هستند. ستانده سیستم کشاورزی فاریاب «تولیدات زراعی، باغی، دامی» هستند که به نوبه خود نهاده برای «سیستم اقتصاد کشاورزی» خواهند بود. سیستم اقتصاد کشاورزی، نهاده‌های دیگری چون قیمت بازار، فرایند خرید و فروش محصولات (تا بازار) و از این قبیل نیز دارد. ستانده سیستم اقتصاد کشاورزی «درآمد» (ثروت) است که یکی از نهاده‌های «سیستم اقتصادی-اجتماعی» می‌باشد. در کنار این نهاده، نهاده‌های دیگری چون درآمدهای کارگران و

۱. در اینجا منظور از سیستم آبیاری-زهکشی مجموعه شبکه توزیع، شبکه زهکشی، روش آبیاری در مزارع و حتی مدیریت شبکه آبیاری-زهکشی می‌باشد.



شکل ۲-۲ عملکرد آبیاری و زهکشی در سیستم‌های تودرتو.

هزینه‌های انجام شده در فعالیت‌های فوق‌الذکر به سیستم اقتصادی-اجتماعی وارد می‌گردند. ستانده این سیستم در شکل اقتصادی به «سیستم اقتصادی - سیاسی» تحویل می‌گردد؛ تا در مجموع، اهداف «توسعه ملی» قابل دسترس باشند.

یک دسته‌بندی مفید، می‌تواند مسائل مرتبط با مدیریت کشاورزی فاریاب را به پنج دسته عوامل تقسیم نماید. دسته‌بندی این عوامل در قالب ۵ قلمرو به شرح زیر است: (۱) فنی، (۲) نهادی، (۳) اقتصادی، (۴) اجتماعی، و (۵) محیط زیستی.

منظور از عوامل در قلمرو فنی، زیرساخت‌های فیزیکی مرتبط با شِماهای I&D^۱ (آبیاری و زهکشی^۲) می‌باشد و نیز شامل توجه به محیط پیرامونی برای تسهیل طراحی و ساخت شبکه‌های I&D است. عوامل در قلمرو نهادی، اجزایی از چارچوب‌های سیاسی، قانونی و سازمانی را پوشش می‌دهند که بر کشاورزی فاریاب تأثیر گذارند. درحالی که در قلمرو اجتماعی، این عوامل بر تعامل انسان‌ها با شِماهای آبیاری، روش‌های زندگی و کار آن‌ها متمرکز می‌باشند. عوامل در قلمرو اقتصادی شامل جنبه‌های پولی و مالی مؤثر بر کشاورزی فاریاب است که دربرگیرنده هزینه‌ها و ارزش‌های نهاده‌ها، منابع و ستانده‌ها می‌باشد. آخرین دسته مربوط به قلمرو محیط‌زیستی است. این مورد به بررسی اثرات مرتبط با شِمای آبیاری بر

1. Irrigation & drainage

۲. شمای آبیاری و زهکشی شامل تمامی اجزای درگیر با آبیاری است؛ یعنی: شبکه (مجموعه توزیع و تحویل آب)، اراضی فاریاب، روستاها، محیط طبیعی، و ... است.

جدول ۱-۲ مختصری از اجزای هر قلمرو

| قلمرو | اجزاء | عنصر محوری |
|------------|--|-----------------|
| فنی | شرایط محیطی مربوط به طراحی و بهره‌برداری (اقلیم، توپوگرافی، خاک، منابع آب، ...) | عمران و آبادانی |
| نهادی | سیستم سیاسی چارچوب حقوقی سازمان‌ها، ساختارها و وظایف سازمانی | تصمیم‌گیری |
| اقتصادی | بازارها قیمت بازار هزینه توسعه و بهره‌برداری رشد و توسعه اقتصادی فرصت‌های شغلی | ثروت |
| اجتماعی | مردم جوامع و ساختار اجتماعی هنجارهای اجتماعی (مذهب، نگرش‌ها، الگوهای رفتاری) | عاطفه و رابطه |
| محیط‌زیستی | تأثیر بر محیط‌های آبی (جریان پایین‌دست، کیفیت آب) شوری و ماندابی موضوعات سلامت | پایداری و سلامت |

محیط طبیعی، بهداشت و سلامت انسان می‌پردازد. جدول ۱-۲ برخی از اجزای هر یک از این دسته عوامل و نیز «عنصر محوری» هر قلمرو را نشان می‌دهد. هر قلمرو متمرکز بر عنصر محوری خویش می‌باشد؛ مثلاً قلمرو فنی با عمران و آبادانی سروکار دارد. جزئیات بیشتر هر دسته از عوامل در ادامه می‌آید.

قلمرو فنی

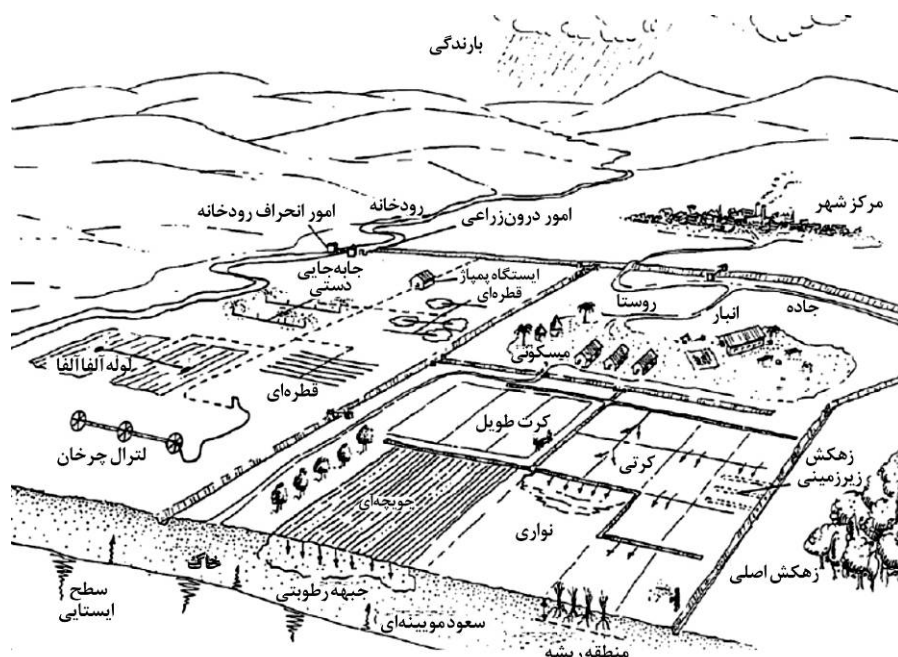
این قلمرو برای شیمای I&D هم جنبه‌های فیزیکی و هم مراحل فنی مرتبط با رشد و توسعه را پوشش می‌دهد. اجزای فیزیکی یک شمای آبیاری و زهکشی در شکل ۳-۲ نشان داده شده‌اند. جزئیات درگیر در این قلمرو (از سطح مزرعه تا منبع تأمین آب) در جدول ۲-۲ به‌طور خلاصه ارائه شده است. شرحی با جزئیات بیشتر، از اجزای زیرساخت‌های فیزیکی برای شبکه‌های I&D در جدول ۳-۲ آورده شده است. سازه‌های مختلف در شبکه I&D می‌توانند به‌طور کلی به سازه‌های انتقالی و تنظیم‌کننده و نیز سازه‌های کمکی تقسیم گردند. از سازه‌های انتقالی می‌توان به کانال، کالورت و فلوم اشاره کرد. سازه‌های تنظیم‌کننده شامل تنظیم‌کننده‌های دبی و بارآبی و نیز سنجنده‌های دبی می‌شوند. پل‌ها، نقاط دسترسی به آب (برای انسان و دام) و سازه‌های ایمنی و حفاظتی از جمله سازه‌های کمکی محسوب می‌گردند. سازه‌های کنترل‌کننده مهمترین ابزار بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی را تشکیل می‌دهند؛ زیرا به کمک آنها توزیع آب به‌صورت کنترل‌شده و بر طبق نیاز آب‌بران می‌تواند صورت گیرد.

جدول ۲-۲ جزئیات درگیر در قلمرو فنی

| اجزا | شرح |
|-----------------------------------|---|
| محصول | نتیجه نهایی فعالیت‌های مزرعه و مدیریت آبیاری، تولید محصول است. نشانگر وضعیت تأمین «به‌مقدار» و «به‌موقع» نیاز آبیاری است. |
| منطقه ریشه | محل ذخیره آب آبیاری است. به تناسب افزایش ظرفیت این ذخیره، فاصله بین آبیاری‌ها می‌تواند افزایش یابد. عمق منطقه ریشه با توجه به نوع گیاه و خصوصیات خاک مشخص می‌شود. |
| خاک | بافت خاک نشان‌دهنده ظرفیت نگهداری آب در خاک و میزان نفوذپذیری آن است. خاک‌های لومی بیشترین ظرفیت نگهداری آب در دسترس (Available Water) را دارند. به‌طور کلی در خاک‌های سبک و سنگین، نسبت به خاک لومی، فاصله آبیاری کمتر می‌باشد. |
| آب زیرزمینی ^۱ | عمق سطح آب زیرزمینی می‌تواند بر نیاز آبیاری گیاه تأثیر بگذارد. اگر آب زیرزمینی در عمق ۲-۱ متری از سطح زمین باشد می‌تواند بخشی از نیاز آبیاری گیاه را تأمین کند. اگر سطح آب زیرزمینی در عمق کمتر از یک متری قرار گیرد باعث ایجاد شرایط ماندابی و احتمالاً منجر به شوری شده و تولید محصول را کاهش می‌دهد. |
| آب و هوا | شرایط آب‌وهوایی کنترل‌کننده میزان تبخیر از خاک و تعرق ناشی از گیاه می‌باشد. در طول روز تبخیر تعرق با افزایش دما، سرعت باد، کمبود رطوبت، طول ساعت آفتابی افزایش می‌یابد. برای جایگزینی آب از دست داده شده توسط تبخیر تعرق آبیاری انجام می‌گردد. |
| آرایش اراضی و روش آبیاری | آرایش اراضی و قطعه‌بندی و نیز روش آبیاری بر راندمان کاربرد و یکنواختی آبیاری تأثیر می‌گذارد. در انتخاب روش آبیاری باید به نوع گیاه، نوع خاک، میزان دبی، طول قطعه و شرایط توپوگرافی (شیب و یکنواختی) و عوامل زیاد دیگری توجه نمود. مهمترین عامل برای انتخاب سیستم آبیاری هزینه‌های تأسیس و بهره‌برداری می‌باشند. |
| اندازه مزرعه | اندازه زمین بر مدیریت آبیاری تأثیر می‌گذارد. زمین‌های با اندازه کوچک دارای تنوع بیشتری در الگوی تقاضای آبیاری هستند. لذا نیازمند افزایش تلاش‌های طرح‌ریزی و مدیریت برای تأمین عرضه آب مورد نیاز می‌باشند. |
| کانال‌های توزیع آب واحد درجه سه | آب آبیاری به کمک کانال‌های درجه سه و چهار به مزرعه انتقال می‌یابد. نوع این کانال‌ها (لوله‌ای و غیر لوله‌ای) و نیز نحوه نگهداری (عالی تا بد) بر کاهش در کانال‌ها تأثیر می‌گذارد. |
| کانال‌های زهکشی واحد درجه سه | زهکشی‌های سطحی، آب اضافی یا رواناب‌های ناشی از آبیاری و بارندگی را از سطح خاک جمع می‌کنند. زهکشی‌های زیرزمینی (لوله‌ای) نیز برای تنظیم سطح آب زیرزمینی در زیر منطقه ریشه گیاه استفاده می‌شوند. در هر حال، شبکه زهکشی این قابلیت را باید داشته باشد تا آب‌های اضافی سطحی و زیرزمینی را دفع نماید. |
| سازه‌های کنترل واحد درجه سه | سازه‌های کنترلی برای تقسیم و تنظیم دبی ورودی به کانال‌ها استفاده می‌شود. ضعف سازه‌های کنترلی موجب محدود شدن مدیریت آبیاری و عدم برآوردن تقاضای آب می‌شود. |
| سازه‌های اندازه‌گیری واحد درجه سه | وجود سازه‌های اندازه‌گیری به منظور کنترل مقدار آب تحویل داده شده و مقدار آب تلف شده ضروری است. به‌علاوه، با اندازه‌گیری می‌توان از کفایت و عدم کفایت آب تحویلی برای رفع نیاز آبی گیاه مطلع گردید. این امر در مدیریت بهره‌وری آب بسیار مهم است. |
| کانال‌های سیستم اصلی | کانال‌های اصلی شامل کانال‌های درجه یک و دو می‌باشند. وظیفه اصلی این کانال‌ها انتقال آب آبیاری به کانال‌های درجه سه است. |
| زهکش‌های سیستم اصلی | زهکش‌های اصلی (درجه یک و دو) آب زهکشی شده را از زهکش‌های درجه سه دریافت و به زهکش‌های طبیعی مانند نهر و رودخانه و دریا و دریاچه تخلیه می‌نمایند. |
| سازه کنترلی سیستم اصلی | سازه‌های کنترل، مانند دریچه‌ها و تنظیم‌کننده‌های سطح آب در کانال‌ها، برای تنظیم جریان ورودی به هر کانال لازم می‌باشند. بایستی توجه نمود که سازه‌های اندازه‌گیری جریان صرفاً برای تشخیص مقدار آب تحویلی به مزارع کاربرد دارند، در حالی که تنظیم جریان آب (با توجه به تقاضا) و توزیع با وجود سازه‌های کنترلی عملی می‌گردد. |
| سازه‌های انتقال سیستم اصلی | این سازه‌ها، مانند سیفون معکوس و فلوم و کالورت، در مسیر انتقال آب برای عبور دادن آب از زیر یا بالای موانع طبیعی یا ساخته شده مورد نیاز می‌باشند. |
| منابع آب | نوع منبع آب و رژیم جریان آن تأثیر بسزایی بر مدیریت آب در شبکه آبیاری دارند. رژیم فصلی جریان آب در رودخانه‌ها الگوی کشت را در اراضی فاریاب کنترل می‌کند. در واقع، اگر مقدار آب در هر ماه متغیر باشد مسلماً بر فعالیت‌های مدیریتی و زراعتی تأثیر می‌گذارد. به‌علاوه، در یک شبکه که با کمبود آب مواجه است نیاز به تمرکز بالایی بر راهکارهای مدیریتی وجود دارد. |
| مخازن ذخیره‌ای | این مخازن به منظور فراهم کردن ذخایر کافی در هر سطحی (از رودخانه تا کانال‌های درجه یک یا دو و نیز تا کانال‌های درجه سه یا مزرعه) و برای ذخیره‌سازی در دوره‌های زمانی مختلف (سالانه، ماهانه، هفتگی، و روزانه) ایجاد می‌گردند. |

۱. آب زیرزمینی که نزدیک سطح زمین باشد آب زیرسطحی (Sub-surface water) نیز نامیده می‌شود.

۲. در شبکه آبیاری، منظور از واحد درجه سه، هر مجموعه اراضی است که از یک کانال درجه سه آب دریافت می‌کند. بدیهی است در درون این واحد کانال‌های درجه چهار توزیع آب را برعهده دارند.



شکل ۲-۳ اجزای فیزیکی یک سیستم آبیاری و زهکشی.

قلمرو نهادی

معنای اصلی نهاد «برقراری، ساختن، و تثبیت کردن است». نهاد آب شامل: سازمان‌های رسمی و غیررسمی (اجتماعی)، قوانین و ضوابط دولتی و مردمی، و نیز فضای فرهنگی می‌باشد که مسائل، روابط، و ساختار قدرت در فضای مدیریت آب را شکل می‌دهند. بنابراین قلمرو نهادی جنبه‌های سیاسی، قانونی و سازمانی مرتبط با اراضی فاریاب را پوشش می‌دهد. از آنجایی که محصولات کشاورزی و معیشت شهرنشینان از نقاط کلیدی سیاست و علاقه سیاستمداران می‌باشد، سیاستمداران و سیاست‌گذاران نقش بزرگی در رشد و توسعه اراضی فاریاب را برعهده دارند. این علاقه‌مندی می‌تواند هم سودمند و هم مضر باشد. حمایت سیاسی برای اراضی فاریاب می‌تواند منجر به اقداماتی برای بهبود دسترسی به نهاده‌ها و بازارها شود.

علاوه بر این، علاقه‌مندی مزبور می‌تواند در تخصیص بیشتر منابع مالی برای سرمایه‌گذاری کلان در پروژه‌های جدید و یا به ثمر رساندن پروژه‌های موجود و نیز برای ثمربخشی مدیریت (بهره‌برداری، حفظ و نگهداری) مفید باشد. همچنین حمایت‌های سیاسی جدی نیاز است تا قوانین بر حسب شرایط و نیاز به تدریج بهبود یابند (با تصویب قوانین جدید یا احیاء و تجدید نظر در قوانین موجود). به‌ویژه در ارتباط با انتقال مدیریت شبکه‌های I&D به انجمن‌های آب‌بران^۱ وجود این حمایت‌ها ضروری است. در عین حال، تأثیر سیاست می‌تواند در جایی که سیاستمداران در تعیین قیمت خدمات آبیاری و زهکشی دخالت می‌کنند

1. Water Users Associations: WUA

جدول ۲-۳ زیرساخت‌های فیزیکی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

| اجزا | سطح | هدف |
|-----------------------------|--|--|
| مخزن | رودخانه | به‌منظور ذخیره‌سازی آب برای شمای آبیاری در رودخانه یا در شبکه احداث می‌شود. |
| مجاری انحراف سیلاب | کانال اصلی رودخانه کانال درجه یک کانال درجه دو کانال درجه سه | هدف‌های دیگر در ساخت مخازن رودخانه‌ای کنترل سیلاب‌ها و تنظیم جریان می‌باشند. برای محافظت از شمای آبیاری در مقابل سیلاب و رواناب سطحی برای دفع سیلاب و رواناب سطحی (مجاری رو باز یا بسته) |
| زهکش‌ها (رو باز یا بسته) | زهکش درجه یک زهکش درجه دو زهکش درون مزرعه | زهکش‌ها برای دفع آب اضافی از زمین ساخته می‌شوند. برای مراقبت از زیرساخت‌ها، رواناب سطحی نیز باید توسط زهکش‌ها کنترل شود. |
| سرریز رودخانه ایستگاه پمپاژ | کانال اصلی کانال اصلی | برای انحراف آب آبیاری از رودخانه و عرضه به مزارع. برای افزایش سطح آب تا سطح اراضی آبخور مورد نظر لازم می‌باشد. |
| سازه سرآب | زهکش اصلی کانال اصلی | برای تخلیه زه‌آب، در شرایطی که تراز آب در زهکش‌ها پایین‌تر از تراز آب رودخانه باشد. برای کنترل جریان ورودی به کانال اصلی است و معمولاً شامل دریچه و مجرای روزنه‌ای (برای محدود کردن جریان ورودی) می‌باشد. |
| رسوب‌گیر | کانال اصلی | هدف آن حذف و یا به‌دام انداختن رسوبات است. رسوب انباشته شده سپس از طریق شست و شو رودخانه برمی‌گردد و یا به‌طور مکانیکی تخلیه می‌شود. برای تنظیم و نگهداری ارتفاع سطح آب در ارتفاع طراحی. |
| تنظیم‌کننده سطح آب | کانال‌های درجه ۱ و ۲ | برای تنظیم جریان و دبی ورودی به کانال پایین‌دست. |
| تنظیم‌کننده بار آبی | کانال‌های درجه ۲ و ۳ | اندازه‌گیری دبی برای عملیات بهره‌برداری. |
| سازه‌های اندازه‌گیری | کانال‌های درجه ۲ و ۳ | برای عبور کانال از روی سازه‌ها (کانال دیگر، کانال زهکش و...) |
| فلوم آب | همه کانال‌ها | برای عبور کانال یا زهکش از زیر یک سازه (جاده، کانال زهکشی و...) یا عبور جریان زهکش‌های متقاطع از زیر یک کانال. |
| کالورت | همه کانال‌ها | برای عبور جریان سیلاب‌ها و رسوبات از روی کانال‌های اصلی. |
| گذرگاه‌ها | همه کانال‌ها | پایین آوردن تراز کف کانال و زهکش‌ها، برای کاهش شیب آنها در اراضی با شیب تند. |
| سیلاب | همه کانال‌ها | زهکش‌ها |
| شیب‌شکن | همه کانال‌ها | برای تخلیه آب مازاد از کانال به شبکه زهکشی (یا مجاری طبیعی) وقتی که سطح آب کانال بیش از حد بالا بیاید (در اثر ورودی جریان زیاد از بالادست و یا برداشت کم در پایین‌دست) و نیز تخلیه کامل کانال در مواقع اضطراری استفاده می‌شود. |
| سازه‌های تخلیه‌کننده | همه کانال‌ها | برای عبور جریان در زیر سازه‌هایی که پایین‌تر از کف کانال قرار دارند؛ مانند رودخانه‌ها و کانال‌های زهکش استفاده می‌شود. |
| سیفیون | همه کانال‌ها | سازه ساده‌ای برای توزیع آب بین کانال‌های زهکش درجه سه و چهار می‌باشد. |
| معکوس | کانال درجه سه و چهار | مخازنی که برای ذخیره آب آبیاری در شب استفاده می‌شوند. معمولاً آب در کانال‌های اصلی ۲۴ ساعته جریان دارد. اما کانال‌های درجه پایین‌تر عمدتاً در طول روز کار می‌کنند. مخازن ذخیره شبانه به کشاورز این امکان را می‌دهد که جریان پیوسته آب در کانال اصلی را در مواقع نیاز (روزها) استفاده کنند. |
| جعبه توزیع (مقسّم) | کانال اصلی یا درون مزرعه | استخراج آب زیرزمینی برای آبیاری؛ ممکن است همراه با آب سطحی و یا به‌تنهایی برای تأمین آب آبیاری به‌کار رود. |
| مخازن ذخیره شبانه | چاه | برای عبور انسان، ماشین‌آلات و دام‌ها از روی کانال‌ها و زهکش‌ها استفاده می‌شود. نقاط دسترسی که برای استفاده انسان (برداشت آب، رختشویی، ...) و دام (آبشخور) استفاده می‌شوند. |
| چاه | چاه بازرسی | برای بازرسی، نگهداری، تعمیرات و محافظت از کانال‌ها و زهکش‌ها استفاده می‌شود. |
| پل‌ها و کالورت | چاه دسترسی | برای دسترسی به اجزای شبکه آبیاری و زهکشی، مزارع و روستاها. |

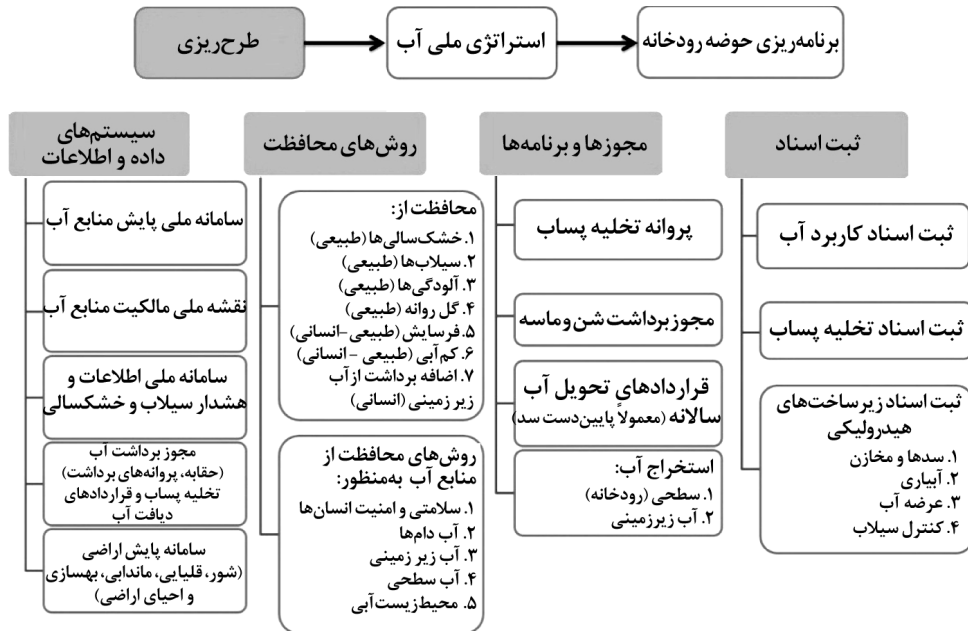
در ۲ حالت مضر باشد: وقتی که عوارض و نرخ‌های غیرمعقول برای هزینه‌ی خدمات وضع می‌شود و یا در زمان انتخابات سیاسی اگر که به آب‌بران وعده حذف و کاهش هزینه خدمات آب داده شود. در حقیقت، «بخش آبیاری» قوی نیازمند و وابسته به حمایت‌های جدی و مستمر سیاسی می‌باشد. زمانی که حمایتی صورت نگیرد به‌طور حتم کشاورزی فاریاب با مشکلاتی مواجه خواهد شد. این مشکلات عمدتاً به‌شکل عدم تخصیص منابع مالی کافی برای مدیریت، بهره‌برداری و حفظ و نگهداری شِماهای I&D (شامل دشت‌های آبیاری، مبتنی بر آب‌های زیرزمینی) صورت می‌پذیرد. بنابراین مدیر آبیاری بایستی با محیط سیاسی پیرامون خود روابط کافی برقرار و حمایت ایشان را جلب نماید.

کشاورزی فاریاب معمولاً مؤظف به تبعیت از قوانین، بخشنامه‌ها و ضوابط خاصی می‌باشد؛ از جمله: قانون «توزیع عادلانه آب» و بخشنامه‌ها و ضوابط مربوط به تخصیص منابع آب، حریم منابع آب، موارد مرتبط با حقایق‌ها و زهکش‌ها، بهداشت عمومی، محیط‌زیست، عوارض و مالیات‌ها، موارد مدنی مرتبط با کشاورزی فاریاب، و نهایتاً موارد استخدامی و قانون کار. این قوانین (شکل ۴-۲) نحوه برداشت از منابع آب، استفاده از این منابع برای آبیاری، و چگونگی تخلیه زه‌آب‌های کشاورزی را پوشش می‌دهند. اخیراً قوانین مربوط به انجمن‌های آب‌بران به قوانین مزبور اضافه شده که خود مقدمه تحولی جدی در حوزه مدیریت آب (از نظامی عمدتاً دولتی به ساختاری مردمی) بوده و احتمالاً منجر به تغییرات بسیاری در قوانین دیگر خواهد گردید. تأثیرات آبیاری و زهکشی بر محیط، تحت پوشش قوانین مربوط به بهداشت عمومی و محیط‌زیست قرار دارد. هدف این قوانین تنظیم و کنترل «برون‌ریزی زه‌آب‌ها و آلاینده‌ها» به‌منظور حداقل کردن آثار سوء آنها می‌باشد. برخی ضوابط مالی / مالیاتی نیز با اراضی فاریاب مرتبط هستند؛ برای مثال عوارض یا پرده‌ها (آب‌بها / حق‌النظاره / هزینه خدمات^۱) از این جمله می‌باشند. رعایت موادی از قوانین مدنی و کار که توسط تمامی آحاد جامعه به کار می‌روند، در کشاورزی فاریاب نیز لازم می‌باشند. بدیهی است مدیر آبیاری بایستی با کلیه قوانین مرتبط با حوزه فعالیت خویش آشنایی کامل داشته باشد. البته، در برخی مواقع با کمک یک حقوقدان نیز می‌توان این نیاز را بر طرف نمود.

ساختار و عملکرد سازمان‌های درگیر در مدیریت اراضی فاریاب تأثیرات مهمی در آبیاری این اراضی می‌گذارد. این سازمان‌ها از کشوری به کشور دیگر متغیر بوده که در ایران شامل وزارت‌های جهاد کشاورزی، نیرو، کار و رفاه اجتماعی، بازرگانی و نیز امور اقتصادی و دارایی می‌باشد. علاوه‌براین برخی دستگاه‌های دیگر مانند استانداری‌ها، بانک‌ها، بیمه کشاورزی و نیز سازمان جنگل‌ها و مراتع با بخش کشاورزی درگیر می‌باشند.

نقش این سازمان‌ها در ارتباط با «حوضه رودخانه» و «مدیریت آبیاری» در شکل ۵-۲ (برای مثالی از مکزیك) نشان داده شده است. این شکل برای درک بهتر از لزوم مشارکت دستگاه‌های درگیر در حوزه‌های مسئولیت (عملکردها) بسیار مفید می‌باشد. برای مثال تهیه برنامه‌های بهره‌برداری از آب

1. Service fees



شکل ۴-۲ نمونه موضوعات قوانین منابع آب.

زیرزمینی عمدتاً بر عهده دفتر مرکزی کمیسیون ملی آب (CNA) و ادارات منطقه‌ای آن است (که در ایران معادل شرکت مدیریت منابع آب کشور و شرکت‌های آب منطقه‌ای می‌باشند). گرچه دو دستگاه دیگر (کمیسیون ایالتی آب، شورای مدیریت آبخوان زیرزمینی) نیز در این امر درگیر هستند. بنابراین، این ۴ دستگاه بایستی با هماهنگی کامل (براساس تقسیم کار و مسئولیت‌ها) نسبت به تهیه برنامه‌ها اقدام ورزند. مدیریت آبیاری به منابع انسانی و فیزیکی وابسته بوده و این دو نیز با یکدیگر مرتبط می‌باشند. عرضه آب به موقع و به مقدار توسط یک شبکه خوب با نیروی انسانی و مدیریت ضعیف امکان‌پذیر نیست. در واقع، یکی از جنبه‌های کلیدی برای مدیریت خوب آبیاری، منابع انسانی کافی و ماهر (در سطوح مدیریتی تا اجرایی) می‌باشد. یک مدیر آبیاری در کنار یک تیم خوب، حتی در شرایطی که یک شبکه آبیاری و زهکشی دچار مشکلات فیزیکی باشد، می‌تواند با اقدامات مدیریتی برخی کاستی‌ها را جبران نمایند. جدول ۴-۲ برخی کنشگران کلیدی و درگیر در مدیریت آبیاری و زهکشی (از مزرعه تا ذخایر آبی) را فهرست نموده است.

| مسئولیت‌ها کنشگران کلیدی | فازلاب/سپاب/زه آب | | | | آب زیرزمینی | | | | آب سطحی | | | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|------------------|---------------|-------------|----------------|---------------|-----------------------|------------------|-----------------|----------|-------------|
| | تضمین کیفیت آب | پایش کیفیت آب | بهره برداری/نگهداری زیرساخت‌ها | ایجاد زیرساخت‌ها | تخصیص / توزیع | برنامه حوضه | تضمین کیفیت آب | پایش کیفیت آب | محافظةت از زیرساخت‌ها | ایجاد زیرساخت‌ها | برداشت/توزیع آب | تخصیص آب | برنامه حوضه |
| وزارت محیط زیست | | | | | | | | | | | | | |
| دفتر مرکزی CNA | | | | | | | | | | | | | |
| ادارات منطقه‌ای CNA | | | | | | | | | | | | | |
| شورای حوضه رودخانه | | | | | | | | | | | | | |
| ادارات ایالتی CNA | | | | | | | | | | | | | |
| کمیسیون ایالتی آب | | | | | | | | | | | | | |
| ادارات ناحیه‌ای آبیاری CNA | | | | | | | | | | | | | |
| انجمن های آبیبران - ناحیه‌ای | | | | | | | | | | | | | |
| انجمن های آبیبران - واحد آبیاری | | | | | | | | | | | | | |
| شورای مدیریت آبخیز زیرزمینی | | | | | | | | | | | | | |
| آب وفاضلاب شهری/ روستایی | | | | | | | | | | | | | |
| صنایع | | | | | | | | | | | | | |
| سازمان‌های غیردولتی (NGO) | | | | | | | | | | | | | |
| آبیبران | | | | | | | | | | | | | |

درگیری زیاد

درگیری محدود

شکل ۵-۲ کنشگران عمده و فرعی، و نقش ایشان در مدیریت آب حوضه رودخانه لرها در مکزیک.

جدول ۲-۴ اجزای مدیریت آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

| کنشگران کلیدی | اقدام مدیریتی |
|--|--|
| کشاورزان (اعضای انجمن آب‌بران) | توانایی یک کشاورز می‌تواند تأثیر مهمی بر مدیریت آب آبیاری داشته باشد. یک کشاورز خوب می‌داند چه زمانی، چه مقدار و چگونه آبیاری کند تا آب به اندازه نیاز آبی گیاه و ظرفیت خاک تحویل مزرعه داده شود. همکاری کشاورزان با یکدیگر در درون انجمن آب‌بران می‌تواند در مواقع اضطرار، بخشی از مشکلات را با جابجایی سهم کشاورزان در برنامه توزیع آب مرتفع سازد. |
| میراب (شبکه درجه ۳) | میراب‌ها از پرسنل اصلی در مدیریت آبیاری در درون واحدهای درجه سه هستند که مسئولیت سامان‌دهی و توزیع آب را بین کشاورزان برعهده دارند. یک میراب خوب می‌تواند تأثیر بسزایی در کارایی، اثربخشی و بهره‌وری آب داشته باشد. |
| مهندسین/تکنیسین‌های بهره‌بردار و نگهداری / تکنیسین‌های بهره‌بردار و نگهداری مدیران انجمن آب‌بران | مهندسین/تکنیسین‌های بهره‌بردار و نگهداری همراه با میراب‌ها به طرح‌ریزی و زمان‌بندی آبیاری و نیز پایش توزیع آب می‌پردازند. مسلماً هرچه طرح‌ریزی واقع‌گرایانه‌تر و پایش دقیق‌تر باشد پیاده‌سازی کامل‌تر به انجام خواهد رسید. |
| میراب (شبکه اصلی) | مدیران انجمن آب‌بران می‌توانند بر کارایی شبکه تأثیر بگذارند: از طریق تحول در مدیریت شبکه با تعریف وظایف مدیریت، از طریق کنترل وضعیت مدیریت شبکه با مقایسه برنامه‌ها و آنچه اجرا شده است، و نهایتاً از طریق ارتقاء کیفیت خدمات شبکه با تعیین استانداردها و ضوابط (یا تعیین حداقل‌های قابل قبول). |
| کارکنان خدمات شبکه اصلی | مسئولیت توزیع روزانه آب به واحدهای درجه سه برعهده میراب شبکه اصلی می‌باشد. عملکرد او بر بهره‌وری واحدهای درجه سه و مزارع به‌شدت تأثیرگذار است. بنابراین آموزش کافی و کنترل ایشان و نیز انگیزش آنان ضروری است. |
| دستورالعمل‌های بهره‌بردار و نگهداری | مانند یک میراب، سایر کارکنان خدمات شبکه اصلی (مسئولین نگهداری، بهره‌بردار، ...) می‌توانند تأثیر بسزایی بر کارایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی داشته باشند. انگیزش و آموزش (مهارت) این کارکنان کارایی توزیع و تحویل آب در شبکه را افزایش می‌دهد. |
| تعرفه‌گذاری و جمع‌آوری پرداخته‌ها | دستورالعمل‌های بهره‌بردار و نگهداری، چه در سطح شبکه فرعی (شبکه درجه سه و چهار) و چه در سطح شبکه اصلی بر مدیریت آب آبیاری تأثیر می‌گذارند. دستورالعمل‌هایی که خوب تدوین شده باشند (یعنی: تمامی فرایندها را تحت پوشش قرار داده و تداخل نداشته باشند، صریح و کاربردی باشند، ...) تأثیر بسیار زیادی بر کارایی مدیریت آبیاری و بهره‌وری آب دارند. |
| | استقلال مالی و خودگردانی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، می‌تواند در پیشبرد اهداف مدیریت و پیاده‌سازی برنامه‌ها سهم بسزایی ایفا نماید. برای آنکه مدیریت شبکه بتواند منابع مالی خویش را از کشاورزان تأمین نماید، بایستی در تعرفه‌گذاری (به‌اندازه، عادلانه و در عین حال کافی) و جمع‌آوری پرداخته‌ها تلاش مضاعف نماید. پیشنهاد این امر، جلب توافق و اعتماد کشاورزان با ارائه گزارش‌های کامل و شفاف از چگونگی مصرف منابع مالی و پاسخگویی مدیریت است. |

قلمرو اقتصادی

توسعه در شبکه‌های آبیاری و زهکشی همراه با ارتقاء معیشتی و توسعه اقتصادی می‌باشد. تغییر اراضی دیم به فاریاب با عرضه مطمئن و کافی آب موجب افزایش عملکرد محصول، بالا رفتن تولید و نهایتاً افزایش درآمد کشاورزان می‌گردد. در مناطق فقربنده، آبیاری (به‌شرط تأمین آب) سهم مهمی در کاهش فقر جامعه و امنیت غذای مورد نیاز خانواده‌ها دارد. در حالت کلی کشاورزی فاریاب نیازمند نیروی کارگری بیشتری در مقابل کشاورزی دیم بوده و در نتیجه باعث افزایش فرصت‌های شغلی برای کارگران می‌شود. در هر حال، نتیجه افزایش بهره‌وری کشاورزی موجب توسعه صنایع وابسته به کشاورزی و نیز افزایش اشتغال (شامل: مغازه‌داری، تعمیرگاه‌ها، کارگاه‌های ادوات کشاورزی و ...) می‌شود.

شناخت تفاوت بین هزینه‌های اقتصادی و سود حاصل از توسعه آبیاری و زهکشی و هزینه‌های مالی و سود آنها بسیار مهم است. برای مثال گزینش یک طرح بسیار سودآور در میان سایر طرح‌ها، انتخابی اقتصادی است. در حالی که، بررسی انجام‌پذیری یک طرح (هرچند سودآور) با توجه به فراهمی منابع مالی

و پولی، یک تحلیل مالی است. از یک طرف، تحلیل اقتصادی طرح‌های آبیاری بر منافع جامعه و دولت (بهترین سودآوری) متمرکز است. این تحلیل‌ها براساس ملاحظاتی چون فرصت‌های شغلی در توسعه صنعت، افزایش تقاضا برای کالا و رونق اقتصادی و مانند اینها صورت می‌گیرند. از طرف دیگر، تحلیل‌های مالی که براساس تبادلات پولی است، معمولاً برای مسئولین و کشاورزان، هر دو، انجام می‌پذیرد. این تحلیل برای مسئولین با توجه به «هزینه‌های راهبری سازمان و هزینه‌های ارائه خدمات» در مقابل «منابع درآمدی پوشش‌دهنده این هزینه‌ها» انجام می‌گیرد. برای کشاورزان، تحلیل فوق با توجه به «درآمد حاصل از یک طرح برای کشاورزان و خانواده ایشان» صورت می‌پذیرد. در حالت کلی سرمایه‌گذاران (دولت و تأمین‌کنندگان مالی) علاقه‌مند به دانستن سود و هزینه‌های اقتصادی هستند. در صورتی که کشاورزان علاقه‌مند به دانستن سود و هزینه مالی هستند و اینکه طرح بتواند سبب ارتقاء معیشت آنها و بهبود زندگیشان شود.

همراه با افزایش پتانسیل منافع مالی کشاورزی فاریاب، هزینه‌های لازم برای مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری از شبکه I&D نیز افزایش می‌یابد. متأسفانه به‌رغم سودآوری مالی کشاورزی فاریاب برای کشاورزان، هنوز در بسیاری از کشورها دولت و کشاورزان تمایل چندانی برای تأمین هزینه واقعی فعالیت‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری^۱ را ندارند. در بسیاری از کشورها، در طول ۲۰ سال اخیر، منابع مالی مهمی برای بازسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی اختصاص یافته است؛ که متأسفانه اکثر آنها، به دلیل عدم سرمایه‌گذاری کافی در امر نگهداری، پس از چند سال مجدداً نیازمند بازسازی خواهند بود. امروزه، به‌عنوان یک راه حل، در بعضی کشورها برای مقابله با مسئله عدم سرمایه‌گذاری کافی در امر نگهداری شبکه، واگذاری بخشی از امور MOM به آب‌بران مطرح گردیده است؛ با این امید که کشاورزان به‌عنوان نفع‌بران واقعی علاقه‌مند به تأمین بخشی از این هزینه‌ها هستند. البته، هنوز در برخی از کشورها کشاورزان، به‌رغم قبول پرداخت هزینه‌های بذور، کرایه ماشین‌آلات، سوخت و امثال آن، نسبت به پرداخت هزینه‌های آبیاری و زهکشی مشکل دارند. این امر یکی از بزرگترین چالش‌های است که مدیر آبیاری و زهکشی با آن روبه‌رو می‌باشد.

قلمرو اجتماعی

در مقایسه با دیدم کاران، کشاورزان فاریاب در شمای آبیاری و زهکشی نیاز به همبستگی اجتماعی، نظم و هماهنگی بیشتری دارند. در واقع، آب‌بران برای استفاده مشترک از منابع آب موجود، نیاز به همکاری گروهی دارند؛ زیرا در بسیاری از سیستم‌های اجتماعی کشاورزی فاریاب، ارزش معنوی عدالت و برابری در تخصیص و توزیع منابع آب بسیار بیشتر از ارزش تأمین آب است. در حالت کلی، شبکه‌های با همبستگی اجتماعی قوی، دارای بهره‌وری آبیاری بالایی بوده؛ و متقابلاً در شبکه‌های با همبستگی اجتماعی

1. Management, Operation and Maintenance: MOM

ضعیف، مدیریت شبکه و توزیع آب آبیاری دچار مشکلات متعددی است. در بسیاری از جوامع آبیاری سنتی (مانند: شبکه مُجن در استان سمنان) موفقیت‌های مدیریت و توزیع آبیاری مدیون قواعد و ضوابط اجتماعی مرتبط با آب می‌باشد که در این جوامع در طول تاریخ پدید آمده و عادت گردیده (مورد قبول عامه شده) است.

روحه همکاری و پیروی از قواعد و ضوابط در تمامی شِماهای آبیاری و زهکشی به یک اندازه نیست، به‌خصوص با افزایش اندازه شِمای آبیاری ایجاد این رفتار اجتماعی نیازمند زمان و تعامل بیشتری است. در شِماهای بزرگ، قلمرو اجتماعی شامل مدیران و کارکنان شبکه‌های اصلی و نیز آب‌بران می‌شود. اگر شبهه فساد و عدم شفافیت در رفتار مدیران و کارکنان باشد، مسلماً اعتماد آب‌بران به ایشان سلب شده و مشکلات و ناهنجاری‌های بسیاری در شِمای آبیاری رواج خواهد یافت. در مقابل، هرگاه پاسخگویی، شفافیت و اعتماد متقابل بین این دو گروه پدید آمده باشد کارایی مدیریت فزونی یافته و منجر به ارتقاء بهره‌وری می‌گردد. بنابراین، سطح اعتماد در ارتباط بین این دو قشر، تناسب مستقیمی با چگونگی و کیفیت خدمات شِمای آبیاری دارد.

قلمرو محیط‌زیستی

دلیل توجه به قلمرو محیط‌زیستی مطالعه اثرات توسعه آبیاری و زهکشی بر محیط‌زیست؛ و متقابلاً بررسی اثرات عوامل محیطی بر کشاورزی فاریاب است. بدترین شرایط وقتی ایجاد می‌شود که شبکه آبیاری و زهکشی از طرح‌ریزی، طراحی و ساخت ضعیفی برخوردار بوده باشد. در چنین حالتی برداشت اضافی از منابع آب و کاربرد زیاد آب آبیاری، آفت‌کش‌ها و کودها می‌تواند از طریق زه‌آب به محیط‌زیست صدماتی جدی وارد آورد. مهمترین مسائل مرتبط با توسعه آبیاری و زهکشی در قلمرو محیط‌زیستی عبارتند از (شرح کامل‌تر در جداول ۲-۵ تا ۲-۹ آمده است):

۱. تخریب کیفی زمین‌های درون شِمای آبیاری
 ۲. کاهش سطح آب زیرزمینی
 ۳. کاهش کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی
 ۴. تخریب زیست‌بوم
- جداول ۲-۵ تا ۲-۹ به‌عنوان یک راهنمای کلی، به مدیر شبکه کمک می‌کند تا با اتخاذ روش‌ها و راهکارهای مناسب اثرات سوء شبکه/ شِماهای آبیاری و زهکشی را بر محیط پیرامونی، به‌شرح زیر کاهش دهد:

- کاهش برداشت از آب‌های سطحی و زیرزمینی در حداقل ممکن، به‌کمک اجرای صحیح عملیات بهره‌برداری و نگهداری که موجب افزایش بازدهی و بهره‌وری سیستم گردد؛
- کاستن از نفوذ عمقی و تخلیه از زهکش‌ها به حداقل ممکن، با کاربرد حداقل آب آبیاری لازم؛
- کاهش آفت‌کش و کود در زه‌آب با کاربرد کنترل‌شده آن‌ها و انجام آبیاری متناسب با زمان کاربرد این مواد؛

جدول ۵-۲ تأثیرات توسعه آبیاری و زهکشی بر محیط زیست: هیدرولوژیکی

| عوامل | توضیح | اقدامات کاهش‌دهنده |
|------------------------|--|--|
| جریان کم در رودخانه | در زمان کم جریانی رودخانه، برداشت آب برای آبیاری می‌تواند تأثیرات منفی بر محیط‌زیست آبی پایین‌دست و یا آبران پایین‌دست داشته باشد. | به حداقل رساندن برداشت از طریق افزایش کارآمدی شمای آبیاری. تنظیم الگوی کشت برای برداشت حداقل در طول دوره جریان کم. |
| پخش سیلاب | آبیاری به روش پخش سیلاب کنترل نشده می‌تواند اثرات مخرب بر محیط‌زیست داشته باشد؛ گرچه در سیلاب دشت‌ها و یا برای تالاب‌ها موجب تغذیه طبیعی می‌شود. برداشت کامل سیل‌های طبیعی نیز می‌تواند اثرات منفی بر جای گذارد. | با بهره‌برداری مناسب از سرریز سد و بندانحرافی می‌توان میزان جریان برداشت‌شده و جریان باقی‌مانده را به‌تناسب مدیریت کرد تا هم در اراضی کشاورزی و هم در رودخانه مشکلی نباشد. |
| بهره‌برداری از سد | شیوه بهره‌برداری از سد تأثیر قابل توجهی بر پایین‌دست دارد. | بهره‌برداری باید با توجه به نیازهای انسانی و طبیعی پایین‌دست باشد. |
| کاهش سطح آب زیرزمینی | مدیریت نامطلوب مخازن می‌تواند عوارض جانبی برای سلامت انسان باشد (ازدیاد مالاریا و ...) | در بهره‌برداری از سد به مسائل مرتبط با بهداشت توجه شود. مثلاً می‌توان با نوسان دادن سطح آب در مخزن مانع ازدیاد مالاریا شد. |
| کاهش سطح آب زیرزمینی | کاهش آب‌های زیرزمینی می‌تواند پیامدهای جدی بر محیط‌زیست داشته باشد. مانند: پیشروی آب‌های شور، فرونشست زمین، خشک شدن تالاب‌ها، ... | مدیریت و کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی از طریق صدور مجوز حفر چاه و پروانه برداشت از آن. ایجاد شبکه آبران و مشارکت دادن ایشان در مدیریت منابع آب. |
| افزایش سطح آب زیرزمینی | در اثر برداشت بیش از حد از آبخوان‌های فسیلی (تجدیدنابپذیر)، آبخوان می‌تواند کاملاً تهی و خشک شود. | با مدیریت صحیح آبیاری، مخصوصاً در سطح مزرعه، برای به حداقل رساندن تلفات آب و نیز فراهم کردن سیستم زهکشی مناسب می‌تواند از این مشکلات پیشگیری نماید. |
| بیش‌آبیاری سطح آب | بیش‌آبیاری موجب افزایش سطح آب زیرزمینی شده که می‌تواند منجر به ماندابی و شور شدن اراضی، کاهش محصولات کشاورزی، تخریب زمین‌های حاصلخیز و نیز مخاطرات بهداشتی گردد. | |

جدول ۶-۲ تأثیرات توسعه آبیاری و زهکشی بر محیط زیست: کیفیت آب

| عوامل | توضیح | اقدامات کاهش‌دهنده |
|---------------------|--|--|
| نمک‌های محلول در آب | کاهش جریان رودخانه موجب کاهش توانایی رودخانه در رقیق نمودن آلودگی‌های محلول در آب می‌شود. | کاهش برداشت آب و در نظر گرفتن سهمی برای حداقل جریان رودخانه. |
| آب | کاهش ورود جریان‌های سیلابی به تالاب‌ها موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها و شوری می‌شود. | رهاسازی بخشی از جریان سیل برای تنظیم کیفیت آب تالاب‌ها. |
| سموم | زهکشی و نفوذ عمقی از اراضی فاریاب موجب تخلیه مواد سمی موجود در خاک (مانند: سموم گیاهی) می‌شود. این مواد در پایین‌دست برای انسان و محیط‌زیست خطرناک می‌باشند. | اجرای روش‌ها و برنامه زمانی مناسب در استفاده از آفت‌کش‌ها. به حداقل رساندن تلفات آبیاری و جریان زهکشی. برنامه‌ریزی برای تخلیه نمک در دوره‌های با جریان زیاد. |
| آلودگی‌های کشاورزی | کودهای طبیعی و شیمیایی می‌توانند برای محیط‌زیست مضر باشند. نیترات‌ها با انحلال و فسفات در ترکیب با ذرات خاک به‌وسیله فرسایش به محیط آبی انتقال یافته، موجب رشد جلبک‌ها شده و نهایتاً به محیط‌زیست آبیان آسیب می‌رسانند. نیترات در آب برای سلامت انسان مضر است. | به‌کارگیری روش‌های کوددهی با حداقل آسیب (تخلیه) به محیط‌زیست. آموزش کشاورزان برای استفاده مناسب (به‌موقع و به‌مقدار) از کودها و آفت‌کش‌ها. |
| تخریب بی‌هوای | در محیط‌های آبی وقتی مواد مغذی زیاد می‌شوند و یا هنگامی که تجزیه مواد آلی (برای مثال در مخازن) شدید می‌شود، شرایط بی‌هوای پدید می‌آید که خود منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای (متان، سولفید هیدروژن و آمونیاک) می‌گردد. | به حداقل رساندن مواد مغذی در رواناب و زه‌آب شمای آبیاری. پاک کردن کف مخازن جدید از پوشش گیاهی، قبل از پرکردن. |

جدول ۷-۲ تأثیرات توسعه آبیاری و زهکشی بر محیط زیست: کیفیت خاک

| عوامل | توضیح | اقدامات کاهش دهنده |
|--------------------|--|---|
| شوری خاک | تجمع املاح در خاک ممکن است توسط شوری آب آبیاری، صعود موبینه آب‌های زیرسطحی شور، و یا املاح کودهای طبیعی و مصنوعی ایجاد شود. | مدیریت بیلان نمک در اراضی فاریاب با زهکشی مناسب، به‌طوری که تجمع نمک‌ها ایجاد نشود. برنامه‌ریزی برای آبشویی کافی خاک. |
| خواص خاک | خصوصیات خاک می‌تواند تحت شرایط آبیاری و زهکشی تغییر نماید. مثلاً: قابلیت زهکشی خاک‌های تورب به‌سرعت کاهش می‌یابد، و خاک‌های رسی با افزایش یون سدیم قلیایی شده و ساختمان خود را از دست می‌دهند. | درک رفتار خاک و مدیریت مسئولانه آنها. کاربرد گچ برای اصلاح خاک‌های قلیایی. |
| شور شدن آب زیرسطحی | آبیاری بیش از حد باعث شسته شدن نمک‌ها و ورود آنها به آب زیرسطحی و شور شدن آن و مخاطره شوری خاک مزرعه می‌شود. | مدیریت آب آبیاری برای به حداقل رساندن تلفات. فراهم کردن شرایط زهکشی (پایین نگهداشتن آب زیرسطحی) برای جلوگیری از شوری خاک. |
| زه‌آب شور | غلظت زه‌آب سیستم زهکشی معمولاً ۵ تا ۱۰ برابر غلظت آب آبیاری بوده و برای پایین‌دست مشکل‌ساز است. | دفع زه‌آب به محلی مناسب (مثل دریا) اگر سطح شوری بالا باشد. |
| پیشروی آب‌های شور | کاهش جریان رودخانه و جریان آب زیرزمینی می‌تواند منجر به پیشروی آب شور در مناطق ساحلی، دهانه رودخانه‌ها، محیط‌های آبی، و مرداب‌ها به سمت آب‌های زیرزمینی شود. | کنترل بیلان نمک برای جلوگیری از شوری زیاد زه‌آب. حفظ رژیم جریان حداقل در رودخانه‌ها و محدود کردن برداشت آب زیرزمینی. |

جدول ۸-۲ تأثیرات توسعه آبیاری و زهکشی بر محیط زیست: بیولوژیکی و اکولوژیکی.

| عوامل | توضیح | اقدامات کاهش دهنده |
|--------------------|--|--|
| توسعه شیمای آبیاری | محیط‌های انسانی و زیستی منطقه پس از توسعه شمای آبیاری اساساً دستخوش تغییرات (نامطلوب) می‌گردند. | ارزیابی محیط‌زیستی در مرحله طرح‌ریزی و طراحی به‌منظور شناخت دقیق اثرات توسعه آبیاری بر اکوسیستم بایستی صورت گیرد. |
| توده‌های آب | محیط‌های آبی (رودخانه‌ها، تالاب‌ها، سیلاب دشت‌ها، و...) با توسعه آبیاری و زهکشی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. توده‌های آبی جدید (مخازن، کانال‌ها، زهکش‌ها، آب‌بندان‌ها و استخرهای ذخیره‌سازی و...) ایجاد می‌شوند. بیماری‌های قابل انتقال توسط آب ممکن است افزایش یابند. | به‌کارگیری روش‌های هم‌زیستی شمای آبیاری با اکوسیستم برای حفاظت از حیات وحش، مسیرهای مهاجرت، چرای سنتی دام و... شناسایی مشکلات محتمل و چاره‌اندیشی برای کاهش اثرات آن‌ها در مرحله طرح‌ریزی. اعمال این تدابیر در مرحله طراحی و پیاده‌سازی. ممکن است تدابیر متعددی مورد نیاز باشند. |
| دره‌ها و سواحل | سیلاب دشت‌ها و اکوسیستم‌های دهانه رودها ممکن است تحت اثرات سوء ناشی از توسعه شمای آبیاری (کاهش سیل‌ها و افزایش برداشت آب) قرار گیرند. | شناسایی تدابیری برای سازگاری در مرحله طرح‌ریزی و اعمال آن در مرحله طراحی و پیاده‌سازی؛ برای مثال: به حداقل رساندن برداشت‌ها، حفظ رژیم جریان فصلی؛ و تضمین حداقل جریان در رودخانه. |
| تالاب‌ها و دشت‌ها | شامل مرداب، برکه، یا تورب با آب‌های شیرین و لب شور. تالاب‌ها، اکوسیستم‌های بسیار فعالی هستند که از اکوسیستم‌های «آبی» و «حیات‌وحش» پشتیبانی می‌نمایند. زهکشی تالاب‌ها امروزه از نقطه نظر محیط‌زیستی عملی ناپسند تلقی می‌شود. | شناسایی تالاب‌ها و اکوسیستم‌های مرتبط در مرحله طرح‌ریزی، ارزیابی تأثیرات شمای آبیاری بر آنها. فرموله کردن و اعمال اقدامات سازگار با تالاب‌ها. |
| آفات و علف‌های هرز | توسعه شیمای آبیاری و زهکشی برای برخی از آفات و علف‌های هرز سودمند است. جمعیت جانوران شکارچی، (مانند مارها و برخی پرندگان و حشرات) ممکن است در اثر استفاده از آفت‌کش‌ها و نیز تغییر کاربری اراضی، کاهش یابند و یا مجبور به جایجایی شوند. | انتخاب اقدامات لازم برای جلوگیری از انواع خاص از آفات و بیماری‌ها بدون کاربرد سموم، مانند اجتناب از تک‌محصولی. |
| بیماری‌های دامی | حیوانات در معرض بیماری‌های منتقله توسط آب قرار می‌گیرند و ممکن است توسعه شمای آبیاری و زهکشی بر آن‌ها تأثیرات منفی گذارد. | انتخاب اقدامات لازم برای کاهش تماس دام‌ها با توده‌های آبی مضر. |

جدول ۸-۲ (ادامه)

| عوامل | توضیح | اقدامات کاهش‌دهنده |
|-----------------|--|--|
| علف‌های هرز آبی | یک شمای آبیاری و زهکشی می‌تواند زیستگاه مناسبی برای رشد علف‌های هرز آبی را فراهم کند. ازدیاد علف‌های هرز آبی می‌تواند ظرفیت مخازن و کانال‌ها را محدود نماید. | این مشکل می‌تواند در برخی مناطق شدید باشد. به‌کارگیری روش‌های مناسب مدیریتی و نگهداری برای کنترل گسترش علف‌های هرز آبی. استفاده از علف‌کش می‌تواند برای محیط‌های آبی بسیار مضر باشد. |
| سلامت انسان | علاوه‌براین، پوشش گیاهی در کانال‌های آبیاری و زهکشی زیستگاه برخی جانوران حامل بیماری (مانند حلزون و پشه) هستند. توسعه آبیاری و زهکشی می‌تواند اثرات سوء جدی بر سلامت انسان داشته باشند. برای مثال مالاریا یا برخی از بیماری‌ها که از راه آب انتقال می‌یابند. | برنامه‌های گسترده بهداشت عمومی می‌توانند باعث کاهش این بیماری‌ها شوند. (مانند: استفاده از پشه‌بند در شب، افزایش بهداشت عمومی، و نهایتاً تدابیر بهره‌برداری مناسب مثل حفظ جلوگیری از راکد ماندن آب‌ها). |

جدول ۹-۲ تأثیرات توسعه آبیاری و زهکشی بر محیط زیست: اجتماعی-اقتصادی

| عوامل | توضیح | اقدامات کاهش‌دهنده |
|--------------------|---|---|
| رشد جمعیت | به‌طورکلی شمای آبیاری موجب افزایش تراکم جمعیت منطقه و موجب توسعه اقتصادی و رشد آن می‌شود که این خود می‌تواند اثرات متعددی در منطقه داشته باشد. | همیشه پیش‌بینی تغییراتی که ممکن است وقوع یابد امکان‌پذیر نیست. شهرسازی مناسب و ایجاد تصفیه‌خانه فاضلاب می‌تواند در رفع برخی اثرات سوء کمک کند. |
| گروه‌های آسیب‌پذیر | توسعه شمای آبیاری می‌تواند سطح درآمد‌ها را تغییر داده و تعادل در جامعه برهم زند. برای مثال توسعه آبیاری باعث محدودیت برای ماهیگیران و چوپانان می‌شود. | بایستی در مرحله طرح‌ریزی توسعه آبیاری و زهکشی همه گروه‌داران شناسایی و نیازهای ایشان در نظر گرفته شوند. برای مثال اگر توسعه اراضی فاریاب موجب کاهش چراگاه‌ها بشود بایستی جایگزین مناسب در طراحی منظور گردد. |
| مهاجرت انسانی | مهاجرت موقت/ فصلی کارگران برای کار در مزارع می‌تواند تعادل جامعه محلی را تغییر دهد. | ارزیابی تأثیرات اجتماعی در مرحله طرح‌ریزی، کمک می‌نماید تا برنامه‌ریزی مفید در مقابله با این مشکل صورت پذیرد. |
| اسکان مجدد | اسکان مجدد جوامعی که به‌خاطر آبیاری مخزن و یا گسترش اراضی فاریاب بایستی جابجا شوند می‌تواند برای ایشان بسیار دردناک باشد. | برنامه‌ریزی صحیح برای اسکان مجدد و نیز همدردی و توجه کسانی که دچار این تألمات شدند می‌تواند اثرات سوء را کاهش دهد. |
| اثرات منطقه‌ای | اگر توسعه آبیاری و زهکشی موفقیت‌آمیز بوده باشد ممکن است بر اقتصاد محلی (افزایش قیمت نیروی کارگری و کاهش قیمت‌های محلی با توجه به در دسترس بودن بیشتر محصولات کشاورزی) اثر بگذارد. | در مرحله طرح‌ریزی، آنالیزهای اقتصادی- اجتماعی باید تأثیرات ممکن را شناسایی و مزایا و منافع آن را مشخص کند. |
| ریسک بیماری | توسعه آبیاری و زهکشی می‌تواند موجب افزایش تماس مردم با آب در مخازن و کانال‌ها گردد؛ که به‌نوبه خود می‌تواند ریسک بیماری را افزایش دهد. | در نواحی که خطر بیماری‌های منتقله از آب بالا است، بایستی دسترسی عموم (به‌ویژه کودکان) به کانال‌ها و مخازن ذخیره محدود گردد یا این توده‌های آبی دور از نقاط مسکونی قرار گیرند. |

- پرهیز از «پیش-آبیاری» که باعث صعود سطح آب زیرسطحی و افزایش شوری اراضی می‌شود؛
- کاستن از تلفات کانال‌های آبیاری با پوشش دادن کانال‌ها، انجام مراقبت به موقع و عملیات نگهداری صحیح؛
- کنترل مخاطرات سلامتی با کاهش سطوح ایستابی (برای کنترل حشرات) و نیز آموزش مسائل بهداشتی به کشاورزان و خانواده ایشان.

مراحل توسعه

با توجه به موارد اشاره شده، مراحل متعددی در توسعه مناطق روستایی از طریق ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی قابل تشخیص می‌باشند. نگاه به فعالیت‌های هر مرحله به خواننده اجازه درک بهتری از چگونگی راهبری (مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری) یک شمای آبیاری می‌دهد. به‌طور کلی شش مرحله، مرتبط و متفاوت، در راهبری یک پروژه توسعه آبیاری وجود دارد که عبارتند از:

۱. طرح‌ریزی، ۲. طراحی، ۳. ساخت، ۴. بهره‌برداری، ۵. نگهداری و مدیریت اموال، ۶. بازسازی.
در مجموع این مراحل در امتداد هم یک «شبکه پشتیبانی» پدید می‌آورند. هدایت و پیگیری این مراحل برای شمای بزرگ بر عهده سازمان‌های عمومی و دولتی است؛ ولی برای شمای کوچک می‌تواند توسط رهبران جوامع محلی (مانند کدخدا) سامان یابد.

فعالیت‌های این شبکه پشتیبانی شامل مدیریت منابع (اعم از مالی، انسانی و تکنولوژیک)، مدیریت پرسنل، تأمین مالی و نیز مدیریت عمومی (شامل قراردادها و ...) می‌باشد. برای توسعه یک شمای آبیاری و زهکشی (از ایده تا ساخت و بهره‌برداری)، وجود عزمی قوی و مستمر نیاز است. منشأ این عزم می‌تواند برخی سازمان‌ها دولتی یا عمومی باشد؛ و یا آنکه گروهی از کشاورزان (و یا بخش خصوصی) باشد؛ و البته، ترکیبی از این دو حالت نیز ممکن است. در هر حال، برای آن‌که هدف به‌درستی مشخص و قابل دسترس باشد، یکی از ویژگی‌های اساسی صاحب این عزم «واقع‌گرایی» می‌باشد. شرح هر کدام از شش مرحله مذکور در زیر می‌آید.

طرح‌ریزی

طرح‌ریزی فرایند شناخت پتانسیل‌ها برای آبیاری و انتخاب بهترین رهیافت برای توسعه شمای آبیاری و زهکشی می‌باشد. در این مرحله امکان‌پذیری توسعه از نقطه نظر فنی، اقتصادی، فیزیکی، اجتماعی، نهادی و محیط‌زیستی بررسی می‌شود. پرسش‌های مطرح در این مرحله شامل موارد ذیل می‌باشند:

- آیا ایده انجام‌شدنی است؟ چگونه به‌انجام می‌رسد؟ و هدف اصلی از این توسعه چیست؟
- هزینه چقدر می‌باشد؟ چه کسی این هزینه را می‌پردازد؟ و آیا اقتصادی است؟
- عواقب و اثرات سوء محتمل ناشی از این توسعه چه می‌تواند باشد؟
- سود حاصل چقدر خواهد بود، و چگونه می‌توان آن را بین گروداران توزیع نمود؟
- چگونه مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری خواهد شد؟
- آیا این توسعه پایدار خواهد بود؟

بنابراین طرح‌ریزی مرحله‌ای مهم، به‌ویژه برای پروژه‌های درازمدت، می‌باشد. متأسفانه، اغلب اوقات زمان و منابع ناکافی برای آن در نظر گرفته می‌شود. در این مرحله اطلاعات کمی از شمای، آب‌بران و محیط‌زیست آن معلوم است. مثلاً وسعت آن و نحوه توزیع آب و یا آلودگی‌های محتمل هنوز به‌درستی

مشخص نیست.

در این مرحله مشخص بودن اهداف توسعه (سیاسی/اقتصادی/مالی/اجتماعی) بسیار مهم می‌باشد. برای مثال ممکن است هدف برخی از طرح‌ها صرفاً اجتماعی-سیاسی بوده باشد. چنین طرح‌هایی ممکن است از نظر اقتصادی موجه نباشند، بلکه به ضرورت سیاسی اجرا می‌شوند. اگر چه در حالت کلی، شیماهای آبیاری و زهکشی برای توسعه اقتصادی به وجود می‌آیند؛ و عمدتاً بر کاهش فقر و افزایش امنیت معیشتی روستاییان در مناطق خشک و نیمه‌خشک تمرکز دارند. طرح‌های بخش خصوصی عمدتاً برای به دست آوردن منافع مالی به وجود می‌آیند. در مرحله طرح‌ریزی مطالعه‌ای با عنوان «امکان‌سنجی» صورت می‌گیرد تا سود و هزینه حاصل از ایجاد شیمای آبیاری و لذا توجیه‌پذیری طرح مشخص شود. این مطالعات شامل موارد زیر می‌گردد:

- عملیات نیمه تفصیلی نقشه برداری برای شناخت وضعیت توپوگرافی؛
- مطالعات خاک؛
- مطالعات مکانیک خاک با توجه به موقعیت سازه‌های مهم شبکه؛
- تهیه نقشه منطقه طرح (شیمای آبیاری)؛
- جمع آوری داده‌ها و تحلیل آب و هوا و منابع آب (کمی و کیفی)؛
- تعیین ارقام مناسب گیاهان، دسترسی به بازارها، هزینه نهاده‌ها و قیمت فروش محصولات؛
- مطالعات اجتماعی برای شناسایی شرایط و نیازهای جامعه روستایی؛
- مطالعات توسعه نهادی برای شناسایی چارچوب‌های موجود و نیازها؛
- مطالعات محیط‌زیستی؛
- پلان طرح و همراه با تخمین هزینه‌ها؛
- گزینه‌های اجرای طرح و برنامه زمانی؛
- تحلیل‌های مالی و اقتصادی.

یکی از مهمترین مسائل در توسعه آبیاری، به خصوص در مناطقی که کشاورزی از قبل وجود دارد، جلب مشارکت فعال ذینفعان و سایر گروداران می‌باشد. عدم مشارکت ذینفعان و گروداران در مرحله طرح‌ریزی، اثرات سوء در پیشبرد طرح بر مراحل بعدی گذاشته و نهایتاً در درازمدت پایداری توسعه را با چالش مواجه می‌نماید. در بعضی از مناطق یکپارچه‌سازی زمین‌ها یکی از موارد مهم می‌باشد که باید با تمرکز بر آن در مرحله طرح‌ریزی مورد رسیدگی قرار گیرد. این اقدام اگرچه از چشم‌انداز فنی شایسته است، اما برای انجام یکپارچه‌سازی زمین‌های شخصی کشاورزان نیاز به تلاش و بررسی‌های زیادی از منابع مختلف می‌باشد. زیرا معمولاً کشاورزان در مقابل این کار مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند.

طراحی

زمانی که مرحله طرح‌ریزی برای توسعه به انجام رسید؛ مرحله طراحی آغاز می‌شود. در این مرحله نیاز به

جمع‌آوری داده‌های زیادی می‌باشد. مرحله طراحی ممکن است شامل موارد ذیل باشد:

- مطالعات تفصیلی توپوگرافی؛
 - طراحی چیدمان شبکه آبیاری (شامل تعیین موقعیت و پلان قرارگیری اجزاء شبکه: سازه‌های سرآب، کانال‌ها/لوله‌ها، زهکش‌ها، سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری، سازه‌های کنترل سیلاب، نقاط تحویل آب، و جاده‌ها)؛
 - تعیین ترکیب و تراکم محصولات (الگوی کشت)؛
 - انتخاب سیستم‌های آبیاری (سطحی، بارانی، قطره‌ای)؛
 - تخمین نیاز آبی گیاهان، مدول آبیاری، تعیین اندازه کانال‌ها/لوله‌ها و طراحی هیدرولیکی شبکه؛
 - تخمین رواناب سطحی و ضریب زهکشی برای تعیین اندازه زهکش‌های سطحی و عمقی؛
 - برآورد هزینه‌های طرح (تخمین مهندسی)؛
 - تهیه اسناد مناقصه (مشخصات طرح، مشخصات تجهیزات، فهرست مقادیر، آلبوم نقشه‌های اجرایی)؛
 - برنامه زمانی عملیات اجرایی (مبتنی بر واقع‌گرایی)؛
 - تهیه دستورالعمل‌های مرحله بهره‌برداری (تشکیلات، بهره‌برداری و نگهداری) و رویه‌های مدیریتی.
- انجام طراحی معمولاً توسط یک شرکت مهندسی مشاور که در یک فرایند مناقصه انتخاب می‌گردد صورت می‌پذیرد. برنده مناقصه با توجه به توانمندی (براساس پرسنل و امکانات)، تجربه (براساس کارهای پیشین)، و البته قیمت پیشنهادی مشخص می‌شود. سپس، مشاور طراحی را به‌انجام رسانده و نهایتاً اسناد مناقصه را آماده می‌سازد. اکنون، مناقصه برای انتخاب پیمانکاران می‌تواند برگزار گردد.
- جلب مشارکت آب‌بران در مرحله طراحی نیز ضروری است؛ به‌خصوص در شمایایی که بعداً توسط کشاورزان مدیریت خواهند شد و یا در پروژه‌هایی که برای ساخت/نوسازی واحدهای درجه سه صورت می‌گیرند.

ساخت

زمانی که اعتبارات مالی برای اجرای طرح تأمین شد، مناقصه برای انتخاب پیمانکار (اجرا/تجهیز) صورت می‌پذیرد. سپس، پیمان بسته شده و عملیات اجرایی شروع می‌شود. انتخاب پیمانکاران شایسته (توانمند، مجرب و باصرفه) بسیار مهم بوده و در سرنوشت طرح نقش بسزایی دارد. مرحله ساخت ممکن است موارد ذیل را در برگیرد:

- استقرار دستگاه نظارت (پرسنل و دستورالعمل‌ها)؛
- راه‌اندازی کمپ کارگاه (ساختمان، انبار، محوطه، ...)
- آماده‌سازی محوطه کار (پاک‌سازی، تخلیه، برداشتن موانع)؛
- برنامه‌ریزی عملیات کارگاهی؛

- توافق با کشاورزان برای زمان اجرای عملیات ساخت (تا حد ممکن بدون تعارض با فعالیت‌های کشاورزی)؛
 - اجرای زیرساخت‌ها (کانال‌ها/لوله‌گذاری، زهکش‌ها، سازه‌ها، جاده‌ها، ...)
 - نظارت بر اجرا (حصول اطمینان از تطابق ساخت با مشخصات اسناد مناقصه)؛
 - اندازه‌گیری و ارزیابی کارهای اتمام‌یافته؛
 - تهیه نقشه‌های چون‌ساخت (As built) و دفترچه‌های راهنمای بهره‌برداری و نگهداری؛
 - آموزش بهره‌برداران؛
 - بررسی و تأیید صورت وضعیت‌های مالی پیمانکاران (ماهانه/موقت و نهایی/قطعی)؛
 - تحویل موقت و آغاز دوره تضمین (معمولاً پیمانکاران برای مدت یک‌سال نسبت به رفع عیوب و نواقص پروژه متعهد هستند)؛
 - رفع عیوب و نواقص پروژه توسط پیمانکار و تحویل قطعی.
- بسته به نظر طراح ممکن است روش‌های مختلفی در مرحله اجرا به کار گرفته شوند. مثلاً ارجاع کار به‌طور معمول به پیمانکار و یا ارجاع کار به مقاطعه‌کاری که با کمک ذینفعان کار را به انجام می‌رساند. در حالت کلی شمای بزرگ را پیمانکاران انجام داده و شمای کوچک با مشارکت ذینفعان صورت می‌گیرد.

بهره‌برداری

بهره‌برداری از سیستم به‌وسیله ذینفعان، دستگاه‌های دولتی و یا بخش خصوصی صورت می‌گیرد. معمولاً تفاوت براساس اندازه شبکه مشخص می‌گردد. شبکه‌های کوچک توسط کشاورزان و شبکه‌های گسترده توسط دولت تحت پوشش قرار می‌گیرند. دولت ممکن است در شبکه‌های بزرگ به بهره‌برداری کانال درجه یک و دو (کانال اصلی) پردازد، و بهره‌برداری از واحدهای درجه سه و چهار بر عهده کشاورزان باشد. در یک شبکه شخصی، شرکت مسئول مدیریت تمامی شبکه را بر عهده دارد.

برای مدیریت مطلوب (کارا و بدون تعارض) یک مجموعه از آیین‌نامه‌ها، قواعد و ضوابط لازم است. در حالی که تقاضا برای آب دائماً در حال تغییر می‌باشد، این مجموعه راهنمای مدیریت تخصیص و توزیع آب در شبکه است. مسلماً اجزاء این مجموعه بایستی سازگار و مکمل یکدیگر باشند. مرحله بهره‌برداری شامل موارد ذیل است:

- طرح‌ریزی «ترکیب و تراکم محصولات»؛
- تعیین نیاز آبی گیاهان و تقاضای آب آبیاری؛
- تخمین منابع آب قابل عرضه؛
- انجام تنظیمات لازم برای تطبیق عرضه و تقاضا؛

- تخصیص دادن آب به کشاورزان؛
- تنظیم گزارشات و نگهداری سوابق؛
- پایش و ارزیابی عملکرد؛
- ایجاد ارتباط و سعی در هماهنگی (تا حد ممکن) با آب‌بران؛
- حل تعارض‌ها (حل و فصل درگیری‌هایی که بر سر آب پدید می‌آید).

نگهداری و مدیریت اموال

نگهداری و مدیریت اموال اجزاء جدانشدنی از بهره‌برداری می‌باشند، و در صورت بی‌توجهی به این مهم شبکه رو به تخریب گذاشته و بهره‌وری آن کاهش می‌یابد. با وجود اینکه رابطه تنگاتنگی بین عملکرد و شرایط فیزیکی وجود دارد، اما اغلب بودجه کافی برای نگهداری در نظر گرفته نمی‌شود. عملیات نگهداری معمولاً شامل موارد زیر می‌باشد:

- شناسایی و گزارش‌دهی نیازهای نگهداری (خرابی‌ها، نقص‌ها، ...)
- اولویت‌بندی نیازهای گزارش‌شده و سپس طرح‌ریزی و بودجه‌بندی برای عملیات نگهداری مورد نظر؛
- انجام عملیات نگهداری؛
- بازرسی و ارزیابی کارهای (تعمیرات/ بازسازی) اتمام‌یافته؛
- پرداخت هزینه‌های پیمانکاران (سرویس کاران/ تعمیرکاران)؛
- ایجاد ارتباط و سعی در هماهنگی (تا حد ممکن) با آب‌بران در امور MOM؛
- مستندسازی کارهای انجام شده.

عبارت «مدیریت اموال» حاکی از پایش و سامان‌دهی دارایی‌ها و اموال شبکه در طی زمان می‌باشد. در واقع، برای حفظ سطح خدمات شبکه به‌طور مستمر (پایداری خدمات مطلوب)، لازم است تا در کوتاه، متوسط و درازمدت پایش وضعیت دارایی‌های شبکه و عملیات نگهداری (تعمیرات، تعویض اجزاء و قطعات فیزیکی، ...) مستمراً در جریان و تحت مدیریت باشد. مدیریت اموال شامل موارد زیر است:

- داشتن آمار اموال شبکه (طول کانال‌ها/ لوله‌ها/ زهکش‌ها، تعداد و نوع سازه‌ها، ...)
- ارزیابی وضعیت و عملکرد اموال، کلان و خرد (مثلاً: برای یک کانال و آبگیرهای منشعب از آن)؛
- تهیه صورت اموال در قالب «پایگاه داده»؛
- توافق با آب‌بران بر روی استاندارد (حداقل) سطح خدمات و نیز بر روی هزینه‌ها که توسط پرده‌های پرداختی آب‌بران تأمین می‌گردد؛
- تدوین یک «طرح مدیریت اموال» دارای جزئیات عملیاتی و سرمایه‌ای برای طول یک دوره معین (مثلاً ۲۵-۲۰ ساله، شامل ۵ بسته برنامه‌ای ۵ ساله) توأم با برنامه تأمین مالی از طریق جمع‌آوری پرده‌های و یا یارانه‌های دولتی؛

- پیاده‌سازی تدریجی «طرح مدیریت اموال»؛
- پایش و ارزیابی به موازات پیاده‌سازی، برای اطمینان از اجرای صحیح برنامه.

بازسازی

یک مرحله دیگر که امروزه رواج یافته «بازسازی» است. نیاز به بازسازی، ناشی از عدم انجام صحیح عملیات بهره‌برداری و نگهداری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد. باید میان «نوسازی» و «بازسازی» تمایز قائل شد. منظور از بازسازی^۱، بازگرداندن شبکه به حالت اولیه آن است و معمولاً وقتی خرابی‌ها شدت می‌یابند به انجام می‌رسد. در حالی که، نوسازی^۲ برای ارتقاء شبکه و به منظور بهبود سرویس دهی به آب‌بران به انجام می‌رسد؛ حتی در شبکه‌ای که سالم و فعال است. تجهیز یک شبکه موجود به تجهیزات الکترونیکی (مانند سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری اتوماتیک) و یا بهبود دستورالعمل‌های بهره‌برداری مثال‌هایی از نوسازی می‌باشند. بازسازی پروژه معمولاً بازده اقتصادی مقبولی دارد، که به دلیل افزایش تولیدات کشاورزی حاصل می‌آید. در این حالت، هزینه‌های ساخت اولیه پروژه به‌عنوان سرمایه‌های ازدست‌رفته (بدون ارزش اقتصادی) تلقی می‌شوند؛ و تحت عملکرد ضعیف شبکه موجود، بازسازی آن امری اجباری است. یعنی با سرمایه‌گذاری جدید، بدون ازدست‌دادن سرمایه قبلی، سود مناسبی به دست می‌آید. نباید فراموش نمود که اولاً: مسلماً هزینه‌های بازسازی از هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری بیشتر است؛ ثانیاً: اگر عملیات بهره‌برداری و نگهداری به‌درستی صورت می‌پذیرفت کاهش تولید پدید نمی‌آمد تا نیاز به بازسازی باشد؛ در هر حال «پیشگیری بهتر از درمان است». علاوه‌براین، در دوره فروپاشی و اضمحلال شبکه مشکلات عدیده اجتماعی نیز بروز می‌نماید؛ و فشار اصلی بر کسانی خواهد بود که زمین ایشان در انتهای مسیر کانال‌ها واقع گردیده است.

مکرر مشاهده گردیده که شبکه‌های بازسازی‌شده پس از مدتی دوباره نیازمند بازسازی می‌گردند. دلیل اصلی این امر می‌تواند مربوط به ناکافی بودن منابع مالی برای استمرار عملیات بهره‌برداری و نگهداری باشد؛ و یا مرتبط با عدم کفایت بهره‌برداران (آموزش ندیدن، دستورالعمل‌های ناکارآمد، ...) و سازمان مدیریت شبکه است. در هر حال، وجود «طرح مدیریت اموال» موجب پیاده‌سازی شایسته عملیات بهره‌برداری و نگهداری شده و از اتلاف سرمایه‌ها در بازسازی پیشگیری می‌نماید. این تنها راهی است که «چرخه انحطاط» (ساخت-فروپاشی-بازسازی-فروپاشی-بازسازی...) را پایان می‌دهد.

انتخاب سیستم آبیاری

خصوصیات سیستم‌ها

جدول ۱۰-۲ خصوصیات چند نوع از گزینه‌های سیستم آبیاری را ارائه نموده است. مزایا و معایب هر یک

1. Rehabilitation
2. Modernization

از آنها به خصوصیات خاص هر محل و ملاحظات اقتصادی بستگی دارد.

انتخاب سیستم‌های آبیاری

جدول ۱۱-۲ لیستی از عوامل مؤثر در انتخاب سیستم آبیاری مناسب را ارائه نموده است. جدول ۱۲-۲ نیز مجموعه راهنمایی فشرده ولی جامع برای انتخاب سیستم آبیاری است. این جدول بعضی اطلاعات در خصوص هزینه تأمین آب توسط روش‌های مختلف آبیاری را ارائه داده است. نباید فراموش کرد که غالباً هزینه، عامل محدودکننده‌ای در هر توسعه جدید می‌باشد.

مسائل

۱. قلمرو فنی در مدیریت کشاورزی فاریاب چیست؟
۲. انواع سازه‌هایی که در یک شبکه I&D وجود دارند به چند گروه تقسیم می‌شود؟
۳. قلمرو نهادی در مدیریت کشاورزی فاریاب چه بخش‌هایی را تحت پوشش قرار می‌دهد؟
۴. ارتباط بین مدیریت آبیاری و منابع انسانی و فیزیکی چیست؟
۵. چگونه ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی سبب توسعه اقتصادی می‌شود؟
۶. انسجام اجتماعی و هماهنگی گروداران شِماهای آبیاری و زهکشی چگونه موجب بهبود بهره‌وری آبیاری می‌شود؟
۷. مهمترین مسائل در ارتباط با توسعه آبیاری و زهکشی در قلمرو زیست‌محیطی را نام ببرید.
۸. توسعه شِمای آبیاری و زهکشی شامل چند مرحله است؟ به‌طور مختصر توضیح دهید.
۹. فرق بازسازی و نوسازی در توسعه شِمای آبیاری و زهکشی در چیست؟

جدول ۱۱-۲ عوامل مؤثر در انتخاب روش آبیاری مناسب .

| سیستم | توپوگرافی | خاک | اقلیم | گیاه | مزایا | معایب |
|---------|--------------------------------------|--|---|---|--|---|
| سطحی | مسطح با شیب متمایل به مرکز و سطح صاف | بافت ریز تا متوسط ولی نه برای اراضی نفوذپذیر | برای بیشتر اقلیم‌ها ولی باد بر آن کمی تأثیرگذار است | برای بیشتر گیاهان بجز آنهایی که به آب راکد و تهویه حساس هستند | هزینه پایین، فشار کمی مورد نیاز است | مستعد آبیاری بیش از حد بوده و سطح ایستایی را بالا می‌برد |
| بارانی | برای تمام اراضی | اکثر خاک‌ها | متأثر از باد (کاهش یکنواختی توزیع، افزایش تبخیر)؛ مناسب اقلیم مرطوب | برای اکثر گیاهان بجز گیاهان حساس به بیماری‌های قارچی و سوختگی برگ در اثر شوری | کنترل شدید پاشش و توزیع، تناوب آبیاری بالا، توانایی آبیاری در شیب‌ها و خاک‌های شنی | هزینه اولیه و فشار آب لازم است |
| قطره‌ای | برای تمام شیب‌های منظم و نامنظم | برای اکثر خاک‌ها و شدت نفوذها | بی‌تأثیر از باد، سازگار با تمام اقلیم‌ها | برای گیاهان ردیفی، باغات و نه برای گیاهان متراکم | تناوب بالا و آبیاری به موقع، قابل استفاده با آب شور و اراضی ناهموار، کاهش تبخیر | دارای هزینه‌های اولیه و سالانه، نیازمند مدیریت حرفه‌ای، مستعد گرفتگی، نیازمند تصفیه |
| مه‌پاش | برای تمام اراضی | برای تمام شدت نفوذها | ممکن است تحت تأثیر باد قرار گیرد | برای گیاهان ردیفی و باغات | تناوب بالا و آبیاری به موقع، گرفتگی کم | هزینه اولیه و نگهداری بالا |
| باپلر | اراضی مسطح و کم‌شیب | مناسب شدت نفوذهای بالا | بی‌تأثیر از باد | برای درختان | آبیاری با تناوب بالا بدون گرفتگی، ساده بودن آن | دارای هزینه‌های اولیه و سالانه |

جدول ۱۲-۲ راهنمای انتخاب روش آبیاری .

| روش آبیاری | توپوگرافی | نوع گیاه | توضیحات |
|--|--|--------------------|--|
| یونجه و سایر گیاهان دارای ریشه عمیق یک‌ساله، باغات | اراضی شیب‌دار با شیب کمتر از ۱٪ و ترجیحاً کمتر از ۲٪ | نوارهای عریض | مناسب‌ترین روش سطحی برای آبیاری گیاهان یک‌ساله که شرایط توپوگرافی آن مطلوب است. البته شیب در جهت آبیاری در اراضی مسطح ضروری و مناسب است اما شیب‌های بیش از ۰/۵٪ ضروری نیست. تغییرات شیب باید آهسته باشد و شیب معکوس نداشته باشد. اختلاف رقوم بین دو طرف نوار (شیب عرضی) کمتر از ۹ سانتی‌متر مجاز است. |
| مراتع | اراضی شیب‌دار با شیب کمتر از ۴٪ و ترجیحاً کمتر از ۱٪ | نوارهای کوچک | به‌طور خاص با خاک‌های سطحی دارای زیرسازی رس یا خاک‌هایی که شدت نفوذ کمتری دارند سازگار است. شیب در جهت آبیاری مطلوب است ولی ضروری نیست. تغییرات شیب تند و شیب معکوس باید حذف شود. اختلاف رقوم بین دو طرف نوار (شیب عرضی) کمتر از ۹ سانتی‌متر مجاز است. از آنجا که نوار آبیاری ممکن است کم‌عرض باشد، مجموع شیب عرضی بیشتری نسبت به نوار آبیاری یونجه، مجاز می‌باشد. |
| یونجه، مرتع و غلات | اراضی شیب‌دار با قابلیت شیب بین ۰/۱۲-۰/۵٪ | شیاری | این روش برای اراضی شیب‌دار و انهار آبیاری کوچک مناسب است. یک شیب هموار در جهت شیب لازم دارد و شیب معکوس باید به حداقل برسد. به‌دلیل تمایل شیارها به سمت مسدود شدن و سرریز شدن و نیز فرسایش تا حد امکان باید شیب عرضی صفر گردد. |
| گیاهان ردیفی و میوه‌جات | اراضی دارای شیب متغیر ۰/۲۵-۰/۲٪ ولی ترجیحاً کمتر | جویچه تراز | مناسب برای گیاهان ردیفی در اراضی شیب‌دار هرچند در اثر فرسایش ناشی از بارش‌های سنگین آسیب‌پذیر می‌باشد. نامناسب برای مزارع دارای جانوران چونده و خاک‌های حاوی شکاف. شیب جویچه در جهت آبیاری ۰/۵-۰/۱٪، نیاز به تسطیح برای پر ردن چاله‌ها و برداشتن بلندی‌ها و تپه‌ها ندارد. |
| علفزار، مرتع و غلات | شیب‌های نامنظم تا ۱۲٪ | انهار روی خط تراز | مناسب در شرایط دامنه کوه‌ها، بدون نیاز به تسطیح (و یا مختصر تسطیح اراضی) |
| میوه‌جات، برنج، غلات، گیاهان جنگلی | اراضی با شیب نامنظم کمتر از ۱٪ | خاکریزهای روی تراز | نیاز به تسطیح اراضی را کاهش می‌دهد |

جدول ۱۲-۲ (ادامه)

| روش آبیاری | توپوگرافی | نوع گیاه | توضیحات |
|---|--|------------------------------|---|
| تمام گیاهان | اراضی ناهموار، تا شیب از ۳۵٪ | آبیاری بارانی | هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری بالایی دارد. مناسب برای اراضی ناهموار و بسیار شنی در مناطقی که تولید بالا و بازار مناسبی دارند. روش خوبی است در مناطقی که هزینه تأمین نیرو پایین است. شاید تنها روش عملی در اراضی شیبدار یا دارای توپوگرافی ناهموار باشد. برای اراضی دارای بارندگی زیاد که تنها نیاز به تأمین آب تکمیلی کمی دارند، مناسب است. تلفات قابل ملاحظه‌ای در تهیه زمین در اثر ایجاد خاکریز دارد و نیازمند سازه‌های شیب شکن پرهزینه برای کنترل فرسایش آبی می‌باشند. |
| معمولاً گیاهان زراعی | اراضی شیبدار برای شیب‌های زیر ۳٪ بهترین حالت و تا ۶٪ مناسب است | تراس‌بندی روی خطوط تراز | |
| گیاهان ردیفی‌ارزشمند و گران قیمت | شیب‌های صاف و یکنواخت تا ۱٪ سطح زمین باید هموار باشد | آبیاری زیرسطحی (با نصب لوله) | نیاز به نصب لوله‌های پلاستیکی سوراخ‌دار در ناحیه ریشه در فواصل نزدیک می‌باشد. مقداری مشکلات گرفتگی سوراخ‌ها را دارد. مسئله بعد ایجاد فواصل مناسب است. نیازمند آزمایشات عملی خاک‌های مختلف می‌باشد. این روش هنوز در مرحله توسعه است. |
| گیاهان دارای ریشه سطحی مثل سیب‌زمینی یا چمن | هموار و بدون شیب | آبیاری زیرسطحی (طبیعی) | نیازمند سطح آب نزدیک به سطح زمین، شرایط خاک زیر سطحی بسیار نفوذپذیر و نیازمند تسطیح دقیق می‌باشد. اراضی بسیار کمی با این روش تناسب دارند. |

کلیات مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی

مدیریت مهمترین جزء در فعالیت‌های تشکیلاتی می‌باشد که در بخش آبیاری و زهکشی توجه شایانی به آن نشده است. اغلب دستورالعمل‌هایی موجود در مورد بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، بر جنبه‌های فنی بهره‌برداری و نگهداری متمرکزند و به مسائلی مدیریتی (مانند: حسابداری و امور مالی، روش‌های مدیریتی، استخدام کارکنان، توسعه و آموزش منابع انسانی) توجه کمتری دارند.

این فصل به شرح اجزای مدیریتی بخش آبیاری و زهکشی پرداخته است، که با تعریف مدیریت و وظایف مختلف آن شروع می‌شود. در ادامه به بحث در مورد چارچوب‌های مختلف مدیریتی پرداخته و اینکه چگونه این چارچوب‌ها بر مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی تأثیر می‌گذارند. وظایف مختلف مدیریت شامل: بهره‌برداری و نگهداری، حسابداری و امور مالی، امور کارکنان، امور اداری، مسائل حقوقی و روابط عمومی می‌باشد. در ادامه، هر یک از این موارد تشریح شده است. همچنین، در قسمتی نیز نقش مهم پروژه‌های خدمات آبیاری و زهکشی در تأمین منابع مالی، با جزئیات بیشتری تشریح شده است. در آغاز این فصل، لازم به یادآوری است که در حال حاضر مدیریت شیماها و شبکه‌های آبیاری و زهکشی در ایران عمدتاً دولتی است. در واقع، اکنون (۱۳۹۳) فقط دو شبکه آبیاری (سطحی) با مدیریت خصوصی در کشور وجود دارند: اُجیروب در خوزستان و مُجن در سمنان. مدیریت منابع آب در دشت‌هایی که از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند نیز در دست سازمان‌های دولتی است. البته، در بسیاری از کشورهای دیگر نیز شرایط چنین بوده است. اما در دنیا، طی سه دهه اخیر نهضتی برای «انتقال مدیریت آبیاری» به مردم به راه افتاده است. کمیته ملی آبیاری و زهکشی کشور، تاکنون، چند جلد کتاب مرتبط با این مبحث ترجمه و منتشر کرده است. «انتقال مدیریت آبیاری» یک فرایند تدریجی همراه با آموزش کشاورزان، واگذاری مرحله به مرحله کار به ایشان از مشارکت در مدیریت، قیمت‌گذاری آب (برای

تأمین منابع مالی مورد نیاز بهره‌برداری و نگهداری شبکه)، و نهایتاً استقلال کامل اجرایی و مالی شبکه می‌باشد.

وظایف مدیریت

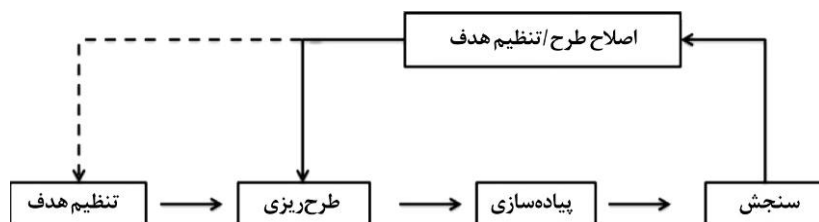
مدیریت می‌تواند به صورت زیر تعریف شود:

استفاده سازمان‌یافته از منابع برای یک کار مشخص تحت شرایط معین از طریق «برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و پایش» به نحوی که با توجه به هدف، نهاده‌ها را به ستانده‌ها تبدیل نماید.

شکل ۱-۳ ارتباط بین فرایندهای کلیدی مدیریتی در تبدیل نهاده‌ها به ستانده‌ها را نشان می‌دهد. این فرایندها می‌توانند در سطوح مختلف بخش آبیاری و زهکشی کاربرد داشته باشند. اهداف ملی ممکن است برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود معیشت کشاورزان باشد. در سطح شمای یا شبکه آبیاری اهداف عبارتند از: عرضه آب آبیاری «مطمئن، کافی و به موقع» مناسب نیازهای کشاورزان و نیز دفع زه آب به حد «کافی و به موقع» (یعنی زمان صعود آب). برای دسترسی به این اهداف، طرح‌ریزی بایستی صورت پذیرد. اگرچه، این طرح و برنامه‌ها در سطح ملی بلندمدت هستند؛ اما محدوده زمانی برای اجرا در سطح شبکه‌ها، متمرکز بر فصل و سال و یا نهایتاً میان‌مدت خواهد بود. در تمامی مراحل و سطوح، مدیر نیازمند اندازه‌گیری‌هایی برای محاسبه شاخص‌های کلیدی کارایی است، تا به کمک آنها بررسی نماید که آیا پیاده‌سازی مطابق برنامه بوده است یا خیر؟

در پایان هر مرحله، بایستی یک ارزیابی از پیشرفت کار و دستیابی به اهداف صورت پذیرد. اگر اهداف وقوع نیافته باشند، لازم است تا تنظیم/اصلاح مناسب بر روی اهداف یا برنامه انجام گیرد. در بخش آبیاری و زهکشی اساسی‌ترین وظایف مدیریتی شامل موارد زیر می‌شود:

- تعریف، تدوین و پایش اهداف؛
- بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری و زهکشی؛
- حسابداری و امور مالی؛
- استخدام، مدیریت و انگیزش کارکنان؛
- امور اداری؛



شکل ۱-۳ فرایندهای اساسی مدیریت.

- مدیریت منابع انسانی، شامل آموزش؛
- امور حقوقی؛
- روابط عمومی.

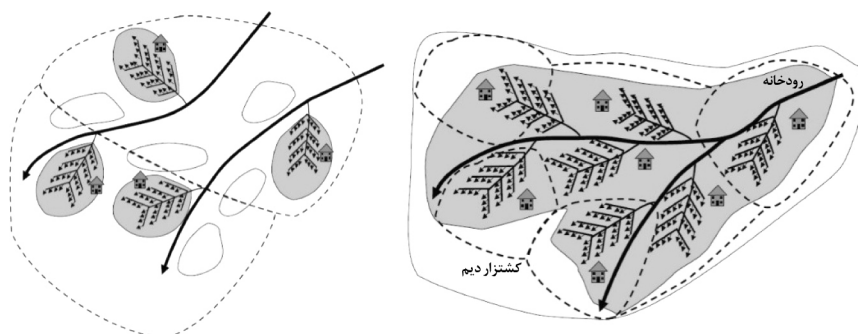
هر یک از این وظایف مدیریتی در بخش‌های بعدی این فصل با جزئیات بیشتری تشریح خواهند شد.

چارچوب مدیریت

در شمای آبیاری و زهکشی سه سطح مدیریتی وجود دارد: سطح شبکه اصلی (واحدهای درجه یک و دو)، سطح واحد درجه سه (مزرعه)، و سطح قطعه آبیاری. در ساده‌ترین حالت شبکه اصلی به‌وسیله دستگاه‌های دولتی، واحد درجه سه توسط انجمن آب‌بران، و مزرعه نیز به کمک کشاورزان مدیریت می‌شوند. موارد متمایز با این ساختار نیز وجود دارند. برای مثال، در مزارع بزرگ (دولتی، شرکتی یا شخصی) یک مدیر تمام شبکه/شمای را مدیریت می‌نماید. در بسیاری نمونه‌ها مدیریت در سطح شمای، خود بخشی از یک مدیریت بسیار گسترده‌تر می‌باشد. در بخش آبیاری و زهکشی دولتی، ممکن است سلسله‌مراتب مدیریتی در سطوح متعددی (منطقه‌ای، استانی و حتی ملی) وجود داشته باشد. اگرچه در بخش خصوصی، ممکن است صرفاً دفاتر منطقه‌ای و یک اداره مرکزی وجود داشته باشد. در شبکه‌های سنتی آبیاری و زهکشی ممکن است هیچ‌یک از ساختارهای مدیریتی فوق مشاهده نشوند.

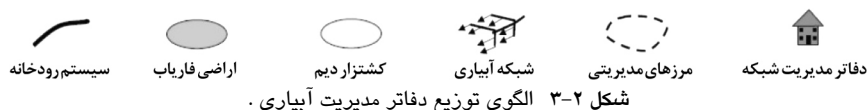
ساختار مدیریتی در رده‌های بالاتر

چارچوب مدیریت در سطوح بالاتر از شبکه (شمای، منطقه‌ای و استانی)، اثرات مهمی را بر روش راهبردی شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌گذارد. در کشورها و ایالت‌هایی که توسعه اراضی فاریاب زیاد و گسترده هستند، به‌طور کلی ساختار سازمانی مدیریت آبیاری منطبق بر تمایزهای مکانی (شامل ادارات منطقه‌ای و اداره مرکزی- ملی) شکل می‌یابد (شکل ۲-۳ الف). طبعاً مسئولیت مدیریتی اداره مرکزی، متناظر با مسائل در سطح ملی و کشوری بوده و همچنین مسئولیت مدیریتی ادارات مناطق و نواحی، مربوط به مسائل محلی آنان می‌باشد. معمولاً در این شرایط بهره‌برداری و نگهداری واحدهای اصلی، براساس مرزهای سیاسی (استان، شهرستان و بخش)، برعهده ادارات ناحیه‌ای خواهد بود. زیرا به تجربه مشخص شده که تأکید بر مرزهای ناحیه‌ای یا منطقه‌ای برای مدیریت آبیاری، در مقایسه با مرزهای هیدرولیکی، نتیجه بهتری داده است. علاوه بر دفاتر آبیاری و زهکشی ممکن است دفاتر دیگری با ساختار سازمانی مستقل ولی وابسته به فعالیت‌های آبیاری (برای نمونه: دفاتر ترویج کشاورزی، سرویس‌های دامپزشکی، مؤسسات اعتباری و امثال آن) وجود داشته باشند. مدیر آبیاری بایستی این دفاتر را شناسایی نموده و ارتباط لازم را با ایشان برقرار نماید. کشورهایی مانند مصر، اندونزی، جمهوری قرقیزستان، ترکیه و هند دارای چنین ساختارهای مدیریتی هستند.



الف. ساختار مبتنی بر تمایزات مکانی

ب. ساختار مبتنی بر شمای آبیاری



در مقابل، کشورهایی که در آنها آبیاری گسترش نیافته است (دارای شبکه‌های آبیاری و زهکشی پراکنده)، دارای ساختارهای سازمانی متفاوتی (عموماً مبتنی بر شمای آبیاری) می‌باشند (شکل ۲-۳ ب). در واقع برای هر شمای آبیاری یک اداره و تیم مدیریتی مستقل تخصیص می‌یابد. در چنین شرایطی مدیریت شمای، علاوه بر قبول مسئولیت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری و زهکشی، مسئولیت سایر فعالیت‌ها (از جمله تهیه نهاده‌های کشاورزی و ماشین‌آلات، انبار محصولات، بازاریابی و امثال آن) را نیز می‌پذیرد. تا چندی پیش شمای آبیاری Mwea در کنیا به روش الف و توسط کمیته ملی آبیاری مدیریت می‌شد که بسیاری از امور کشاورزی و برنامه‌ریزی آب آبیاری را برای کشاورزان سازمان می‌داد. اکنون، تشویقات گسترده‌تری برای مشارکت و درگیر شدن کشاورزان در مدیریت شمای (به‌وسیله تشکیل انجمن‌های آب‌بران: WUAs) به عمل می‌آید. این تلاش موجب راه‌اندازی مدیریت آبیاری مشارکتی در سطح شمای (روش ب) می‌گردد.

نقش مدیریت در سطوح ملی و منطقه‌ای

در سطح ملی و منطقه‌ای نقش اساسی مدیریت شامل سیاست‌گذاری، تخصیص بودجه‌ها، طرح‌ریزی و تأمین مالی برای توسعه و بازسازی، تدوین مشخصات و معیارهای بهره‌برداری و نگهداری (برای مدیریت واحدها در رده پایین‌تر)، مدیریت جامع و کلان آب آبیاری، و نهایتاً پایش کارایی کشاورزی فاریاب و ارزیابی آن می‌باشد. نقش اساسی دیگری که در سطح ملی و منطقه‌ای نیازمند توجه است: برقراری ارتباط با سایر ادارات دولتی ذیربط برای جلب همکاری و هماهنگی ایشان در پشتیبانی از کشاورزی فاریاب می‌باشد. در هر حال، مهمترین وظیفه در سطح ملی / منطقه‌ای تلاش در جهت دریافت بودجه کافی برای فعالیت‌های نگهداری و بازسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی است. این مهم با ارائه طرح‌های توجیهی

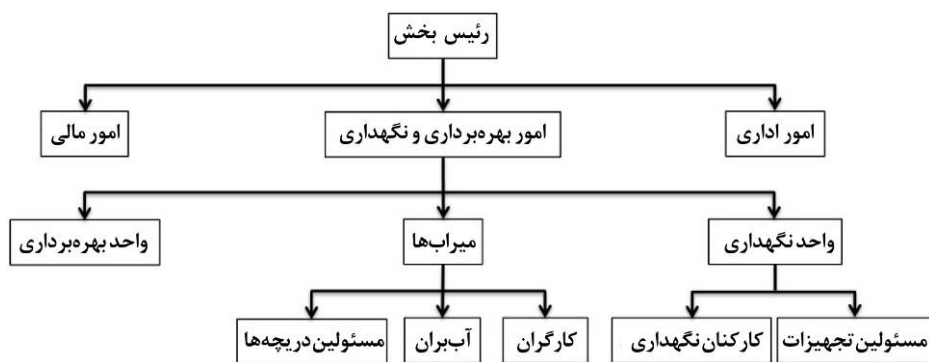
مستدل و متقاعدکننده به ادارات مالی و دولتی صورت می‌پذیرد.

در سطح منطقه‌ای کارکرد مدیریت شامل هماهنگ‌سازی و نظارت بر فعالیت‌های واحدهای رده‌های پایین‌تر (ناحیه‌ای) می‌باشد. بودجه‌ها عمدتاً از سطح ملی/استانی به ادارات منطقه‌ای تحویل و سپس توسط این ادارات در سطوح ناحیه‌ای توزیع می‌شوند. همچنین ادارات منطقه‌ای مسئول پایش و ارزیابی کارایی ادارات رده‌های پایین‌تر (در جنبه‌های فنی، مالی و اجرایی) هستند. تولید و ارسال گزارشات سالانه برای مدیریت‌های بالاتر (ناحیه به منطقه به استانی به ملی) ابزار مفیدی برای پایش و ارزیابی کارایی مؤسسات در سطوح مختلف می‌باشد.

نقش مدیریت شبکه اصلی

مسئولیت مدیریت شبکه اصلی آبیاری (بهره‌برداری و نگهداری) در هر کشور تحت کنترل سازمان‌های مختلفی است: ادارات ناحیه‌ای، یا ادارات مدیریت شِمای، یا انجمن‌های آب‌بران. در بسیاری کشورها مانند هند، چین، مصر، اندونزی، و سودان سیستم اصلی توسط دفاتر دولتی مدیریت می‌شود. در سایر کشورها از جمله مکزیک و ترکیه مدیریت شبکه اصلی بر عهده انجمن آب‌بران می‌باشد. در مکان‌هایی که شبکه‌های سنتی آبیاری وجود دارند، مدیریت شبکه اصلی بر عهده آب‌بران می‌باشد. هدف اصلی مدیریت در این سطح تضمین «بهره‌برداری و نگهداری مطلوب» از شبکه آبیاری و زهکشی است. براساس دستورالعمل‌های مناسب، در ابتدای هر فصل تطابق تقاضای آب آبیاری پیش‌بینی شده با آب قابل عرضه، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر پیش‌بینی شود که تقاضا از عرضه بیشتر است، تقاضا عمدتاً با کاهش سطح اراضی فاریاب یا اراضی با تقاضای آب زیاد (مانند شالیزار) تعدیل می‌شود. بنابراین باید دستورالعمل‌های سالانه مناسبی برای تطابق عرضه آب آبیاری و تقاضای آن برای هر دوره زمانی (روزانه، هفتگی، ۱۰ روزه، و یا ماهانه) وجود داشته باشد. روش صحیح برای مدیریت نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی نیازمند هماهنگی با سایر فعالیت‌های شبکه است، تا بهره‌برداری از شبکه‌ها تحت تأثیر عملیات نگهداری دچار اختلال نگردد. سایر کارکردهای مورد انتظار از مدیریت شبکه اصلی عبارتند از: مدیریت مالی (دستمزد، مخارج، پدازه‌های بهره‌برداری و نگهداری و امثال آن)، مدیریت امور اداری، مدیریت کارکنان و انگیزش ایشان، ارتباط با سایر سازمان‌ها و روابط عمومی.

یک نمونه از ساختار سازمانی اداره آبیاری و زهکشی برای مدیریت شبکه اصلی با وسعت حدودی ۳۰ هزار هکتار در شکل ۳-۳ آمده است. این ساختار سازمانی از کشوری به کشور دیگر متفاوت می‌باشد. در این مثال واحد اصلی اداره ناحیه‌ای دارای یک مسئول با دو اداره مالی و اداری و نیز یک اداره برای امور بهره‌برداری و نگهداری می‌باشد. برای هر قسمت از شبکه به پرسنل اداری، میراب، مسئولین باز/بسته کردن دریچه‌ها و نیز تعدادی کارگر نیاز است. تعداد کارکنان با توجه به ساختار شبکه (تأسیسات سرآب، دریچه‌ها و ...)، تعدد آب‌بران و ... تعیین می‌شود.



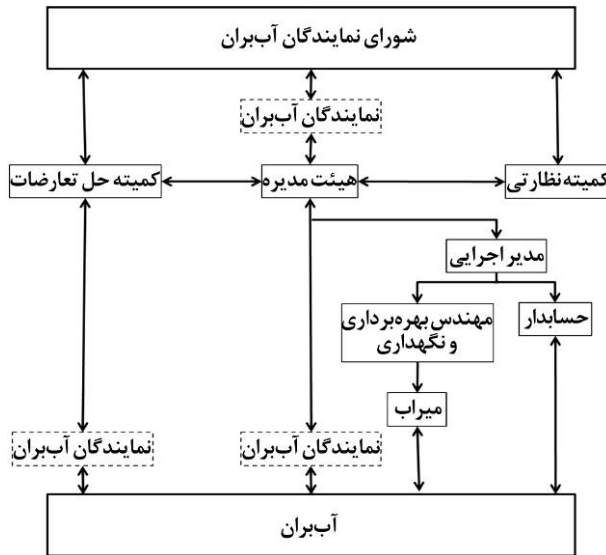
شکل ۳-۳ نمودار ساختار مدیریت شبکه اصلی .

ساختار مدیریتی در سطح واحد درجه سه (درون مزرعه)

به‌طور فزاینده، مدیریت در سطح واحد درجه سه به انجمن‌های آب‌بران واگذار می‌گردد. برخی از این انجمن‌ها در طی سال‌های اخیر با حمایت برنامه‌های دولتی شکل گرفته‌اند. سایر انجمن‌ها شبکه‌های بومی هستند که نسل‌ها وجود داشته‌اند و توسط خود کشاورزان شکل پیدا کرده‌اند.

در صورتی که دریافت آب از شبکه اصلی صورت پذیرد، همکاری با مدیریت شبکه اصلی در سطح واحد درجه سه بسیار مهم است. مدیریت مؤثر نیازمند برقراری ارتباط با آب‌بران نیز می‌باشد که کاملاً درگیر و متعهد به همکاری با مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سطح انجمن آب‌بران (WUA) هستند. این همکاری برای توافق بر تناوب آبیاری و نگهداری کانال‌ها مورد نیاز می‌باشد. وظایف مدیریت عبارتند از: سامان‌دهی جلسات با آب‌بران، جمع‌آوری درخواست‌های آب آبیاری، سامان‌دهی برنامه‌های آبیاری، و نیز سازماندهی و نظارت بر عملیات تعمیر و نگهداری شبکه. علاوه بر آن، مدیریت وظیفه تنظیم و جمع‌آوری پرده‌های پرداختی خدمات آبیاری و زهکشی از آب‌بران را نیز برعهده دارد.

یک نمونه از ساختار مدیریتی انجمن آب‌بران در شکل ۴-۳ نشان داده شده است. هسته مرکزی این ساختار «شورای نمایندگان آب‌بران» و «هیئت مدیره» آن می‌باشد. شورای نمایندگان، مرکب از نمایندگان منتخب آب‌بران است، که معمولاً براساس ارتباط هیدرولیکی انتخاب می‌شوند. یعنی، هر کانال فرعی (معمولاً کانالی برای عرضه آب به حدود ۴۰ هکتار) که چند آب‌بر در آن شریک هستند، نماینده‌ای معرفی می‌نمایند. در برخی انجمن‌ها، مجمع عمومی (شامل تمامی آب‌بران) جایگزین شورای نمایندگان می‌گردد. در هر حال، شورا یا مجمع در جلسات دوره‌ای (مثلاً دوسالانه) هیئت مدیره را انتخاب می‌کند. وظیفه اصلی هیئت مدیره، نظارت بر امور اجرایی است. بدنه اجرایی انجمن آب‌بران، شامل یک مدیر اجرایی، یک حسابدار و یک مهندس بهره‌برداری و نگهداری و تعدادی کارکنان (میراب و ...) است. یک سیستم «پایش و گزارش»، بدنه اجرایی را به هیئت مدیره و سپس شورای نمایندگان مرتبط می‌سازد. بدیهی است ارزیابی‌های ارائه‌شده در گزارش‌ها (براساس نتایج پایش) منجر به اقدامات اصلاحی خواهد گردید.



شکل ۳-۴ یک نمونه از ساختار مدیریتی انجمن آببران.

همچنان که در شکل نمایان است یکایک آببران با تشکیلات دارای ارتباط روزمره (در رابطه با پرداخت حقوق شبکه، درخواست آب و ...) می‌باشند. این در حالی است که تمامی آببران، در قالب مجمع یا شورا، بالاترین مرجع تصمیم‌گیری هستند.

ساختار مدیریتی در سطح قطعه آبیاری

ساختار مدیریت در سطح قطعه آبیاری معمولاً مشخص است و شامل کشاورز، خانواده ایشان، شاید چند کارگر و احتمالاً همسایگانش می‌شود. در شمای آبیاری خرده‌مالکی، بخش بزرگی از فعالیت‌های کشاورزی توسط خود کشاورزان و اعضای خانواده ایشان صورت می‌پذیرد. در اینگونه ساختار، کمک‌های متقابل توسط همسایگان و دیگر روستاییان در زمان‌های خاص از جمله در مرحله آماده‌سازی زمین و مرحله برداشت صورت می‌گیرد. این کمک‌ها ممکن است به صورت کارگری و/یا قرض دادن تجهیزات و یا ماشین‌آلات کشاورزی باشد.

هدف‌گذاری

در هر سازمانی بیان روشن مقاصد و اهداف بسیار مهم می‌باشد. در یک سازمان تجاری، مقصود به‌دست آوردن در آمد، و هدف اصلی بقاء در بازار کسب‌وکار می‌باشد. در مقابل، در بخش عمومی مقصود «جامعه‌محور» است. مثلاً، در شبکه‌های آبیاری و زهکشی عمومی مقصود سازمان ممکن است «توسعه اجتماعی و اقتصادی» مناطق روستایی با پشتیبانی از کشاورزی فاریاب باشد. مدیران ارشد هر سازمان

بایستی «مقاصد و هدف اصلی»، «اهداف (مرحله‌ای و فرعی)» و «راهبردهای عملیاتی» سازمان خویش را معرفی نمایند. بدیهی است، قصد از انجام هر کاری دستیابی به هدف اصلی می‌باشد و منظور از اهداف (مرحله‌ای و فرعی) همان گام‌های کلیدی برای دستیابی به مقصود است. راهبرد عملیاتی، به تبیین جهت‌ها و مسیرهای رسیدن به اهداف می‌پردازد. برخی سؤالات ساده که می‌توانند در آشکارسازی مقاصد، اهداف و راهبرد سازمانی به ما کمک نمایند، عبارتند از:

- وضعیت و موقعیت فعلی ما چیست؟ ارزیابی و برآورد وضعیت فعلی آب و آبیاری، کشاورزی، ...
- به کجا می‌خواهیم برسیم؟ تبیین چشم‌انداز مقصد، مقاصد و اهداف
- چگونه می‌خواهیم به آن برسیم؟ بررسی امکانات و تعیین انتخاب‌های ممکن (گزینه‌ها)
- بهترین راه چیست؟ انتخاب بهترین گزینه و تدوین راهبردهای عملیاتی (برنامه پیاده‌سازی)
- روش ارزیابی دستیابی به اهداف چیست؟ ایجاد سیستم پایش پیاده‌سازی، با معیارهای معین برای کنترل پیشرفت امور

در زیربخش آبیاری (از بخش کشاورزی) قصد و اهداف در سطوح مختلف متفاوت می‌باشند. جدول ۳-۱ برخی مقاصد و اهداف این سطوح را به اختصار بیان می‌کند.

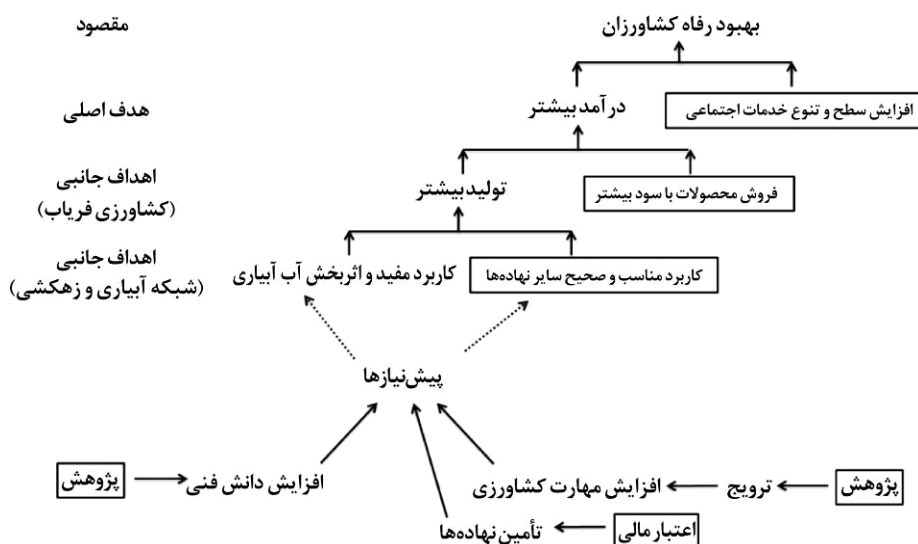
در سطح ملی، برای دستیابی به اهداف کلان، دولت‌ها علاقه‌مند به استفاده از منابع محدود و کمیاب آب و خاک کشور می‌باشند. از یک سو، دولت ممکن است با هدف «توسعه سیاسی - اجتماعی» به گسترش آبیاری بپردازد. در این حالت، اهداف فرعی مورد نظر عبارتند از: ایجاد شغل در جوامع روستایی، و نیز حمایت از معیشت و رفاه این جوامع. از سویی دیگر، دولت ممکن است با هدف «توسعه اقتصادی» به گسترش آبیاری بپردازد. در این حالت، اهداف فرعی عبارتند از: ایجاد درآمد و ایجاد شغل؛ اما از طریق راه‌اندازی کشت و صنعت‌های خصوصی (مثلاً به منظور تأمین نیازهای صنعت و یا توسعه صادرات). البته در هر دو حالت، افزایش تولیدات کشاورزی یک هدف فرعی مشترک است.

اهداف مشابهی در سطح منطقه‌ای و ناحیه‌ای وجود خواهد داشت. در کشورهایی که توسعه روستایی وظیفه‌ای مفروض برای دولت است، توسعه آبیاری می‌تواند یک هدف سیاسی در سطح استان یا شهرستان محسوب شود. مسلماً، بسته به عوامل مختلف (زیرساختی، محیط طبیعی، سیاسی - اجتماعی و اقتصادی)، هر شِمای آبیاری و زهکشی دارای اهداف متفاوت و خاص خود می‌باشد. طراحی برخی شِماها بر مبنای «آبیاری حفاظتی» برای حمایت از کشاورزان خرده‌مالک در نواحی خشک (جایی که خشکسالی معیشت کشاورزان را تهدید می‌کند) صورت می‌گیرد. در حالی که، طراحی سایر شِماها بر مبنای فراهم کردن فرصت‌های اقتصادی - کشاورزی و رشد اقتصاد محلی است. از زاویه دیگر، دلیل اولیه توسعه برخی شِماهای آبیاری همان آبیاری است؛ در حالی که، در برخی دیگر از شِماها حفاظت از سیلاب، کنترل شوری، و یا مقابله با ماندابی دلایل اصلی می‌باشند.

جدول ۱-۳ اهداف ممکن در سطوح مختلف بخش آبیاری و زهکشی

| سطح | اهداف ممکن |
|----------------------|--|
| ملی | برای افزایش تولیدات کشاورزی در سطح ملی تأمین غذا برای جمعیت کشور رسیدن به خودکفایی غذا تأمین مواد خام برای تولیدات صنعتی صدور محصولات و ایجاد درآمدهای ارزی اشتغال‌زایی کاهش مهاجرت از روستا به شهر افزایش درآمد روستاییان و دستیابی به توزیع درآمد بهتر برقراری پایداری اجتماعی حداکثر نمودن محصولات کشاورزی |
| شیمای آبیاری و زهکشی | افزایش جمعیت ساکن شیمای آبیاری و زهکشی حداکثر نمودن ضریب بازگشت سرمایه صرف‌شده برای زیرساخت‌ها حداکثر نمودن بازگشت مالی کشاورزان استفاده مفید و کارا از منابع آب و خاک ایجاد امنیت در مقابل خشکسالی و قحطی حداقل نمودن آثار سوء بر محیط‌زیست پوشش دادن هزینه‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری از طریق پرداختی خدمات از آب‌بران |
| شبکه آبیاری و زهکشی | ارائه خدمات کافی و مطلوب به آب‌بران توزیع بهینه آب و کاهش تلفات در شبکه مقابله با شرایط ماندابی و شوری بازیابی هزینه‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری حفاظت از زیرساخت‌های شبکه آبیاری و زهکشی مدیریت و انگیزش کارکنان |
| انجمن آب‌بران | تهیه و بررسی تراز سالانه حساب‌های مالی آگاه نمودن آب‌بران از وضعیت جاری به‌طور مستمر و ترغیب ایشان به مشارکت و هم‌افزایی با انجمن ارتباط مستمر با شبکه اصلی به‌منظور تضمین دریافت آب کافی و به‌موقع، و نیز خدمات قابل اعتماد ارائه خدمات صحیح و کافی در تحویل آب حفاظت از شبکه آبیاری و زهکشی درون مزرعه بازیابی هزینه‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری تهیه گزارشات سالانه تراز مالی انجمن |
| کشاورزان | فراهم نمودن زندگی ایمن و پایدار برای کشاورز و خانواده ایشان رسیدن به خودکفایی در تولیدات غذایی (حداقل در برخی اقلام) داشتن زندگی قابل قبول (با فروش تولیدات کشاورزی) |

برای مدیران شبکه‌های آبیاری و زهکشی هدف اساسی ارائه خدمات کافی به آب‌بران و رضایت‌مندی ایشان می‌باشد. این خود نیازمند آن است که آب آبیاری مطمئن، کافی و به‌موقع و تا جای ممکن با راندمانی بالا و همچنین با کمترین هزینه فراهم شده باشد. علاوه بر این، لازم است تا صرف‌نظر از مقام و موقعیت آب‌بران در شیمای، فرصت‌های برابر برای همه (عدالت/ برابری) در دسترسی به آب فراهم شود. سطح و کیفیت خدمات وابسته به میزان درآمد اداره مدیریت شبکه بوده و البته این درآمد ناشی از پردازش پرداختی خدمات (شامل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری) می‌باشد. علاوه بر این، مدیران شبکه اهداف مختلفی نیز در وظایف مدیریتی خود دارند که شامل، مدیریت و انگیزش کارکنان، تنظیم درآمدها و هزینه‌ها و جلوگیری از زیان‌دهی و نیز ارتباط با آب‌بران و سایر کنشگران می‌شود.



شکل ۳-۵ سلسله‌مراتب اهداف طرح‌های بازسازی/ توسعه آبیاری و زهکشی.

اهداف انجمن‌های آب‌بران در محدوده «بهره‌برداری و نگهداری و نیز بازیابی هزینه‌ها» مشابه اهداف مدیران شبکه آبیاری و زهکشی می‌باشد. علاوه بر این، از مهمترین اهداف انجمن‌ها ارتباط و هماهنگی با آب‌بران در مورد چگونگی انجام وظایف انجمن است. انجمن‌ها، به‌عنوان واحدهای همکاری جمعی مردم‌سالار، بایستی رفتاری قابل اعتماد و شفاف داشته باشند تا بتوانند حمایت اکثریت (بلکه تمامی) آب‌بران را جلب نمایند.

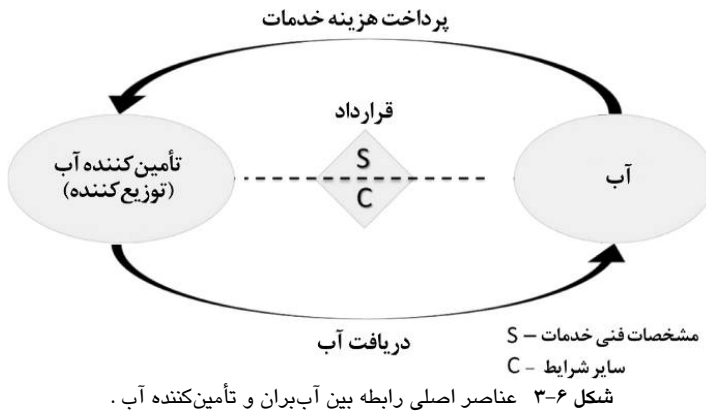
بسته به شرایط، اهداف کشاورزان ممکن است متفاوت باشد. در برخی مناطق هدف اصلی بقا است. در واقع، آبیاری می‌تواند آب کافی را برای کشاورزی در شرایطی که بارندگی پراکنده، نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی باشد، فراهم کند. در نقاطی دیگر درآمد حاصل از کشاورزی فریاب، ممکن است در رقابت با سایر «کسب درآمدها» بوده و لذا بایستی به‌قدر کافی سودآور باشد. شکل ۳-۵ سلسله‌مراتب اهداف طرح‌های بازسازی/ توسعه آبیاری و زهکشی را نشان می‌دهد.

کارکردهای اساسی مدیریت در بهره‌برداری و نگهداری شبکه

در این بخش برخی اصول و فرایندهای اساسی برای مدیریت موفق، بهره‌برداری کارا و نگهداری مناسب شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌طور خلاصه آورده شده است.

ارائه خدمات

اصل ارائه خدمات به مشتریان، در مرکز فلسفه مدیریت جای دارد. در این رابطه بازیابی هزینه خدمات بسیار مهم می‌باشد. ارائه خدمات خوب به احتمال زیاد نتیجه تعادل خوب هزینه - درآمد بوده و متقابلاً



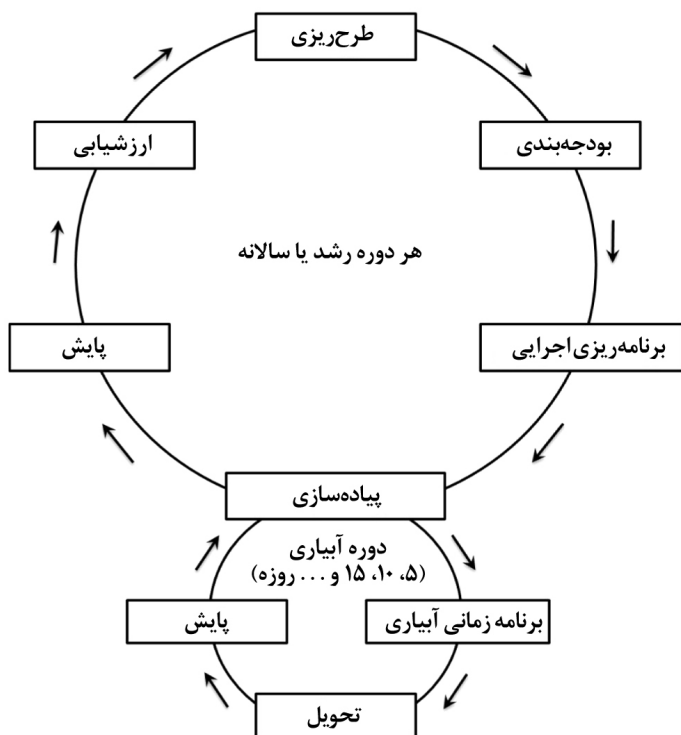
ارائه خدمات ضعیف نیز نتیجه سطح ضعیف بازبایی هزینه‌ها می‌باشد. شکل ۳-۶ نشان‌دهنده عناصر اصلی در رابطه میان آب‌بران و مدیریت شبکه (تأمین کننده خدمات) است. این رابطه شامل ارائه خدمات توسط تأمین کننده به آب‌بران است؛ و متقابلاً، پرداخت پرازه خدمات توسط آب‌بران به تأمین کننده می‌باشد. حقوق و مسئولیت هر یک از طرفین قرارداد در متن «توافقنامه خدمات» تعریف می‌شود.

توافقنامه (قرارداد) خدمات دارای دو بخش است: (۱) مشخصات فنی خدمات و (۲) شرایطی که تحت آن این خدمات ارائه می‌شود. مشخصات فنی شامل: شدت، مدت، تناوب تحویل آب، روش سنجش آب تحویل شده و نیز دامنه دقت/اطمینان آن می‌شود. شرایط قیدشده در قرارداد علاوه بر تصریح مبلغ پرازه خدمات، شامل: محل تحویل، روش درخواست آب و نحوه تنظیم و اطلاع‌رسانی برنامه آبیاری، ضوابط تحویل آب تحت شرایط کم‌آبی یا قطع موقت جریان، اولویت‌های تخصیص در شرایط مختلف، برنامه زمانی مسدود شدن کانال‌ها برای عملیات تعمیر و نگهداری، و نیز جزئیات رفتار شبکه در شرایط اضطراری می‌شود.

توافقنامه خدمات بایستی از دیدگاه هر دو طرف منطقی و عادلانه باشد و معمولاً توسط یک مشاور حقوقی بی‌طرف تنظیم می‌گردد. توافقنامه‌هایی که توسط یکی از طرفین و بدون آگاهی کافی از موارد حقوقی نوشته می‌شود آثار سوء داشته و موجب بی‌اعتمادی طرفین به یکدیگر و مشکلاتی در آینده می‌گردد. بی‌اعتمادی آب‌بران می‌تواند منجر به عدم همکاری ایشان با مدیران شبکه و تشدید مشکلات شود.

طرح‌ریزی و مدیریت آب تحویلی

فرایند مدیریت برای طرح‌ریزی و سازماندهی تحویل آب در شکل ۳-۷ نشان داده شده است. چرخه مدیریت سالانه (دوره رشد) شامل ۶ مرحله بوده و برای پیاده‌سازی در هر دوره زمانی توزیع آب نیز یک چرخه فرعی با ۳ مرحله وجود دارد. در اینجا اجزای هر مرحله تشریح شده است.



شکل ۷-۳ چرخه مدیریت آبیاری.

طرح‌ریزی

هر ساله طرح‌ریزی بایستی برای تطابق «تقاضای آب آبیاری» با «منابع پیش‌بینی شده و قابل عرضه» صورت گیرد. تعادل «عرضه و تقاضا» ممکن است منجر به محدود شدن اراضی تحت آبیاری، و/یا محدود کردن کشت‌های پر آب‌بر (که آب زیادی نیاز دارند؛ مانند برنج) شود. این نتایج، گاهی اوقات به‌سختی توسط کشاورزان پذیرفته می‌شود. بنابراین، در شِماهایی که دسترسی محدود به منابع آب دارند، طرح‌ریزی بسیار مهم است؛ و در مقابل برای شِماهایی که منابع آب فراوان دارند طرح‌ریزی کم‌اهمیت‌تر می‌باشد. همچنین، هر ساله بایستی در زمان طرح‌ریزی هماهنگی لازم با زمان‌بندی عملیات تعمیر و نگهداری به‌عمل آید.

بودجه‌بندی

بودجه‌بندی در ابتدای سال برای چگونگی تأمین و صرف کردن منابع مالی، منابع انسانی، و سایر منابع در طول سال نیاز می‌باشد. بی‌توجهی به عدم قطعیت زمان/مقدار وقوع درآمدها موجب عدم هزینه شدن و تأخیر در اجرای امور مختلف از جمله عملیات تعمیر و نگهداری می‌شود. بدیهی است عدم انجام برنامه تعهدشده خود موجب سرخوردگی و عدم رضایت آب‌بران خواهد شد. مدیران شبکه بایستی برنامه‌های

مالی را واقع‌گرایانه و محافظه‌کارانه تدوین نمایند. قطعاً وقوع «پیش از موعد» و/یا «بیش از انتظار» درآمدها موجب انبساط در توانمندی مالی سازمان و تسریع در انجام طرح‌ها و عملیات خواهد شد.

برنامه‌ریزی اجرایی

اجرای عملیات بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری در طول سال یا دوره رشد، نیازمند برنامه‌ریزی است. در طرح‌ریزی سالانه (قبل از شروع سال زراعی) زمان‌بندی عملیات مذکور برای دوره رشد و یا خارج از دوره رشد بایستی تعیین شود؛ به‌خصوص، اگر که انسداد کانال‌ها در حین عملیات مورد نظر باشد. زیرا انسداد کانال‌ها می‌تواند صدمات مالی به کشاورزان وارد آورد. بنابراین، توصیه می‌شود برای تنظیم جزئیات این برنامه‌ریزی با آب‌بران بحث و توافق گردد.

پیاده‌سازی

هنگامی که زمان آبیاری فرا می‌رسد، شبکه باید برای عرضه آب آبیاری به محصولات کشت‌شده کشاورزان، طبق قرارداد، آمادگی داشته باشد. باید توجه داشت که در طی فصل آبیاری نیز برنامه‌ریزی اجرایی در قالب تنظیم برنامه زمانی (برای هر دور آبیاری) ادامه می‌یابد. چرخه فرعی برای این کار (حلقه پایینی در شکل ۷-۳) شامل سه مرحله «تدوین برنامه زمانی آبیاری»، «تحویل آب به آب‌بران» و «پایش میزان واقعی عرضه آب» است. البته، در شبکه‌هایی که توزیع آب براساس دور ثابت - مقدار ثابت می‌باشد، برنامه زمانی آبیاری حتی در طرح‌ریزی سالانه (قبل از فصل آبیاری) معلوم است. اما در شبکه‌های حسب تقاضا، به‌دنبال درخواست و تقاضای آب‌بران (به روش مشخص شده در قرارداد) برای دریافت آب در دور آبیاری بعدی، مدیریت شبکه بایستی برای هر دور آبیاری برنامه زمانی مشخصی را تهیه و اعلان نماید. اکنون، براساس برنامه زمانی آبیاری تدوین‌شده، شبکه بایستی در زمان و به‌مقدار معین آب تحویل آب‌بران دهد. هم‌زمان با پیاده‌سازی برنامه زمانی آبیاری، لازم است تا چگونگی عرضه آب پایش گردد. لازم به یادآوری است که: در برنامه‌ریزی اجرایی برای یک سال زراعی (یا دوره رشد)، کل حجم تقاضای سالانه یکایک آب‌بران برای دریافت آب مورد توجه قرار می‌گیرد؛ در حالی که، در تدوین برنامه زمانی آبیاری (در طی فصل آبیاری) دبی و مدت تحویل برای هر آبگیر مزرعه در تاریخ و ساعت معین مقرر می‌گردد. در چرخه فرعی، پایش آب تحویل داده‌شده بسیار اساسی می‌باشد. به‌ویژه در نقطه اتصال شبکه بالادستی به واحد درجه سه، زیرا پدازه خدمات آبیاری براساس میزان آب واقعی تحویل داده‌شده محاسبه می‌گردد. در این شرایط معمولاً ثبت روزانه برگه‌های تحویل آب که به امضای نماینده‌ای از انجمن آب‌بران (و یا خود تحویل‌گیرنده آب) رسیده باشد، ضروری است.

پایش

علاوه بر پایش در مراحل چرخه فرعی، در طول سال زراعی/ دوره رشد، چگونگی پیاده‌سازی طرح‌ریزی

و برنامه‌ریزی اجرائی (تدوین شده برای سال زراعی) باید پایش شوند. به‌ویژه، برای شبکه‌های واقع در پایاب یک مخزن/سد، پایش شبکه امکان‌پذیری دقیق میزان برداشت‌ها و باقی‌مانده قابل عرضه در مخزن را فراهم می‌نماید. خروجی اصلی پایش، شناسایی انحراف‌ها از برنامه (عدم دستیابی به اهداف طرح و برنامه) و تحلیل علل آن است. در سایه چنین تحلیل‌ها و ارزشیابی‌هایی، هر بار برنامه‌ها واقع‌گرایانه‌تر تنظیم شده و پیاده‌سازی دقیق‌تر خواهد بود.

ارزشیابی

ارزشیابی در پایان دوره رشد و یا سال زراعی انجام می‌شود و براساس آن نسبت به طرح و برنامه و یا اجرا می‌توان در موارد زیر اظهار نظر نمود:

مقایسه «نتایج پیاده‌سازی» با «طرح‌ریزی» انجام‌شده: این ارزیابی به دنبال یافتن پاسخ‌هایی برای «چگونه پیاده‌سازی به طرح‌ریزی نزدیک شود؟» و اینکه «آیا طرح‌ریزی یا پیاده‌سازی نیاز به بهبود برای آینده دارند؟» می‌باشد.

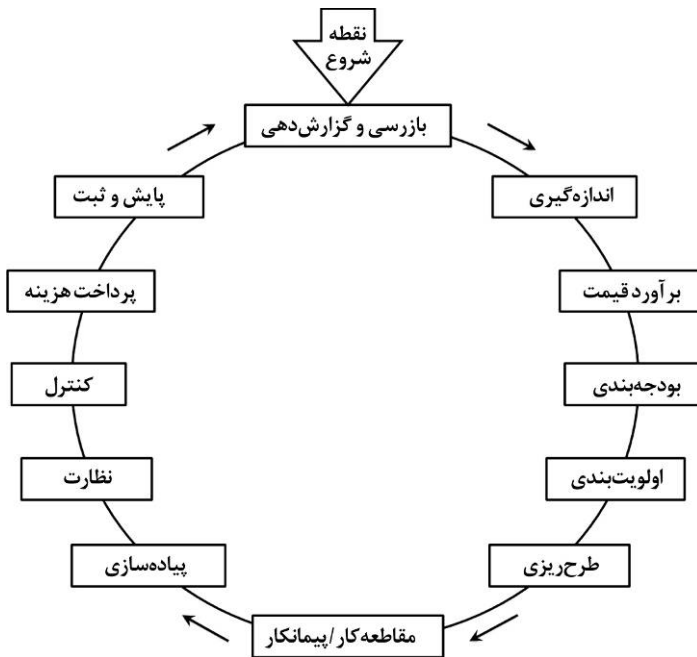
ارزیابی عملیاتی/صحیح بودن «طرح»: این ارزیابی سؤالات «آیا طرح درست بوده، یا خیر؟» و «آیا می‌توان تغییراتی در طرح برای بهبود آن انجام داد؟» را پاسخ خواهد داد. به‌عنوان مثال، در شبکه‌هایی که اجازه کشت محصولات پرآب بر داده شده باشد، در پایان دوره رشد یا سال زراعی این امر می‌تواند ارزیابی شود که میزان آب تخصیص‌یافته به این محصولات کم یا زیاد بوده؟ و اینکه آیا باید مساحت تخصیصی (با حجم آب تخصیصی) به این محصولات بازبینی شده و تغییر یابد؟

ارزیابی نحوه پیاده‌سازی: این ارزیابی به دنبال شناسایی فرصت‌های بهبود «پیاده‌سازی» است؛ یا به‌عبارت دیگر، پیدا نمودن نقاط ضعف پیاده‌سازی و بررسی امکان رفع آنها. مانند تطابق هرچه بیشتر عرضه و تقاضا. مقایسه پیاده‌سازی در مقابل تأمین نیاز آب‌بران: این ارزیابی معطوف به چگونگی ارائه خدمات به مشتریان بوده و تلاشی برای بررسی وجود/عدم انطباق خدمات ارائه‌شده بر نیاز آب‌بران و انتظارات ایشان است.

فرایند ارزشیابی نباید دشواری‌های زیادی داشته باشد. این فرایند بایستی بتواند به آسانی به ارزیابی این سه مورد پردازد: آیا تصمیمات متخذه در آغاز سال زراعی (طرح‌ریزی) درست بوده‌اند؟ آیا با کفایت به اجرا (پیاده‌سازی) درآمده‌اند؟ و آیا راهی برای بهبود بهره‌وری کشاورزی فاریاب (نسبت به وضع موجود) وجود دارد؟

طرح‌ریزی و مدیریت عملیات نگهداری

فرایند مدیریتی برای طرح‌ریزی و سازماندهی و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی در شکل ۸-۳ نشان داده شده است.



شکل ۸-۳ چرخه نگهداری سالانه .

این فرایند با بازرسی و گزارش دهی، به طور منظم توسط کارکنان و/یا به عنوان نتیجه بازرسی فصلی/سالانه، شروع می‌شود. در این مرحله، اندازه (احجام، تعداد و ...) موارد نیازمند تعمیر، اندازه‌گیری می‌شوند. اکنون، تخمین مقدماتی هزینه‌ها می‌تواند صورت پذیرد. سپس، در صورتی که مقایسه هزینه‌ها با بودجه موجود نشان‌دهنده کسری بودجه باشد، اولویت‌بندی برای تخصیص منابع مالی بایستی انجام گیرد. البته اولویت‌بندی زمانی نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این مرحله، در نظر گرفتن تعمیر و نگهداری پیشگیرانه برای جلوگیری از تعمیر و نگهداری پرهزینه در آینده بسیار مهم می‌باشد. طرح‌ریزی عملیات تعمیر و نگهداری، با توجه به برنامه زمانی آبیاری و متناسب با دوره رشد محصولات (حساسیت آنها به تنش‌های آبی) صورت می‌گیرد. برای پیاده‌سازی این طرح، بایستی قرارداد لازم تهیه شده، پیمانکار مناسب انتخاب شود، و پس از انعقاد قرارداد عملیات آغاز گردد. در حین عملیات اجرایی نظارت نیز باید وجود داشته باشد. مسئولیت نظارت بر امور اجرایی باید به وضوح تعریف شده و زمان و منابع کافی (مالی و نیروی انسانی) برای اطمینان از سطح نظارت وجود داشته باشد. وقتی کار به پیمانکار واگذار شده باشد؛ پیش از پرداخت‌ها، یک بازرسی نهایی برای صدور گواهی اتمام کار باید به عمل آید. وظیفه مهمی که اغلب به خوبی انجام نمی‌گیرد (یا بسیار ضعیف انجام می‌شود)، پایش/ثبت/گزارش فعالیت‌های انجام‌یافته می‌باشد. داشتن بایگانی کامل از سوابق عملیات تعمیر و نگهداری اتمام‌یافته، می‌تواند در ارزیابی، طرح‌ریزی، مدیریت دارایی‌ها و هزینه‌ها برای آینده بسیار ارزشمند باشد. پایگاه داده‌های رایانه‌ای یک

ابزار قدرتمند برای نظام‌مند کردن بایگانی داده‌ها/اطلاعات و نیز آسان نمودن استفاده‌های مدیریتی از آن بسیار سودمند است.

اطلاعات مدیریتی و سیستم‌های اطلاعات

وجود یک بایگانی از اطلاعات مدیریتی و سیستم اطلاعات از ویژگی‌های ضروری برای مدیریت شماهای آبیاری و زهکشی است. برای یک سازمان ارائه‌دهنده خدمات آبیاری، بایگانی مدیریتی و سیستم اطلاعات ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- نقشه‌های توپوگرافی اراضی آبخور؛
 - نقشه‌های شبکه آبیاری و زهکشی؛
 - نقشه‌های شماتیک شبکه آبیاری و زهکشی، نشان‌دهنده سازه‌های اصلی (کانال‌ها، سازه‌های کنترلی، مناطق آبخور شبکه و...)
 - نمودارهای شماتیک بهره‌برداری (که نشان‌دهنده دبی‌های برنامه‌ریزی شده، دبی‌های عرضه شده، مزارع و...)
 - فرم‌هایی برای ثبت سطوح تحت کشت‌های مختلف، دبی‌ها، داده‌های هواشناسی و...؛
 - فرم‌های ثبت فعالیت‌های نگهداری مورد تقاضا و نیز موارد انجام یافته؛
 - فرم ثبت دارایی‌ها (تمامی زیرساخت‌ها)؛
 - نقشه‌های طراحی / مهندسی مربوط به تمامی دارایی‌ها؛
 - بایگانی اداری (نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، ضوابط، ...)
 - بایگانی سوابق کارکنان (اطلاعات شخصی، حقوق و دستمزد، گزارش سالانه و...)
 - حساب‌های مالی و سوابق آن‌ها.
- بایگانی مدیریتی برای انجمن آب‌بران گستردگی کمتری داشته و ممکن است شامل موارد زیر باشد:
- صورت‌جلسات نشست‌ها؛
 - بایگانی اعضای، شامل مدارک ثبت نام تمامی آب‌بران در انجمن و محدوده مالکیت ایشان و همچنین جزئیات غیر اعضای در صورتی که نیاز به عرضه آب آبیاری دارند؛
 - نقشه شماهای آبیاری (نشان‌دهنده: مرزها، کانال‌ها، زهکش‌ها، مکان سازه‌ها و در صورت امکان حدود درجه دو و سه شبکه)؛
 - در صورت امکان، نقشه مالکیت (کاداستر) که نشان‌دهنده اراضی همه مالکین و اندازه آنهاست؛
 - بایگانی حساب‌ها از جمله دفتر نقدینگی (وضعیت خزانه / موجودی حساب)، دفتر ثبت پردازش خدمات دریافتی، و دفتر حسابداری برای نگهداری سوابق مربوط به درآمدها و مخارج؛
 - بایگانی اموال و دارایی‌ها، شامل طول کانال‌ها و زهکش‌ها، نوع و خصوصیات زیرساخت‌ها، ...؛

- ثبت امور تعمیر و نگهداری که نشان‌دهنده موارد تقاضا شده و یا تمام‌یافته می‌باشد.

یک سیستم اطلاعات مدیریتی کارآمد می‌تواند تا حد زیادی بهره‌وری و راندمان مدیریت را افزایش دهد. شکل ۹-۳ نمایانگر یک نمونه از داده‌هایی است که ممکن است جمع‌آوری و پردازش شده و در امتداد سلسله‌مراتب مدیریتی به رده‌های بالاتر انتقال می‌یابد. اینگونه سیستم‌ها می‌توانند منجر به تولید انبوهی از داده‌ها گردند. مهم این است که حجم داده‌های انتقال‌یافته، با مدیر دریافت‌کننده (در سلسله‌مراتب) تناسب داشته باشد. بدیهی است ارسال ریزاطلاعات عرضه آب آبیاری از سطح واحد درجه سه به سطح استانی معقول نمی‌باشد؛ بلکه، این اطلاعات باید در سطح بخش و منطقه نگهداری شوند. اما، مدیران استانی به دریافت این اطلاعات به صورت خلاصه‌شده و جمع‌بندی آن علاقه‌مند هستند. فراوانی (تعداد و فاصله زمانی) گزارش‌ها نیز بسیار مهم می‌باشد و همان‌طور که در شکل ۹-۳ مشاهده می‌شود (با توجه به نوع داده و استفاده از آن) بسیار متفاوت هستند.

برای مثال مقادیر بارش، دبی رودخانه و کانال به‌طور روزانه توسط میراب جمع‌آوری و گزارش می‌شود. سپس، خلاصه نتایج هر ۱۰ روز به دفتر مدیریت شبکه در بخش مورد نظر فرستاده می‌شود. این دفتر، به نوبه خود، پس از تأیید گزارش مزبور، خلاصه نتایج را به صورت ماهانه به دفتر منطقه منتقل می‌نماید. در مقابل، ممکن است داده‌های مربوط به واقعه سیلاب به‌طور روزانه (یا حتی ساعتی) به تمام سطوح فرستاده شود. امروزه، نرم‌افزارهای مناسب رایانه‌ای نقش مهمی در سیستم اطلاعات مدیریتی ایفا می‌کنند. در ساده‌ترین سطح، استفاده از صفحات گسترده (EXCEL)، می‌تواند به‌عنوان روشی ساده و مؤثر برای ذخیره‌سازی، خلاصه‌سازی و ارائه داده‌ها به کار گرفته شود (توصیه نمی‌گردد). در حال حاضر پایگاه‌های داده تخصصی مناسبی در دسترس بوده که می‌توانند نسبتاً به راحتی برای ورود، پردازش و ذخیره داده‌ها تحت شرایط منحصربه‌فرد هر شبکه آبیاری و زهکشی برنامه‌ریزی شوند. چنین پایگاه داده‌هایی را می‌توان به آسانی به یک سیستم اطلاعات مدیریتی برای مسائل مختلف (از جمله: تجزیه و تحلیل داده‌های بارش، دبی رودخانه و کانال، کشت و...) ارتقاء داد.

علاوه بر این، در بخش آبیاری و زهکشی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) ابزاری مفید برای جمع‌آوری داده‌ها، پردازش، تجزیه و تحلیل، و ارائه می‌باشند. در برخی موارد که شبکه‌های آبیاری بزرگ هستند، سنجش از دور و GIS به‌طور فزاینده برای جمع‌آوری داده‌ها در زمینه اراضی کشت‌شده، نوع کشت و حتی تقاضاهای آب مزارع و تولید محصول استفاده می‌شوند.

حسابداری و امور مالی

دو سطح برای بحث در مورد حسابداری و مدیریت مالی وجود دارد: «تأمین‌کننده خدمات یا شبکه آبیاری و زهکشی» و «انجمن آب‌بران». فرایندها و ضوابط برای شبکه‌های اصلی تأمین خدمات گسترده‌تر و پیچیده‌تر از موارد مربوط به انجمن آب‌بران می‌باشند.

| استان | منطقه | ناحیه | بخش | میراب | داده |
|---|----------|----------|---------|---------|--------------------|
| | ha ۹۵۰۰۰ | ha ۳۰۰۰۰ | ha ۵۰۰۰ | ha ۶۰۰ | وسعت آبخور (هکتار) |
| بارش | بایگانی | بایگانی | فرم ۰۹ | فرم ۰۶ | ۱۰ روزه فرم ۰۳ |
| دبی کانال و رودخانه | بایگانی | بایگانی | فرم ۱۱ | فرم ۰۵ | ۱۰ روزه فرم ۰۱ |
| سیلاب | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی |
| ترکیب کشت | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی |
| تولید محصولات | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی |
| خسارت محصولات | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی |
| اجازه کشت | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی | بایگانی |
| <p>فرم ۰۱ اندازه گیری دبی فرم ۰۲ داده زراعی (۱۰ روزه) فرم ۰۳ فرم خسارت زراعی / بارش فرم ۰۴ داده زراعی (ماهانه) فرم ۰۵ داده دبی فرم ۰۶ بارش ماهانه فرم ۰۷ داده دبی رودخانه فرم ۰۸ خلاصه اطلاعات زراعی (ماهانه) فرم ۰۹ خلاصه اطلاعات بارش فرم ۱۰ خلاصه اطلاعات زراعی (فصلی) فرم ۱۱ خلاصه اطلاعات زراعی (سالانه) فرم ۱۲ بارش سالانه فرم ۱۳ درخواست آب شالی در فصل خشک (۵۰۰۰ هکتار) فرم ۱۴ درخواست آب شالی در فصل خشک (۳۰۰۰۰ هکتار) فرم ۱۵ داده محصول</p> | | | | | |

شکل ۹-۳ مثالی از فلوجارت فراوری داده‌ها، ISR (ضوابط خدمات آبیاری) تحت شرایط مساحت محدود شالی‌کاری در فصل خشک.

تأمین‌کننده خدمات

فرایندهای حسابداری و امور مالی بسته به چارچوب‌های مدیریتی و اینکه آیا شبکه آبیاری (تأمین‌کننده خدمات) نهادی دولتی است یا خصوصی، متفاوت خواهند بود. بودجه برای یک سازمان دولتی توسط وزارت مربوطه از دولت درخواست شده و نهایتاً بودجه سالانه معینی تصویب می‌شود. معمولاً، بودجه‌ها براساس رویه‌های بودجه‌ای در سال‌های گذشته و نیز منابع مالی در دسترس (در سال جاری) تنظیم می‌شوند. طی این فرایند، بودجه براساس نیاز واقعی بسته نمی‌شود و در نتیجه مدیریت شبکه در بسیاری از موارد با کسری بودجه مواجه خواهد بود. کسری بودجه منجر به عدم تخصیص منابع مالی کافی برای فعالیت‌های نگهداری می‌گردد. علاوه بر این، در مسیر سلسله‌مراتب مدیریتی نیز بخشی از بودجه برای هزینه‌های اداری بالاسری برداشته شده و بودجه ابلاغی شبکه‌های آبیاری و زهکشی کاهش بیشتری می‌یابد. تقسیم بودجه بین شبکه‌ها ممکن است مبتنی بر قواعد و معیارهایی مربوط به اندازه آنها، تعداد نیروی انسانی آنها، نوع و تعداد زیرساخت‌های آنها (طول کانال‌ها/زهکش‌ها، تأسیسات سرآب و ...) صورت گیرد.

منابع مالی توسط وزارت دارایی، در برخی موارد سالانه یا فصلی و در برخی موارد ماهانه، تخصیص می‌یابند. تأخیر در تخصیص منابع مالی (نسبت به برنامه مصوب) می‌تواند مشکلاتی ایجاد کند به خصوص وقتی که پول برای عملیات نگهداری در آغاز فصل آبیاری نیاز باشد. متأسفانه، تجربه گذشته کشور نشانگر عدم پرداخت کامل بودجه تخصیص‌یافته (حتی تا پایان سال) می‌باشد؛ که خود کسری بودجه بیشتری را به مدیریت شبکه اعمال می‌نماید. در چنین شرایطی بهترین راهکار، عدم اتکاء بر منابع مالی دولتی و به جای آن تمرکز بر پردازه‌های آب‌بران می‌باشد.

سیستم کدگذاری (نمودار سطوح حساب‌ها) در قلب هر سیستم مالی و حسابداری وجود دارد. مثالی از یک سیستم کدگذاری در جدول ۲-۳ ارائه شده است و نشان می‌دهد که چگونه برای هر یک از موارد هزینه یک کد و یک ردیف بودجه اختصاص داده می‌شود. جدول ۳-۳ یک نمونه از ریز صورتحساب‌های

جدول ۲-۳ نمونه‌ای از ردیف‌های بودجه و کدگذاری حساب‌ها

| کد | نوع | کد | نوع |
|---------|-------------------------------|---------|------------------------------|
| ۱.۱.۰.۰ | دستمزد | ۱.۳.۳.۶ | هزینه گرمایش |
| ۱.۲.۱.۱ | سهم بیمه و بازنشستگی | ۱.۳.۳.۷ | هزینه گاز |
| ۱.۳.۱.۱ | هزینه سفر و تردد - دفتر مرکزی | ۱.۳.۳.۸ | هزینه‌های تلفن و اینترنت |
| ۱.۳.۱.۲ | هزینه سفر و تردد - دفتر منطقه | ۱.۳.۳.۹ | اجاره ساختمان‌ها |
| ۱.۳.۲.۱ | تجهیزات فنی و مصالح | ۱.۳.۴.۱ | نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها |
| ۱.۳.۲.۲ | تجهیزات دفتری | ۳.۱.۱.۱ | پارانه‌های دریافتی |
| ۱.۳.۲.۳ | کمک هزینه غذا | ۴.۰.۰.۴ | تعمیرات اساسی (سرمایه‌ای) |
| ۱.۳.۲.۴ | لباس | ۴.۰.۰.۱ | تأمین تجهیزات اصلی |
| ۱.۳.۳.۳ | اجاره و نگهداری وسائل نقلیه | ۴.۰.۰.۲ | نگهداری و تعمیرات سازه‌ها |
| ۱.۳.۳.۴ | هزینه آب (آب لوله کشی) | ۴.۰.۰.۳ | پروژه‌های عمرانی |
| ۱.۳.۳.۵ | هزینه برق | ۴.۰.۰.۵ | هزینه‌های طراحی |

جدول ۳-۳ مثالی از تخصیص بودجه به تفکیک ردیف‌ها در سطح ملی

| ردیف | شرح هزینه | جمع تخصیص بودجه (US\$) | جمع تخصیص بودجه (%) |
|------|-------------------------------------|------------------------|---------------------|
| ۱ | دستمزد (+ سهم بیمه و بازنشستگی) | ۵۸۰۵۶۳ | ۲۸٫۶ |
| ۲ | آب شرب | ۱۷۶۷ | ۰٫۱ |
| ۳ | برق (دفاتر) | ۲۸۴۳ | ۰٫۱ |
| ۴ | گرمايش | ۱۲۰۲ | ۰٫۱ |
| ۵ | تلفن و اینترنت | ۱۴۰۴۶ | ۰٫۷ |
| ۶ | سایر مخارج | ۴۱۰۴ | ۰٫۲ |
| ۷ | تردد و جابجایی | ۱۶۲۴۱۸ | ۸٫۰ |
| ۸ | سفر | ۱۳۰۸۶ | ۰٫۶ |
| ۹ | سایر خدمات | ۲۱۱۵۱۳ | ۱۰٫۴ |
| ۱۰ | برق (ایستگاه پمپاژ) | ۴۰۱۳۲۲ | ۱۹٫۷ |
| ۱۱ | تجهیزات و مصالح | ۲۰۳۲۳۴ | ۱۰٫۰ |
| ۱۲ | تعمیرات اساسی (سرمایه‌ای) و نگهداری | ۴۳۷۰۵۶ | ۲۱٫۵ |
| | کل | ۲۰۳۳۱۵۵ | ۱۰۰ |

مرتبط را نشان می‌دهد. در این مثال مشخص است که ۲۹٫۸٪ از منابع مالی صرف هزینه‌های مدیریتی (موارد ۱ تا ۶ شامل: حقوق کارکنان، اداری، ...)، ۳۸٫۷٪ هزینه‌های بهره‌برداری (موارد ۷ تا ۱۰ شامل: برق ایستگاه پمپاژ، جابجایی و سفر، ...) و نهایتاً ۳۱٫۵٪ هزینه‌های نگهداری (موارد ۱۱ و ۱۲) می‌شوند. تفکیک حساب‌ها به ردیف‌های مدیریتی، بهره‌برداری و نگهداری کمک می‌کند که هزینه‌ها تحلیل شده و بتوان مشخص نمود کدام هزینه‌ها بیش از حد بوده و باید محدود گردند.

بسته به نوع سیستم حسابداری و امور مالی، استانداردهای مختلفی برای کدگذاری حساب‌ها وجود دارد. کدگذاری برای کارکنان سازمان‌ها بسیار مهم بوده زیرا به آنها امکان می‌دهد تا به راحتی و با دقت بالا هزینه‌ها را در سیستم حسابداری درج نموده و ردیابی کنند. همان‌طور که در مثال فوق اشاره شد این سیستم قادر است تا هزینه‌های مختلف را به فعالیت‌های مدیریتی، بهره‌برداری و نگهداری نسبت دهد. وجود چنین سیستم حسابداری به‌ویژه برای شبکه‌های خصوصی آبیاری و زهکشی ضرورت دارد. این سیستم مدیران شبکه را قادر می‌سازد تا درآمد حاصل از هر شبکه را به تفکیک مشخص نموده؛ و نیز مخارج را طبقه‌بندی و تحلیل نماید. همچنین، مدیران خواهند توانست حساب هر کدام از آب‌بران (خدمات تحویل شده در مقابل پرداخته دریافت شده) را جداگانه مدیریت نمایند.

انجمن آب‌بران

فرایندهای حسابداری و امور مالی برای انجمن آب‌بران به مراتب ساده‌تر هستند؛ و معمولاً اجزای اصلی آنها عبارت خواهند بود از:

- دفتر ثبت اعضاء و حق عضویت آنها؛
- قراردادهای سالانه با آب‌بران؛

- دفتر ثبت مساحت‌های کشت‌شده؛
- بایگانی صورتحساب‌های آبیاری؛
- دفتر ثبت حساب‌های آبیاری آب‌بران؛
- دفتر نقدینگی (وضعیت صندوق / موجودی بانکی)؛
- مدارک بانکی (چک، دفتر پرداختی، صورتحساب‌های ماهانه بانکی و...)
- دفتر ثبت پرداخت حقوق و دستمزد؛
- دفتر ثبت جریمه‌ها (بدهکاری و پرداخت‌شده)؛
- دفتر ثبت خریدها و فرم‌های مربوطه (سفارش، تصویب، خرید)؛
- فهرست اموال و دارایی‌ها (جمع‌داری اموال)؛
- دفتر ثبت هزینه‌ها؛
- دفاتر معین و کل؛
- جریان پولی سالانه و تراز آن؛
- بودجه‌بندی؛
- گزارشات مالی سالانه.

در دفتر ثبت اعضاء، اطلاعات هر نفر شامل مشخصات فردی و حق عضویت سالانه آنها می‌شود. قراردادهای سالانه بین مدیر انجمن آب‌بران و هر کدام از آب‌بران (با توجه به نوع کشت، وسعت اراضی و میزان آب آبیاری مورد توافق) منعقد می‌گردد. دفتر ثبت مساحت‌های کشت‌شده شامل وضعیت واقعی سطوح و نوع کشت‌ها در اراضی آب‌بران می‌باشد (جدول ۳-۴). این دفتر مبنایی برای برآورد پدازه‌های آبیاری ایشان است. بایگانی صورتحساب‌های (فاکتورهای) آبیاری در برگیرنده نسخه‌ای از تمامی صورتحساب‌های صادر شده (مربوط به هر رویداد آبیاری؛ چه توسط انجمن آب‌بران و چه توسط میراب) می‌باشد. این دفتر در اختیار خزانه‌دار انجمن آب‌بران بوده و مبنای بازبایی و اخذ پدازه‌ها از آب‌بران می‌باشد. دفتر ثبت حساب‌های آبیاری (جدول ۳-۵) علاوه بر نام آب‌بران، برای هر رویداد (نوبت) آبیاری

جدول ۳-۴ مثالی از جدول ثبت مساحت‌های کشت‌شده.

| پدازه‌ی برآورده‌شده برای هر نوبت آبیاری (واحد پول) | سال زراعی: ۱۳۹۲ | | | | | | کل اراضی تحت مالکیت (ha) | نام آب‌بر |
|--|-----------------|-----|-------|------|------|-----|--------------------------------|---------------|
| | کل مساحت کشت | ... | یونجه | پنبه | گندم | جو | | |
| ۳۴۰٫۰ | ۱٫۷ | ۰٫۵ | ۰٫۲ | ۰٫۵ | - | ۰٫۵ | ۲٫۰ | فرید نعمتی |
| کل | | | | | | | | |

جدول ۳-۵ مثالی از جدول ثبت حسابداری آبیاری.

| نام آب‌بر (واحدپول) | بدهکاری قبلی (واحدپول) | سال زراعی: ۱۳۹۲ - ماه: تیر | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|-------|-------------------|-----------------|-------|-------------------|-----------------|-------|--------------------------------|------------------------------|
| | | رویداد آبیاری | | | | | | | | | | |
| | | ۱ | | ۲ | | ۳ | | | | | | |
| | | مبلغ (واحدپول) | شماره فاکتور | تاریخ | مبلغ (واحدپول) | شماره فاکتور | تاریخ | مبلغ (واحدپول) | شماره فاکتور | تاریخ | پردازه پرداختی (واحدپول) | بدهکاری فعلی (واحدپول) |
| فرید نعمتی | ۱۹۰۰۰ | ۵۰۰۰ | ۱۱۵۱ | ۳ | ۱۰۰۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۴ | ۱۰۰۰۰ | ۱۳۶۹ | ۲۴ | ۳۵۰۰۰ | ۹۰۰۰ |

کل

جدول ۳-۶ مثالی از بودجه سالانه انجمن آب‌بران

| بودجه سالانه انجمن آب‌بران | | سال زراعی: ۱۳۹۲ | |
|----------------------------|--|-----------------------|--|
| نام انجمن آب‌بران: کالج | | درآمدهای پیش‌بینی شده | |
| مبلغ (واحد پول) | هزینه‌های پیش‌بینی شده | مبلغ (واحد پول) | حق عضویت اعضا |
| ۸۱۰ | حقوق مدیر | ۳۶۲۵ | پردازه دریافتی آبیاری (وصول شده مربوط به سال جاری) |
| ۱۴۲۴ | حقوق حسابداران | ۶۵۶۲ | دریافتی بلاعوض |
| ۱۱۲۵ | حقوق میراب‌ها (۴ نفر) | ۷۲۱ | پردازه دریافتی آبیاری (وصول شده مربوط به سال‌های قبل) |
| ۷۵ | هزینه دفتری | ۱۵۰ | |
| ۳۱ | نوشت افزار | | |
| ۲۵۰ | سوخت | | |
| ۱۳ | برق دفتر | | |
| ۲۲۱۲ | هزینه نگهداری (پرداخت شده به پیمانکاران) | | |
| ۳۸۲۰ | پردازه پرداختی به شبکه اصلی برای دریافت آب | | |
| ۶۰۰ | نگهبان تأسیسات سراب | | |
| ۵۱۰ | موجودی در صندوق (باقی مانده از سال قبل) | | |
| ۱۸۸ | هزینه غیرقابل پیش‌بینی | | |
| ۱۱۰۵۸ | کل | ۱۱۰۵۸ | کل |

شامل سه داده می‌شود: تاریخ، شماره فاکتور، و مبلغ پرداخت. در انتهای هر ردیف جمع مبالغ فاکتورها و اینکه چقدر پرداخت شده و چقدر باقی مانده درج می‌شود.

سایر اجزاء فرایندهای حسابداری و امور مالی (دفتر نقدینگی، مدارک بانکی، ...) برای حسابداران مشخص و استاندارد می‌باشند. فهرست اموال و دارایی‌ها اشاره به اموال خریداری شده توسط انجمن آب‌بران، اعم از اقلام اداری (مبلمان، تجهیزات دفتری، ...)، وسایل نقلیه (موتورسیکلت، ...)، و اقلام فنی مربوط به بهره‌برداری و نگهداری (شیرفلکه، ابزار تعمیرات، ...) می‌شود. یادآوری می‌گردد که گرچه زیرساخت‌های شبکه جزئی از اموال محسوب می‌شوند، اما در شبکه‌های آبیاری و زهکشی گسترده، این اموال تحت مالکیت شبکه (و نه انجمن آب‌بران) می‌باشند.

بدیهی است که تنظیم بودجه و ارائه گزارشات مالی سالانه یک بخش اساسی از فرایند حسابداری انجمن آب‌بران می‌باشد. مثالی از بودجه انجمن آب‌بران در جدول ۳-۶ آورده شده که یک بودجه ساده و

قابل فهم است. گزارشات مالی سالانه نیز در جدول ۷-۳ آمده است که کمی پیچیده‌تر می‌باشد. در این گزارش خلاصه تمامی معاملات در سال و باقی مانده موجودی‌های بانکی و نقدی آورده شده است.

برنامه ریزی مالی

از مهمترین وظایف مدیریتی بعد از عملیات بهره‌برداری و نگهداری، فراهم ساختن منابع مالی کافی برای عملیات بهره‌برداری و نگهداری شبکه می‌باشد. بررسی بر روی بسیاری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی در بیش از ۳۰-۲۰ سال گذشته نشان می‌دهد که بیشتر این شبکه‌ها، به دلیل عدم تأمین منابع مالی کافی و عدم انجام به موقع عملیات نگهداری، اکنون نیازمند بازسازی کامل می‌باشند. اغلب، با وجود تصویب بودجه کافی و تعهد دولت در تأمین مالی برای مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه، متأسفانه، تخصیص منابع مالی کافی صورت نمی‌گیرد. لذا، بازسازی به تعویق افتاده، وضعیت شبکه رو به وخامت رفته، حتی گاهی عملکرد شبکه بدتر از حالت اولیه (قبل از بازسازی) خود کاهش می‌یابد.

شکل ۱۰-۳ نمودار جریان مالی برای شبکه‌های آبیاری و زهکشی را نشان می‌دهد. برای جلوگیری از اثر نوسانات درآمدی دولت در پروژه‌ها، در برخی کشورها مؤسسات مالی نسبت به تأمین منابع مالی در حمایت از شبکه‌های آبیاری و زهکشی اقدام می‌کنند. معمولاً این منابع مالی در مرحله ساخت پروژه (سرمایه‌گذاری) و یا برای عملیات بازسازی، به شبکه‌ها اختصاص می‌یابد. بدیهی است دولت نسبت به بازپرداخت تدریجی این منابع در سال‌های بعد (از محل درآمدهای عمومی یا درآمدهای خود شبکه) اقدام خواهد کرد. این نوع منابع پولی در درون بخش آبیاری و زهکشی بین دفاتر منطقه‌ای و سپس دفاتر ناحیه‌ای (حسب اولویت‌ها) توزیع می‌شود.

از طرفی دیگر، در سطح شبکه‌ها پروژه‌های آبیاری و زهکشی توسط آب‌بران پراخت می‌شود و منابع مالی برای عملیات مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری تأمین می‌نماید. در نموداری که در شکل ۱۰-۳ دیده می‌شود، روند مطلوب افزایش منابع مالی درونی شبکه (مبالغ دریافتی از طریق پروژه خدمات آبیاری) در مقابل منابع مالی دریافتی از بیرون (دولت/ مؤسسات مالی) نشان داده شده است. امید آن است که منابع درونی به تدریج نیازهای مالی مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری را پوشش دهد. در بسیاری از کشورها، هزینه‌های جاری شبکه هنوز از محل منابع داخلی تأمین نمی‌شود. زیرا، بسیاری از کشاورزان به پرداخت پروژه خدمات آبیاری و زهکشی عادت ندارند. بدیهی است که در چنین حالتی فرهنگ‌سازی در این جهت ضروری و درعین حال زمان‌بر است. در مقابل، در برخی کشورها (مانند ایالات متحده آمریکا و استرالیا) کشاورزان برای پوشش هزینه‌های جاری شبکه، پروژه خدمات را پرداخت می‌نمایند. البته، در مراحل ساخت و بازسازی شبکه‌ها و زیرساخت‌های آبیاری و زهکشی، همچنان دولت‌ها کمک‌های بلاعوض و یارانه‌هایی را به اینگونه پروژه‌ها ارائه می‌دهند.

اغلب، برای کشاورزان خرده مالک، پرداخت پروژه خدمات به صورت ریالی دشوار است. در واقع،

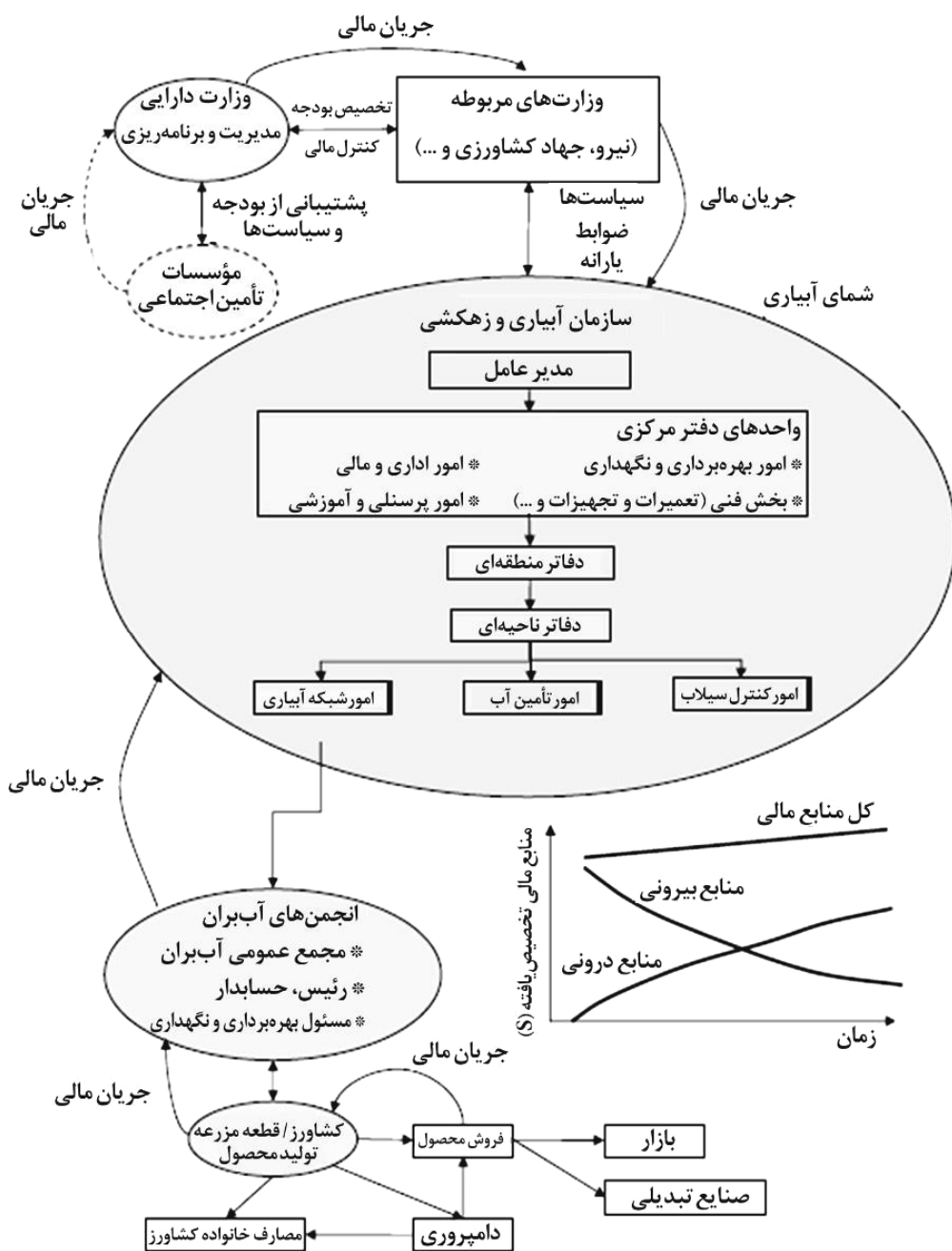
بسیاری از این کشاورزان تک‌محصول بوده و هنگامی که بازار محصولات کشاورزی آنان حالت ضعیفی دارد از پرداخت ریالی امتناع می‌ورزند. در برخی موارد به‌عنوان یک راه‌حل، مانند فیلیپین، سازمان آبیاری پرده آبیاری را به‌صورت جنسی (نسبتی از محصول) از کشاورزان قبول می‌نماید. البته این رویکرد توصیه نمی‌شود. بازگشت سرمایه در کشاورزی فاریاب و توانایی پرداخت پرده‌های خدمات آبیاری در جدول ۸-۳ نشان داده شده است. این مثالی از تجزیه و تحلیل هزینه - درآمد برای یک هکتار کشت ذرت است. بدون احتساب پرده آبیاری و با کارگران اجیر شده، بازگشت سرمایه برای تولید محصول کم تا زیاد، بین ۱۷۸ دلار تا ۴۳۲ دلار در هر هکتار می‌شود. بدون احتساب پرده آبیاری و بدون هزینه کارگری (کارگران خانوادگی)، این عدد بین ۲۸۴ دلار تا ۵۸۶ دلار در هر هکتار می‌گردد. درحالی‌که با در نظر گرفتن پرداخت پرده آبیاری (معادل ۲۲/۵ دلار در هر هکتار فرض شده است)، بازگشت خالص سرمایه با کارگر اجیر شده، به ۱۵۵ دلار تا ۴۰۹ دلار در هر هکتار؛ و با نیروی کار خانوادگی به ۲۶۲ دلار تا ۵۶۴ دلار در هر هکتار کاهش می‌یابد.

جدول ۸-۳ نشان می‌دهد که بازگشت سرمایه این محصول معقول و مطلوب است. البته این در شرایطی وقوع یافته که پرده آبیاری فقط ۹/۵ درصد از کل هزینه‌ها در شرایط کم محصول و تنها ۵ درصد از کل هزینه‌ها در شرایط محصول زیاد می‌باشد. بدیهی است که در حالت کلی تجزیه و تحلیل کامل باید برای یک مزرعه با تنوعی از محصولات و حتی دامپروری صورت پذیرد. این مثال از بودجه‌بندی، نشان می‌دهد که تأمین کل هزینه‌های جاری شبکه (مدیریت، بهره‌برداری، نگهداری) از طریق دریافت پرده آبیاری (در ازای عرضه آب آبیاری) غیرمنطقی نیست.

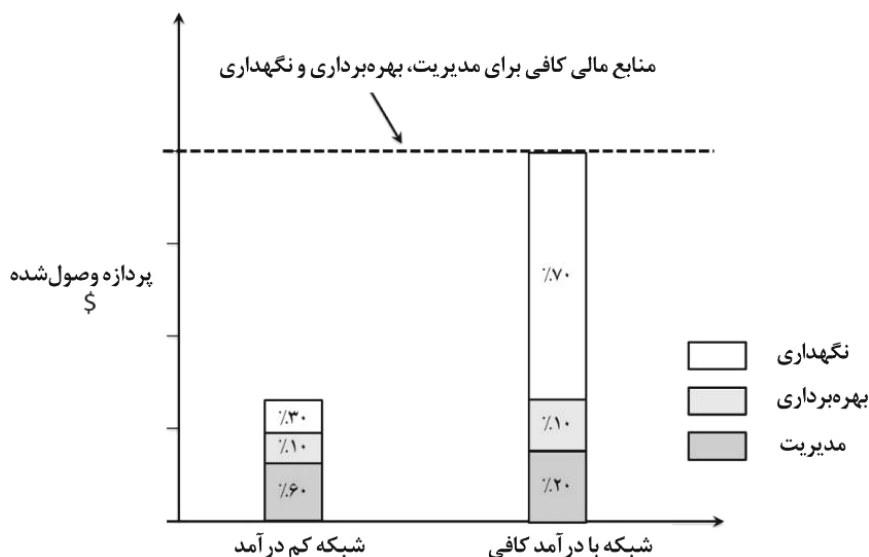
یکی از آفت‌های مرسوم مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، به‌ویژه سیستم‌های دولتی، غلبه یافتن نیازهای مدیریت بر نیازهای بهره‌برداری و نگهداری شبکه است. برای پیشگیری از وقوع این مشکل، مرسوم است که هزینه‌های مدیریت شبکه بایستی در سقف ۳۰٪ کنترل شود. بنابراین لازم است هر ساله هزینه‌های مدیریت از سایر هزینه‌ها تفکیک و کنترل گردد. تفکیک این هزینه‌ها چه در سطح شبکه اصلی و چه در سطح واحد درجه سه (انجمن آب‌بران) روشن می‌باشد. مشکل اصلی در شناسایی و کمی کردن هزینه‌های نگهداری است؛ زیرا: (۱) این هزینه‌ها از شبکه‌ای به شبکه دیگر بسیار متفاوت هستند، (۲) هزینه نگهداری سالانه بسته به اینکه در هر سال معین کدام زیرساخت نیاز به تعمیر/نگهداری داشته باشد به شدت تغییر می‌کند، و (۳) اینکه چگونه سطح مطلوب نگهداری تعریف شده باشد. درواقع، سطح ایده‌آل نگهداری یک شبکه آن است که شبکه برای طول دوره عمر مفید بتواند خدمات کامل آبیاری (عرضه کافی و به‌موقع ...) را ارائه دهد. البته سطح مطلوب بسته به شرایط هر شبکه ممکن است از سطح ایده‌آل عدول نماید. کم‌توجهی به نگهداری و تعمیرات شبکه به دلیل عدم وجود منابع مالی، منجر به وخامت فیزیکی شبکه و بالا رفتن هزینه نگهداری آن در آینده خواهد شد و البته زیادی هزینه نمودن هم منطقی و اقتصادی نیست. تشخیص نقطه تعادل (نه کم و نه زیاد) کار آسانی نمی‌باشد.

جدول ۷-۳ مثالی از یک گزارش مالی سالانه انجمن آب بران .

| گزارش مالی سالانه انجمن آب بران | | سال زراعی: ۲۰۰۸ | |
|---|---|---|---|
| نام انجمن آب بران: کالج | | الف. خلاصه مشخصات انجمن آب بران | |
| ۶۹۲ | جمع اراضی آبخور (هکتار) | ۱ | |
| ۶۹۲ | جمع اراضی آبیاری شده در این سال (هکتار) | ۲ | |
| ۳۹۴ | تعداد کشاورزان در محدوده انجمن (نفر) | ۳ | |
| ۲۷۸ | تعداد اعضاء انجمن (نفر) | ۴ | |
| ب. خلاصه مالی | | ردیف | |
| مبلغ کل | مبلغ (واحد پول) | شرح | |
| | | نقدینگی اولیه | ۱ |
| | ۵۰۰ | ۱-۱ موجودی حساب بانکی | |
| | ۱۰۰ | ۱-۲ موجودی صندوق | |
| ۶۰۰ | | جمع | |
| | | درآمدها | ۲ |
| | ۳۴۵۰ | ۲-۱ حق عضویت اعضاء | |
| | ۶۳۴۲ | ۲-۲ پردازش خدمات آبیاری | |
| | ۵۲۲ | ۲-۳ جریمه | |
| | ۷۲۱ | ۲-۴ دریافتی‌های بلاعوض | |
| | ۱۰۰ | ۲-۵ سایر درآمدها | |
| ۱۱۱۳۵ | | جمع | |
| | | سود بانکی و اهدایی | ۳ |
| | ۲۵ | ۳-۱ سود بانکی | |
| | ۵۰ | ۳-۲ اهدایی | |
| ۷۵ | | جمع | |
| ۱۱۸۱۰ | | جمع کل (ردیف‌های ۱ و ۲ و ۳) | |
| | | هزینه‌های بهره‌برداری | ۴ |
| | ۳۸۲۰ | ۴-۱ پردازش خدمات آبیاری پرداخت شده به سازمان آبیاری | |
| | ۳۹۶۰ | ۴-۲ حقوق و دستمزد | |
| | ۱۲۶ | ۴-۳ هزینه دفتری | |
| | ۲۷۲ | ۴-۴ هزینه حمل و نقل | |
| | ۴۰ | ۴-۵ هزینه‌های عمومی (پذیرایی و...) | |
| | ۲۳۲۵ | ۴-۶ هزینه نگهداری | |
| | ۱۲۴ | ۴-۷ سایر هزینه‌ها | |
| ۱۰۶۶۷ | | جمع | |
| | | سرمایه‌گذاری و بازپرداخت وام‌ها | ۵ |
| | ۴۵۰ | ۵-۱ منابع مالی ذخیره شده | |
| | ۳۴۶ | ۵-۲ خرید تجهیزات سرمایه‌ای | |
| | ۰ | ۵-۳ بازپرداخت وام | |
| ۷۹۶ | | جمع | |
| ۱۱۴۶۳ | | جمع کل (ردیف‌های ۴ و ۵) | |
| | | نقدینگی انتهایی | ۶ |
| | ۲۴۲ | ۶-۱ موجودی حساب بانکی | |
| | ۱۰۵ | ۶-۲ موجودی صندوق | |
| ۳۴۷ | | جمع | |
| مدیر اجرایی | | حسابدار | |
| (نام ، امضاء، تاریخ) | | (نام ، امضاء، تاریخ) | |
| رئیس هیئت مدیره (نام ،امضاء، تاریخ) مهر انجمن | | | |



شکل ۱۰-۳ نمونه‌ای از جریان مالی ممکن در بخش آبیاری و زهکشی.



شکل ۱۱-۳ مقایسه توزیع بودجه بین عملیات مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری در دو شبکه با درآمد کم و کافی.

اندازه بهینه مدیریت شبکه (تعداد و ترکیب نیروی انسانی، تجهیزات، ...) تابع اندازه و شرایط شبکه است. اندازه مدیریت پس از تأسیس تقریباً ثابت است (با نوسانات درآمد تغییر نمی‌کند). برای مثال، در یک شبکه آبیاری و زهکشی، سهم بهینه هزینه‌های نگهداری، بهره‌برداری، و مدیریت از کل هزینه‌های جاری به ترتیب حدود ۷۰٪، ۱۰٪ و ۲۰٪ تعیین شده است (شکل ۱۱-۳، وضعیت سمت راست). این شبکه باید منابع مالی کافی برای هزینه‌های جاری را (از طریق دریافت پرداخت‌ها و احياناً یارانه‌های دولتی) تأمین نماید. در صورتی که این منابع به قدر کافی وصول نگردند، هزینه‌های مدیریتی از سهم مقرر فزونی می‌یابد، نگهداری با مشکل روبه‌رو و نهایتاً منجر به بدتر شدن وضع فیزیکی شبکه می‌شود (شکل ۱۱-۳، وضعیت سمت چپ).

مسئله دیگر در تعیین تعرفه پرداخت خدمات آبیاری، روش محاسبه آن می‌باشد. محاسبه پرداخت برای هر مزرعه می‌تواند براساس یکی از روش‌های ممکن صورت پذیرد. این روش‌ها، به ترتیب دقت، عبارتند از: (۱) حجم آب تحویلی، (۲) مساحت کشت شده و نوع محصولات، (۳) مساحت کشت شده، (۴) مساحت مزرعه (کشت شده + آیش). مسلماً انتخاب روش بستگی به امکانات سنجش و دقت و صحت آن دارد. در برخی مناطق انجمن آب‌بران آب را براساس زمان، که تعبیری نسبی (غیر دقیق) از حجم است، تحویل می‌دهند. این روش اثرات مثبتی در کاهش زمان برداشت آب آب‌بران دارد. با کاهش منابع آبی (مثلاً به دلیل در دسترس نبودن آن مانند زمان خشکسالی یا خرابی موقت شبکه) و یا هنگامی که بارندگی به اندازه کافی بیارد، بالطبع تحویل آب شبکه کاهش یافته که خود موجب کاهش پرداخت‌های قابل وصول یا درآمد شبکه می‌گردد. بنابراین در سال‌هایی که بسیار خشک و یا مرطوب باشد، تأمین‌کنندگان خدمات ممکن

است در آمد کافی وصول ننمایند؛ گرچه هزینه‌ها (نیروی انسانی، نگهداری و...) پابرجا هستند. راه‌حل ممکن برای پوشش حداقل هزینه‌ها شبکه آن است که همه آب‌بران در محدوده آبخور، یک پرده سالیانه ثابت (به نسبت وسعت مزرعه خویش) را پرداخت کنند. این پرده برای پوشش دادن هزینه‌های ثابت و حداقلی شبکه است. بدیهی است هزینه متغیر و اضافی به نسبت تأمین خدمات اخذ خواهد شد. در این متن، در مورد اینکه آیا در شبکه‌های آبیاری خصوصی / مشارکتی مدیریت شبکه بایستی مسئولیت ۱۰۰٪ تأمین مالی را داشته باشند و یا دولت برای حمایت و پوشش دادن هزینه عملیات مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری همچنان به آنها یارانه دهد بحث نشده است. مسلماً برای این که چرخه زوال پس از بازسازی متوقف شود تأمین منابع مالی کافی ضروری است.

توسعه منابع انسانی

از مهم‌ترین دارایی‌های یک سازمان منابع انسانی آن می‌باشد. این امر به‌خصوص در مدیریت آبیاری، جایی که توانمندی‌های کارشناسان ماهر و/یا متخصص برای کارکردهای اصلی شبکه بسیار مهم می‌باشد، مشهود است. کارکردهای اصلی شبکه عبارتند از: طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی تخصصی و توزیع آب، ارتباط با آب‌بران و هماهنگ‌سازی، تنظیم و اندازه‌گیری جریان، ثبت آب تحویل شده، صدور فاکتور و وصول پرده‌ها، و نیز اجرای صحیح فعالیت‌های نگهداری و ثبت آن‌ها.

تعداد و تنوع مهارتی کارکنان، در اکثر سازمان‌های آبیاری و زهکشی، تابع معیارهایی مانند وسعت شبکه، نوع شبکه و تجهیزات آن و نیز تعداد آب‌بران است. علاوه‌براین، سلسله‌مراتب اداری (چارت تشکیلات) در سازمان و نیز شرح وظایف برای هر موقعیت شغلی (پست) معمولاً معلوم و معین شده است. لازم است که چارت تشکیلاتی و شرح وظایف شغلی به‌صورت دوره‌ای بازبینی و براساس شرایط جدید شبکه به‌روزرسانی شود. این امر، به‌خصوص در کشورهایی که دستمزد و هزینه کارکنان فزاینده بوده و فناوری‌های جدید به‌سرعت موجب تغییر روش مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری در شبکه‌ها می‌گردد، بسیار مهم است. نمونه‌هایی از ارتقاء امکانات و فناوری در شبکه که موجب تغییر روش‌ها می‌شوند، عبارتند از: (۱) توسعه تجهیزات کنترل شبکه با کنترل اتوماتیک سطح آب و/یا کنترل از دور دریچه‌ها؛ (۲) بهبود امکانات تردد میراب‌ها (مثلاً استفاده از موتورسیکلت به‌جای پیاده‌روی)؛ و (۳) بهبود ثبت، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها با به‌کارگیری رایانه‌ها.

هنوز، در برخی کشورها نگرش توسعه منابع انسانی^۱ (HRD) در سازمان‌های آبیاری جایگاه واقعی خود را نیافته است. این امر در مدیریت کاملاً یکطرفه (بالا به پایین)، نبود انگیزش و مشوق برای کارکنان، و نیز عدم توجه به آموزش ایشان نمود می‌یابد. معمولاً، ظاهر تکراری امور شبکه مدیران را به این نتیجه می‌رساند که نیازی به انگیزش بیشتر و آموزش کارکنان نیست. در حالی که، تجارب کسب‌شده در ۳۰ سال

گذشته از بخش‌های صنعت و خدمات در مورد توسعه نیروی انسانی خلاف این را نشان می‌دهند. متأسفانه، این تجارب به بخش آبیاری و زهکشی انتقال نیافته و در این بخش به رسمیت شناخته نشده است. در واقع، برای بهبود ارائه خدمات یک سازمان آبیاری به مشتریان (آب‌بران) و جلب رضایت ایشان، لازم است سازمان با به کارگیری HRD خود را مستمراً چابک‌تر، فعال‌تر و ماهرتر سازد. همچنین، انتظار می‌رود با افزایش پدازه پرداختی آب‌بران، سطح خدمات شبکه نیز بالاتر رفته و رضایت مشتریان بیش از پیش جلب گردد. در هر حال، سازمان بایستی در قبال ناهنجاری‌های شبکه پاسخگو باشد.

امور اداری

روش‌ها و فرایندهای کارآمد در مدیریت امور اداری یک سازمان همانند روغن در ماشین موجب روانی امور و کاهش اصطکاک‌ها و تقابل‌ها می‌گردند. برخی مسئولیت‌های اداری در سازمان آبیاری و زهکشی عبارتند از:

- ثبت، رسیدگی، بایگانی و بازیابی مکاتبات: شامل روش‌هایی برای عطف/پیرو زدن مکاتبات، ارجاع کلیه مکاتبات ورودی به مسئول ذیربط جهت اقدام، و نیز یک سیستم ردیابی و پایش برای اطمینان از زمان مناسب انجام کارها؛
 - مأموریت‌ها: سازماندهی مأموریت‌های کارکنان و پرداخت فوق‌العاده روزانه و سایر مزایای ایشان؛
 - ارتباطات: مدیریت ارتباطات اداری درون دفتری و ارتباط با سایر دفاتر سازمان؛
 - خدمات: ارائه خدمات پشتیبانی در زمینه‌های دبیرخانه، فناوری اطلاعات، قراردادها، ... و مانند آن؛
 - برگزاری جلسات: فراهم کردن امکانات برگزاری جلسات و کنفرانس، و نیز سازماندهی/اجرای جلسات و کنفرانس‌ها؛
 - امور عمومی: روش‌هایی برای خرید تجهیزات و نگهداری دفاتر اداری؛
 - انتشارات: امکانات چاپ و تکثیر؛
 - تدارکات: شامل خرید تجهیزات، قطعات یدکی، مصالح، و نیز برای خرید خدمات پشتیبانی؛
 - انبارداری: ورود و خروج کالا و کنترل موجودی (اعم از تجهیزات، لوازم و مصالح).
- مسلماً مسئولیت‌های انجمن آب‌بران در این مراحل کمتر و بسیار آسان می‌باشد و عمدتاً مربوط به حصول اطمینان از ایمن ماندن و به‌روزرسانی دفتر حسابداری و صورت‌جلسات انجمن می‌شود. همچنین، به امور اداری به‌قدر معقول توجه خواهد شد، از صورت‌جلسات به‌خوبی نگهداری شده و اطلاعات به‌حد کافی در اختیار آب‌بران گذارده خواهد شد.

مسائل حقوقی

سازمان‌ها/انجمن‌های آب‌بران و/یا خود آب‌بران گاهی مواجه با مسائل حقوقی (به‌ویژه در برخی زمینه‌های مربوط به سازمان آبیاری و زهکشی) می‌شوند. برای سامان‌دهی این امور لازم است از همکاری یک حقوقدان کمک دریافت شود. برخی از این موارد عبارتند از:

- تدوین پیش‌نویس یا بازنویسی لایحه‌ای برای تأسیس انجمن آب‌بران و یا انتقال مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری به آب‌بران؛
 - تدوین پیش‌نویس یا بازنویسی لایحه‌ای برای تغییر قانون آب؛ که این ممکن است شامل: تعریف/تخصیص حقا به‌های فردی و گروهی، راه‌اندازی شوراهای حوضه آبریز، تأسیس سازمان‌های جدید برای مدیریت منابع آب باشد.
 - تدوین پیش‌نویس برای قراردادها و توافقنامه‌های خدمات بین سازمان شبکه و آب‌بران؛
 - شکایت به دادگاه و/یا دفاع در دادگاه (چه از طرف آب‌بران به دلیل عدم تأمین خدمات و چه توسط سازمان/انجمن به دلیل عدم پرداخت پدازه‌ها توسط آب‌بران)؛
 - اقدام قانونی برای اخذ جریمه‌های برداشت و/یا استفاده غیرمجاز از آب و نیز آسیب به زیرساخت‌های آبیاری و زهکشی، که از سوی سازمان شبکه بر علیه انجمن آب‌بران و/یا بر علیه آب‌بران صادر، و یا جریمه‌هایی که از سوی انجمن آب‌بران علیه اشخاص صادر شده باشند؛
 - اقدام برای تضمین حق انتفاع کامل در مالکیت و دسترسی به زیرساخت‌های شبکه آبیاری و زهکشی؛ و ارائه مشاوره لازم برای حمایت قانونی از انجمن‌های آب‌بران.
- یک سازمان بزرگ آبیاری و زهکشی ممکن است از یک تیم حقوقی کوچک و نیز یک متخصص برای مشاوره‌های قانونی بهره‌مند باشد. برای انجمن‌های آب‌بران، مشاوره حقوقی بخشی از پروژه استقرار آنها می‌باشد. در قرقیزستان اخیراً اتحادی ملی از انجمن‌های آب‌بران تشکیل شده که یک حقوقدان را به کار گرفته تا انجمن‌های آب‌بران را در گرفتن مسئولیت مدیریت شبکه کانال‌های اصلی از سازمان دولتی آبیاری و زهکشی یاری و راهنمایی نماید.

روابط عمومی

یک ابزار مفید برای مدیریت در هر سازمانی روابط عمومی خوب می‌باشد. برای انجمن‌های آب‌بران، روابط عمومی خوب به‌خصوص در روزهای اولیه تشکیل و تأسیس انجمن آب‌بران مفید بوده و اغلب یک جزء اساسی در هر پروژه مربوط به آنها می‌باشد. توسعه مفهوم انجمن آب‌بران در رسانه‌ها (رادیو، تلویزیون، روزنامه، ...) درک عمومی از انجمن‌های آب‌بران را ارتقاء داده و حمایت جامعه از این انجمن‌های نوین را بهبود می‌بخشد. سطح پذیرش و حمایت سیاستمداران از انجمن‌های آب‌بران به فعالیت و تلاش روابط عمومی هر انجمن بستگی دارد که باید پس از تأسیس انجمن، به‌عنوان فعالیتی کارساز استمرار یابد. انجمن‌های آب‌بران همواره نیازمند یک روابط عمومی خوب به‌منظور اطمینان از «دسترسی به آب» و «رعایت شدن حقا به آب‌بران» می‌باشند. همچنین، روابط عمومی باید در اسقرار نقش خویش به‌عنوان سخنگوی جامعه آب‌بران در محیط اجتماعی - سیاسی اقدام نماید. بدیهی است، قبل از تشکیل انجمن‌های آب‌بران مسئولان دولتی در بخش آبیاری و زهکشی می‌بایستی بستر حقوقی - قانونی

لازم برای فعالیت این انجمن‌ها را ایجاد نموده باشند. با انتقال کامل مدیریت آبیاری به انجمن‌ها، از درگیری سازمان‌های دولتی مرتبط کاسته شده و انجمن‌های آب‌بران خود باید هوشیارانه به محافظت از حقوق و حریم خویش بپردازند؛ بنابراین نقش روابط عمومی در چنین شرایطی دو چندان اهمیت می‌یابد. در نهایت، اگر مدیران انجمن خواستار جلب/ حفظ پشتیبانی آب‌بران باشند، باید در ارتباط‌گیری، توجه و هماهنگی، و همکاری نزدیک با آب‌بران کوشش نمایند. رابطه، مواجهه و هماهنگی صحیح و کافی، آب‌بران را به انجمن وابسته می‌کند؛ و در صورت نبود آن انجمن از هم گسیخته می‌شود.

برای سازمان‌های آبیاری و زهکشی نیز روابط عمومی خوب، با آب‌بران و انجمن‌ها، موجب می‌شود که امور اداری آسان و روان گشته و در نهایت بهره‌وری آب در کشاورزی افزایش یابد. مدیریت آب آبیاری با مدیریت آب شهری تمایز جدی دارد. اول اینکه، آب آبیاری در کانال‌ها آزاد و در دسترس بوده و محافظت از آن در همه جا و به صورت تمام وقت (به خصوص در شب) کار دشواری است. دوم اینکه، آب آبیاری برای تولید به کار می‌رود و معیشت مردم به آن وابسته است، نه مانند آب شهری که فقط برای مصارف خانگی استفاده می‌شود. سوم اینکه، عرضه آب شرب برحسب تقاضا صورت می‌گیرد، اما آب آبیاری عمدتاً براساس دور ثابت توزیع می‌گردد (و نه براساس تقاضا). در چنین فضایی، برای آن که عرضه آب قابل اعتماد، کافی و به موقع باشد همکاری و ارتباط نزدیک بین آب‌بران، انجمن‌های آبیاری، سازمان‌های آبیاری ضروری است. در این مسیر، مسلماً، تحکم و اجبار و تعارض مسائل را پیچیده و مشکل می‌نماید. در مقابل، همکاری با آب‌بران و جلب رضایت ایشان از خدمات آبیاری، اثرگذار و نتیجه‌بخش است. روابط عمومی خوب برای سازمان‌های آبیاری و زهکشی به خصوص در ارتباط‌گیری و همکاری با دیگر ادارات دولتی و سازمان‌ها، مانند ادارات شهرستانی و استانی و نیز دولت ملی، نیز مفید می‌باشد. روابط عمومی خوب موجب استحکام موقعیت و ایستادگی سازمان آبیاری و زهکشی شده؛ و روابط عمومی ضعیف موجب تضعیف جایگاه این سازمان در نگاه جامعه و دولت می‌شود.

مسائل

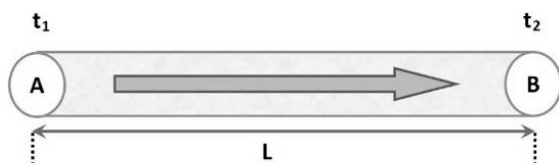
۱. مدیریت شماهای آبیاری و زهکشی در ایران و سایر کشورها برعهده چه بخش(هایی) است؟
۲. در بخش آبیاری و زهکشی اساسی‌ترین وظایف مدیریتی چیست؟
۳. سطوح مدیریتی در شماهای آبیاری و زهکشی را همراه با ذکر مثالی تشریح کنید؟
۴. هدف اصلی در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی چیست؟
۵. چرخه مدیریت آبیاری شامل چه مواردی است؟ به‌طور مختصر هر یک را شرح دهید.
۶. چرا استفاده از سیستم حسابداری برای شبکه‌های آبیاری ضرورت دارد؟
۷. اجزای اصلی فرایندهای امور مالی برای انجمن آب‌بران شامل چه مواردی است؟
۸. عوامل ضعف در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی چیست؟ برای جلوگیری از آن چه باید کرد؟
۹. روابط عمومی در یک سازمان چه نقشی دارد؟

سنجش آب

اندازه‌گیری آب از گذشته‌های دور برای تحویل حقایق (حق مالکیت آب) آب‌بران، رواج داشته است. برای قرن‌ها روش‌های سنتی، یعنی اندازه‌گیری زمان تحویل آب و یا شق‌نهر (تقسیم جریان) به نسبت معین، معمول بوده است. با رشد تکنولوژی و پدید آمدن روش‌های جدید آبیاری (با بهره‌وری بالا)، مبحث کنترل آب آبیاری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار شده، و لذا سنجش آب نیز جایگاه ویژه‌ای یافته است. اکنون علاوه بر کنترل حقایق، موارد دیگری چون قوانین آب، آب‌بها، مدیریت آب آبیاری، و حتی کیفیت آب نیازمند سنجش آب می‌باشند. به علاوه، با توجه به رشد چشمگیر مصارف و کمبود/ کمیابی منابع آب، اهمیت سنجش آب دوچندان گردیده است. از آنجا که پیش‌بینی نمی‌شود تا در آینده برای رفع کمیابی آب راه‌حلی پدید آید، و سازگاری با این مشکل را تنها راه ممکن می‌شناسند؛ اهمیت سنجش آب در آینده دوچندان خواهد شد.

اکثر روش‌های متداول سنجش دبی مبتنی بر سنجش بارآبی (head) به صورت ارتفاع و یا فشار آب است. در واقع ابتدا سرعت به‌عنوان تابعی از بار ($V = C\sqrt{2gh}$) سنجیده شده و سپس از حاصلضرب سرعت در سطح مقطع، شدت جریان یا دبی به دست می‌آید. گذر حجمی آب یا آبدهی نیز که همان مفهوم دبی را دارد، از تقسیم حجم جابه‌جاشده بر زمان معلوم می‌گردد (شکل ۱-۴). در میان روش‌های اندازه‌گیری دبی، استفاده از نمک محلول و سنجش غلظت آن برای اندازه‌گیری آب روشی متفاوت است که براساس سرعت و سطح مقطع نمی‌باشد.

خطا در سنجش‌ها اجتناب‌ناپذیر است. شاید دقیق‌ترین روش برای سنجش دبی، روش حجمی باشد. اما کاربرد این روش برای دبی‌های بزرگ عملی نیست. به‌طور کلی خطا در سنجش دبی با روش‌های متداول از ۲٪ تا ۲۰٪± است. دلایل وجود این خطاها را می‌توان به شرح زیر برشمرد: (۱) محل سنجش نامناسب؛



تفسیر گذر حجمی آب :

در یک لوله دایره‌ای به قطر D ، اگر آب در زمان $t_2 - t_1$ به اندازه L از مقطع A به مقطع B پیشروی نماید، موارد زیر قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned} \text{سرعت} &= v = L / (t_2 - t_1) \\ \text{حجم انتقال داده شده} &= (\pi D^2 / 4) \cdot L \\ \text{گذر حجمی} &= (\pi D^2 / 4) \cdot L / (t_2 - t_1) \end{aligned}$$

شکل ۴-۱ گذر حجمی آب .

(۲) شرایط نامطلوب جریان در بالادست محل سنجش؛ (۳) وقوع تلاطم و گردآب‌های اِدی (Eddy) در محل سنجش؛ (۴) اشکالات ناشی از کاربرد دستگاه‌های خراب، تعمیر یا سرویس نشده، و بد نصب شده؛ و (۵) خطای انسانی (عدم دقت، کوتاهی در قرائت به موقع، ...).

روش‌های ساده سنجش آب آبیاری

ساده‌ترین روش برآورد دبی، «تخمین خبره» است. شخص دارای تجربه کافی، می‌تواند صرفاً با مشاهده جریان آب (با دقت در اندازه نهر و سرعت آب) تخمین خوبی از دبی ارائه دهد. در این بخش برخی روش‌های ساده سنجش که صرفاً برای تخمین دبی کاربرد دارند شرح داده می‌شوند. بدیهی است که این روش‌ها برای سنجش دقیق قابل قبول نیستند.

جسم شناور

در این روش با سنجش سرعت یک جسم شناور (مثلاً یک تکه چوب) تخمینی از سرعت متوسط جریان به دست می‌آید. از حاصلضرب این سرعت و سطح مقطع جریان دبی محاسبه می‌شود. معمولاً سنجش سرعت در بازه‌ای یکنواخت و مستقیم از نهر به طول مناسب (حدود ۱۰ متر) و در چند تکرار (برای کنترل خطا) انجام می‌پذیرد. بازه‌ی انتخابی بایستی، تا حد ممکن، عاری از تغییرات زیاد/ ناگهانی / شدید در سطح مقطع (کف و دیواره‌ها)، زبری، و شیب بوده و سطح آب در آن نسبتاً آرام باشد. برای کسب نتیجه‌ای خوب بهتر است از سنجش در هنگام وزش باد پرهیز گردد. سطح مقطع جریان (مساحت محصور بین کف نهر و سطح آب) بایستی، با توجه به تغییرات نهر، در یک یا چند مقطع سنجش گردد. سنجش‌هایی که در طی آن جسم شناور بیشتر مسیر را در وسط نهر حرکت نموده، دقیق‌تر است. بهتر است جسم شناور قدری بالادست بازه به آب انداخته شود (تا با جریان آب هم‌سرعت گردد)؛ گرچه گرنومتر (زمان‌سنج) بایستی بلافاصله پس از عبور جسم از مرز آغازین بازه به کار انداخته شود. در هر تکرار با دقت مناسب زمان

جدول ۴-۱ ضرایب تعدیل سرعت در روش سنجش دبی با جسم شناور

| عمق متوسط | m | ۰٫۳ | ۰٫۶ | ۰٫۹ | ۱٫۲ | ۱٫۵ | ۱٫۸ | ۲٫۵ | ۳٫۵ | ۴٫۵ | ۶ > |
|-----------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ضریب تعدیل سرعت | - | ۰٫۶۶ | ۰٫۶۸ | ۰٫۷۰ | ۰٫۷۲ | ۰٫۷۴ | ۰٫۷۶ | ۰٫۷۷ | ۰٫۷۸ | ۰٫۷۹ | ۸۰٫۰ |

سپری شده برای طی مسافت بازه ثبت می‌شود. این سرعت (جسم شناوری که در سطح آب حرکت می‌کند) از سرعت متوسط جریان بیشتر است. برای به‌دست آوردن سرعت متوسط جریان بایستی از ضریب تعدیل، به شرح جدول ۴-۱، استفاده نمود. در هر حال خطای این روش حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد است.

ماده رنگی

مشابه روش قبل، با استفاده از جوهر (غیرسمی) نیز می‌توان سرعت جریان را تخمین زد. حجمی کافی از ماده رنگی مناسب، در مقطع آغازین بازه سنجش یکجا به‌درون جریان اضافه می‌گردد. جریان آب در طول بازه سنجش به‌طور کامل موجب اختلاط جوهر با آب شده و لذا در این روش نیازی به ضریب تعدیل سرعت نیست. سپس زمان‌های عبور ابر رنگی جوهر از مقطع انتهایی، ثبت شده و از تقسیم طول بازه بر متوسط این دو زمان سرعت متوسط جریان به‌دست می‌آید. طول بازه بایستی متناسب با جوهر و جریان انتخاب گردد؛ در غیر این صورت ابر رنگی در انتهای بازه محو و مشاهده آن مشکل خواهد بود.

غلظت نمک

این روش مبتنی بر استفاده از یک نمک محلول در آب است. حجم معینی از محلول با غلظت C_1 (mg/lit) در ابتدای بازه سنجش و با شدت (دبی) مشخص q (lit/s) به‌طور مداوم به‌جریان تزریق می‌گردد. در انتهای بازه (در فاصله حداقل ۵ متر و حتی تا ۱۵ متر)، غلظت نمک (C_2) مجدداً سنجیده می‌شود. اگر غلظت اولیه نمک در جریان (قبل از تزریق نمک) برابر C_0 باشد، آن‌گاه از رابطه زیر دبی جریان (Q) محاسبه خواهد شد:

$$\Delta t[QC_0 + qC_1] = \Delta t[(Q + q) \times C_2] \rightarrow Q = q \left(\frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} \right) \quad (4-1)$$

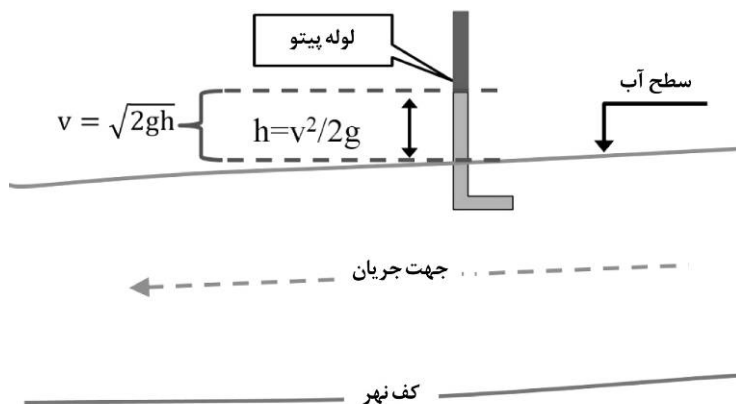
برای آسانی کار، غلظت‌ها با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC-meter) و بر حسب دسی‌زیمنس بر متر (dS/m) سنجش می‌شوند. توجه کنید که از این روش، دبی مستقیماً به‌دست می‌آید.

جریان یکنواخت

هرگاه مشخصات جریان در طولی از یک نهر تغییر نکند (عمق، سطح مقطع، و ... ثابت)، جریان در آن بازه یکنواخت است. برقراری جریان یکنواخت با سنجش شیب کف نهر و شیب سطح آب قابل بررسی است. در صورت برابری این شیب‌ها و برقراری جریان یکنواخت معادله مانینگ (Manning) برای محاسبه سرعت جریان (v) قابل استفاده است.

جدول ۲-۴ ضریب زبری مانینگ

| ردیف | نوع کانال | n |
|------|-------------------------------------|-------|
| ۱ | کانال بتونی معمولی | ۰٫۰۱۴ |
| ۲ | کانال خاکی تمیز و مستقیم | ۰٫۰۲۲ |
| ۳ | کانال خاکی با قدری علف و غیر مستقیم | ۰٫۰۵۵ |
| ۴ | کانال خاکی با علف زیاد و غیر مستقیم | ۰٫۱۰۰ |



شکل ۲-۴ کاربرد لوله پیتو.

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \times s^{1/2} \quad (۴-۲)$$

در این معادله، v سرعت بر حسب m/s ، s شیب سطح آب (یا شیب کف نهر) بر حسب m/m ، R شعاع هیدرولیکی بر حسب m و n ضریب زبری مانینگ هستند. نکته مهم در کاربرد معادله مانینگ، برای به دست آوردن تخمینی خوب، انتخاب مقدار مناسب برای ضریب زبری (n) است (جدول ۲-۴).

لوله پیتو

لوله پیتو، به عنوان یک وسیله سرعت سنج، فقط توانایی سنجش سرعت را در یک نقطه دارد. عدم امکان انتخاب نقطه مناسب (که سرعت متوسط جریان را به دست دهد) خطای این روش را زیاد نموده، و کاربرد آن در سرعت های کم توصیه نمی شود (شکل ۲-۴). اما از این وسیله ساده می توان به عنوان ابزاری برای کنترل سرعت محاسبه شده با معادله مانینگ (یا کنترل ضریب زبری) استفاده نمود.

سنجش دقیق آب آبیاری: در انهار

برای سنجش دقیق آب آبیاری معمولاً از تجهیزات و یا سازه های واسنجی شده^۱ استفاده می شود. از جمله

1. calibrated

این وسایل فلوم‌ها^۱، سرریزها^۲، روزنه‌ها^۳ و دریچه‌ها^۴ را می‌توان نام برد. در این بخش اینگونه وسایل و نحوه‌ی کاربرد آن‌ها معرفی می‌گردند.

فلوم

فلوم‌ها کانال‌هایی با شکل‌هایی ویژه و با یک تنگنا (گلوئی) هستند. معمولاً فلوم در مسیر جریان طوری کار گذاشته می‌شود که آب در آن آزاد جریان یابد. در چنین حالتی در گلوئی فلوم عمق بحرانی وقوع می‌یابد و صرفاً با یک سنجش سطح آب، در بالادست، دبی تعیین می‌گردد. در نهرهای با شیب طولی بسیار کم، کارگذاری فلوم منجر به جریان مستغرق خواهد شد. در واقع، هرگاه جریان تحت شرایط پایین دست قرار گیرد، شرایط مستغرق پدید می‌آید. سنجش دبی در شرایط مستغرق نیازمند دو قرائت سطح آب، در بالادست و پایین دست، بوده و دارای دقت کمتری است. معادله کلی برای محاسبه دبی در فلوم‌ها، برای شرایط آزاد (free, Q_f) و مستغرق^۵ (Q_s)، می‌توان به شرح زیر ارائه داد؛ که در آن‌ها h_u و h_d عمق‌های آب سنجش شده در بالادست^۶ و پایین دست^۷، و S نسبت استغراق (h_d/h_u) هستند. جریان تا نسبت استغراق معینی، آزاد و از آن بیشتر، مستغرق نامیده می‌شود. در حد تغییر جریان، S به نام نسبت استغراق انتقالی^۸ خوانده می‌شود. به‌ازای این نسبت، هر دو معادله پاسخ‌هایی برابر برآورد می‌نمایند.

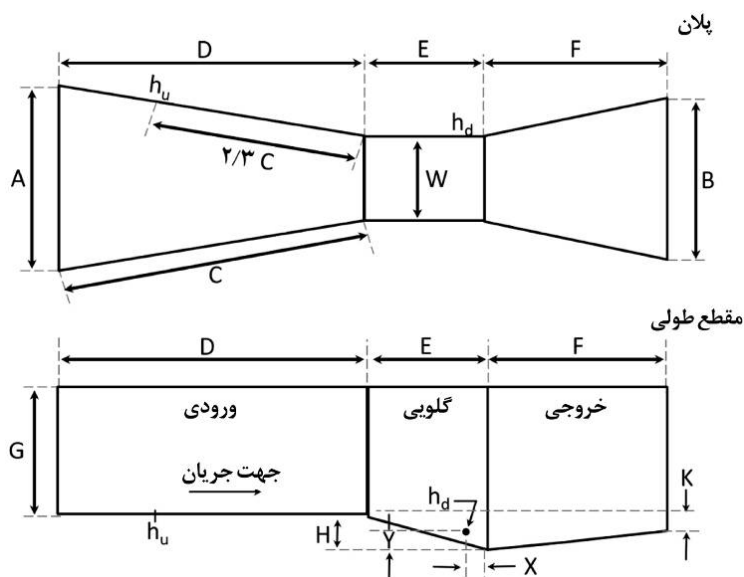
$$Q_F = (h_u) \& Q_S = (h_u - h_d, S) \quad (۴-۳)$$

فلوم‌ها به دو دسته گلو - کوتاه (خطا حدود $\pm 10\%$) و گلو - بلند (خطا حدود $\pm 5\%$) قابل تقسیم هستند. مزایای فلوم‌ها، در مقایسه با سرریزها عبارتند از: عبور دادن رسوبات و مواد شناور، ایجاد کاهش بار^۹ کم، عدم نیاز به حوضچه بالادستی، و داشتن دامنه سنجش نسبتاً وسیع (دبی‌های کم تا زیاد). در مقابل، معایب فلوم‌ها عبارتند از: مشکلات ساخت (دارای ابعاد استاندارد و دقیق)، گرانی ساخت، و عدم امکان کاربرد به‌عنوان وسایل کنترل جریان.

پارشال فلوم

این فلوم سنجش دبی، در دانشگاه ایالتی گُرادو (توسط Ralph Parshall) بین سال‌های ۱۹۱۵ تا ۱۹۲۲ ابداع شده، و از رایج‌ترین وسایل سنجش آب آبیاری است. خطای سنجش این فلوم بین $\pm 2\%$ تا $\pm 5\%$ است. این وسیله برای سنجش دبی‌هایی از یک تا 85000 lit/s در اندازه‌های مختلفی (با ابعاد استاندارد) ساخته می‌شود. معمولاً اندازه‌ای از پارشال فلوم انتخاب می‌گردد که عرض آن بین $1/4$ تا $1/3$ عرض

1. flumes
2. weirs
3. orifices
4. gates
5. submerged
6. up stream
7. down stream
8. transitional
9. head loss



شکل ۳-۴ پلان و مقطع پارشال فلوم، شامل جزئیات ابعادی.

جریان (در بالادست محل کارگذاری) باشد. برآورد دبی با اندازه گیری عمق جریان در فلوم و به کمک معادله های ۴-۴ و ۴-۵ انجام می گیرد.

$$Q_f = C_f \cdot W \cdot (h_u)^{n_f} \quad \text{برای جریان آزاد} \quad (4-4)$$

$$Q_s = \frac{C_f \cdot W \cdot (h_u - h_d)^{n_f}}{[-(\log_{10} S + C_v)]^{n_s}} \quad \text{برای جریان مستغرق} \quad (4-5)$$

در این معادلات اندیس های f و s نشانگر جریان های آزاد و مستغرق، و اندیس های u و d بیانگر بالادست و پایین دست هستند. عرض (گلوبی) پارشال فلوم با W نمایش داده شده، n ضرایب و نماهای معادلات، و S نسبت استغراق می باشند. در عمل پس از انتخاب اندازه مناسبی برای پارشال فلوم، از جدول ۳-۴ مقادیر ضرایب و از جدول ۴-۴ نماهای معادلات تعیین می گردند. اجزاء نام برده شده در جدول ۳-۴ مربوط به ابعاد استاندارد پارشال فلوم هستند و تمامی آنها در شکل ۳-۴ نمایش داده شده اند. ضریب C_2 برابر 0.044 و ثابت فرض می گردد. در این معادلات، اگر ابعاد طولی (h و W) برحسب متر قرار داده شوند، دبی برحسب متر مکعب بر ثانیه به دست خواهد آمد. توجه شود که سطح مبنا برای اندازه گیری عمق آب (h_u و h_d)، تراز کف کانال فلوم در قسمت بالادستی است.

در جدول ۳-۴، حد پایینی دبی مربوط به جریان آزاد است. برای جریان مستغرق سنجش دبی تا حدی که تفاوت دو عمق (h_u و h_d) قابل تشخیص باشد (تا حدود 1 mm) مقدور است. در جدول ۴-۴، در ستون آخر S_f نسبت استغراق انتقالی (آستانه استغراق) است؛ که بین 0.56 تا 0.80 نوسان دارد. برای کارگذاری

جدول ۳-۴ ابعاد استاندارد پارشال فلوم

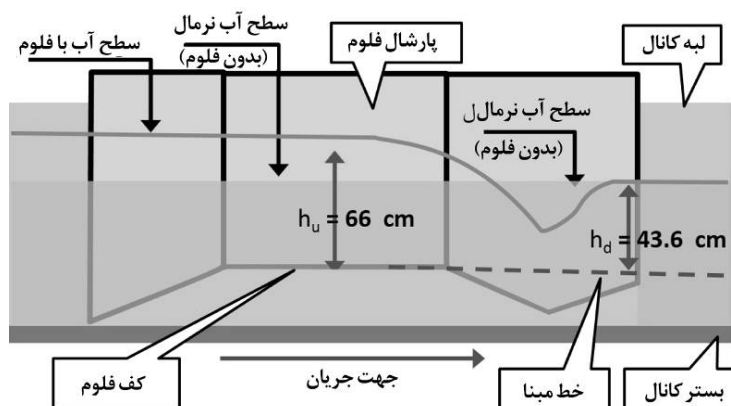
| Q (m ³ /s) | | ابعاد (متر) | | | | | | | | | | | W(m) |
|-----------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| max | min | Y | X | K | H | G | F | E | D | C | B | A | |
| ۰٫۰۰۶ | ۰٫۰۰۰ | ۰٫۰۱۳ | ۰٫۰۰۸ | ۰٫۰۱۹ | ۰٫۰۲۹ | ۰٫۱۵۲ | ۰٫۲۰۳ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۳۵۹ | ۰٫۳۶۳ | ۰٫۰۹۳ | ۰٫۱۶۷ | ۰٫۰۲۵ |
| ۰٫۰۱۱ | ۰٫۰۰۱ | ۰٫۰۲۵ | ۰٫۰۱۶ | ۰٫۰۲۲ | ۰٫۰۴۳ | ۰٫۲۰۳ | ۰٫۲۵۴ | ۰٫۱۱۴ | ۰٫۴۰۶ | ۰٫۴۱۴ | ۰٫۱۳۵ | ۰٫۲۱۴ | ۰٫۰۵۱ |
| ۰٫۰۱۷ | ۰٫۰۰۱ | ۰٫۰۳۸ | ۰٫۰۲۵ | ۰٫۰۲۵ | ۰٫۰۵۷ | ۰٫۳۸۱ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۱۵۲ | ۰٫۴۵۷ | ۰٫۴۶۷ | ۰٫۱۷۸ | ۰٫۲۵۹ | ۰٫۰۷۶ |
| ۰٫۰۸۲ | ۰٫۰۰۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۱۱۴ | ۰٫۴۵۷ | ۰٫۶۱۰ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۶۱۰ | ۰٫۶۲۱ | ۰٫۳۹۴ | ۰٫۳۹۴ | ۰٫۱۵۲ |
| ۰٫۱۴۴ | ۰٫۰۰۳ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۱۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۰٫۴۵۷ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۸۶۴ | ۰٫۸۷۹ | ۰٫۳۸۱ | ۰٫۵۷۵ | ۰٫۲۲۹ |
| ۰٫۴۵۳ | ۰٫۰۱۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۳۴۳ | ۱٫۳۷۲ | ۰٫۶۱۰ | ۰٫۸۴۵ | ۰٫۳۰۵ |
| ۰٫۶۸۰ | ۰٫۰۱۴ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۴۱۹ | ۱٫۴۴۸ | ۰٫۷۶۲ | ۱٫۰۲۸ | ۰٫۴۵۷ |
| ۰٫۹۳۴ | ۰٫۰۲۰ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۴۹۵ | ۱٫۵۲۴ | ۰٫۹۱۴ | ۱٫۲۰۷ | ۰٫۶۱۰ |
| ۱٫۱۶۰ | ۰٫۰۲۳ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۶۰۰ | ۱٫۶۳۰ | ۱٫۰۶۷ | ۱٫۳۹۱ | ۰٫۷۶۲ |
| ۱٫۴۲۰ | ۰٫۰۲۸ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۶۴۵ | ۱٫۶۷۶ | ۱٫۲۱۹ | ۱٫۵۷۲ | ۰٫۹۱۴ |
| ۱٫۹۳۰ | ۰٫۰۳۷ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۷۹۴ | ۱٫۸۲۹ | ۱٫۵۲۴ | ۱٫۹۳۷ | ۱٫۲۱۹ |
| ۲٫۴۴۰ | ۰٫۰۶۲ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۱٫۹۴۳ | ۱٫۹۸۱ | ۱٫۸۲۹ | ۲٫۳۰۲ | ۱٫۵۲۴ |
| ۲٫۹۴۰ | ۰٫۰۷۴ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۲٫۰۹۲ | ۲٫۱۳۴ | ۲٫۱۳۴ | ۲٫۶۶۷ | ۱٫۸۲۹ |
| ۳٫۴۳۰ | ۰٫۱۱۶ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۲٫۴۲۴ | ۲٫۴۸۶ | ۲٫۴۳۸ | ۳٫۰۲۲ | ۲٫۱۳۴ |
| ۳٫۹۶۰ | ۰٫۱۳۰ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۰۵۱ | ۰٫۰۷۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۹۱۴ | ۰٫۶۱۰ | ۲٫۳۹۱ | ۲٫۴۳۸ | ۲٫۷۴۳ | ۳٫۳۹۷ | ۲٫۴۳۸ |
| ۵٫۶۶۰ | ۰٫۱۷۰ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۱۵۲ | ۰٫۳۴۳ | ۱٫۲۱۹ | ۱٫۸۲۹ | ۰٫۹۱۴ | ۴٫۲۶۷ | ۴٫۳۰۰ | ۳٫۶۵۸ | ۴٫۷۵۶ | ۳٫۰۴۸ |
| ۹٫۹۱۰ | ۰٫۲۲۷ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۱۵۲ | ۰٫۳۴۳ | ۱٫۵۲۴ | ۲٫۴۳۸ | ۰٫۹۱۴ | ۴٫۸۷۷ | ۴٫۹۷۲ | ۴٫۴۷۰ | ۵۶٫۰۷ | ۳٫۶۵۸ |
| ۱۷٫۰۰۰ | ۰٫۲۲۷ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۴۵۷ | ۱٫۸۲۹ | ۳٫۰۴۸ | ۱٫۲۱۹ | ۷٫۶۲۰ | ۷٫۷۷۲ | ۵٫۵۸۸ | ۷٫۶۲۰ | ۴٫۵۷۲ |
| ۲۸٫۳۰۰ | ۰٫۳۸۳ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۶۸۶ | ۲٫۱۳۴ | ۳٫۶۵۸ | ۱٫۸۲۹ | ۷٫۶۲۰ | ۷٫۷۷۲ | ۷٫۳۱۵ | ۹٫۱۴۴ | ۶٫۰۹۶ |
| ۳۴٫۰۰۰ | ۰٫۴۲۵ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۶۸۶ | ۲٫۱۳۴ | ۳٫۹۶۲ | ۱٫۸۲۹ | ۷٫۶۲۰ | ۷٫۷۷۲ | ۸٫۹۴۱ | ۱۰٫۶۶۸ | ۷٫۶۲۰ |
| ۴۲٫۵۰۰ | ۰٫۴۲۵ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۶۸۶ | ۲٫۱۳۴ | ۴٫۲۶۷ | ۱٫۸۲۹ | ۷٫۹۲۵ | ۸٫۰۸۴ | ۱۰٫۵۶۶ | ۱۲٫۳۱۳ | ۹٫۱۴۴ |
| ۵۶٫۶۰۰ | ۰٫۵۶۶ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۶۸۶ | ۲٫۱۳۴ | ۴٫۸۷۷ | ۱٫۸۲۹ | ۸٫۲۳۰ | ۸٫۳۹۵ | ۱۳٫۸۱۸ | ۱۵٫۴۸۱ | ۱۲٫۱۹۲ |
| ۸۵٫۰۰۰ | ۰٫۷۰۸ | ۰٫۲۲۹ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۳۰۵ | ۰٫۶۸۶ | ۲٫۱۳۴ | ۶٫۰۹۶ | ۱٫۸۲۹ | ۸٫۲۳۰ | ۸٫۳۹۵ | ۱۷٫۲۷۲ | ۱۸٫۵۲۹ | ۱۵٫۲۴۰ |

پارشال فلومی که بتواند در دامنه معلومی از دبی تحت شرایط جریان آزاد سنجش دبی را ممکن سازد، بایستی گام‌های زیر به ترتیب برداشته شوند:

- دامنه (کمینه و بیشینه) دبی مورد سنجش را مشخص نمایید؛
- با مراجعه به محل استقرار فلوم رقوم کف نهر در بالادست و بیشینه عمق جریان در این محل را مشخص نمایید؛
- همچنین مشخصات هندسی نهر را ثبت نمایید؛
- براساس عرض جریان و سایر مشخصات هندسی نهر، یک اندازه‌ی پارشال فلوم را از جدول ۳-۴ انتخاب نمایید؛
- با استفاده از معادله مربوط به جریان آزاد و قراردادن دبی بیشینه در آن (معادله ۶-۴)، مقدار بیشینه h_u را محاسبه کنید؛
- کف کانال فلوم (قسمت بالادستی) را در رقومی قرار دهید که نسبت استغراق کمتر از S_t باشد.

$$h_u = \left(\frac{Q_f}{C_f * W} \right)^{1/n_f} \quad (۴-۶)$$

مثال: با مراجعه به محل استقرار فلوم، دبی بیشینه $Q_f = ۰٫۷۵ \text{ m}^3/\text{s}$ برآورد و اندازه $W = ۰٫۶۱ \text{ m}$ انتخاب شده است. سایر مشخصات این فلوم (جدول ۳-۴) برابر با $S_t = ۰٫۰۶۶$ ، $n_f = ۱٫۵۵$ ، $C_f = ۲٫۳۴$ هستند. مشخص کنید کف فلوم در چه رقومی، نسبت به سطح آب، قرار گیرد تا استغراق وقوع نیابد؟



شکل ۴-۴ استقرار فلوم.

جدول ۴-۴ پارامترهای معادلات پارشال فلوم (جریان آزاد و مستغرق)

| S_f | n_s | n_f | C_s | C_f | عرض گلو (متر) |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| ۰.۵۶ | ۱.۰۰۰ | ۱.۵۵ | ۲.۱۰ | ۲.۳۸ | ۰.۲۵ |
| ۰.۶۱ | ۱.۰۰۰ | ۱.۵۵ | ۲.۱۵ | ۲.۳۸ | ۰.۵۱ |
| ۰.۶۴ | ۱.۰۰۰ | ۱.۵۵ | ۲.۱۴ | ۲.۳۲ | ۰.۷۶ |
| ۰.۵۵ | ۱.۰۸۰ | ۱.۵۸ | ۲.۰۲ | ۲.۵۰ | ۰.۱۵۲ |
| ۰.۶۳ | ۱.۰۶۰ | ۱.۵۳ | ۱.۹۱ | ۲.۳۴ | ۰.۲۲۹ |
| ۰.۶۲ | ۱.۰۸۰ | ۱.۵۲ | ۱.۷۶ | ۲.۲۶ | ۰.۳۰۵ |
| ۰.۶۴ | ۱.۱۱۵ | ۱.۵۴ | ۱.۷۱ | ۲.۳۲ | ۰.۴۵۷ |
| ۰.۶۶ | ۱.۱۴۰ | ۱.۵۵ | ۱.۷۴ | ۲.۳۴ | ۰.۶۱۰ |
| ۰.۶۷ | ۱.۱۵۰ | ۱.۵۶ | ۱.۷۰ | ۲.۳۶ | ۰.۷۶۲ |
| ۰.۶۸ | ۱.۱۶۰ | ۱.۵۶ | ۱.۷۰ | ۲.۳۷ | ۰.۹۱۴ |
| ۰.۷۰ | ۱.۱۸۵ | ۱.۵۷ | ۱.۶۶ | ۲.۴۰ | ۱.۲۱۹ |
| ۰.۷۲ | ۱.۲۰۵ | ۱.۵۸ | ۱.۶۵ | ۲.۴۳ | ۱.۵۲۴ |
| ۰.۷۴ | ۱.۲۳۰ | ۱.۵۹ | ۱.۶۲ | ۲.۴۶ | ۱.۸۲۹ |
| ۰.۷۶ | ۱.۲۵۰ | ۱.۶۰ | ۱.۶۱ | ۲.۴۹ | ۲.۱۳۴ |
| ۰.۷۸ | ۱.۲۶۰ | ۱.۶۰ | ۱.۵۹ | ۲.۴۹ | ۲.۴۳۸ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۵۲ | ۲.۴۷ | ۳.۰۴۸ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۵۰ | ۲.۴۳ | ۳.۶۵۸ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۴۸ | ۲.۴۰ | ۴.۵۷۲ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۴۶ | ۲.۳۷ | ۶.۰۹۶ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۴۵ | ۲.۳۵ | ۷.۶۲۰ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۴۴ | ۲.۳۳ | ۹.۱۴۴ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۴۳ | ۲.۳۲ | ۱۲.۱۹۲ |
| ۰.۸۰ | ۱.۲۷۵ | ۱.۵۹ | ۱.۴۲ | ۲.۳۱ | ۱۵.۲۴۰ |

حل: از معادله ۴-۶ برای تضمین جریان آزاد، h_u برابر ۰.۶۶ متر به دست می آید. با مراجعه به جدول ۴-۴ و قرائت نسبت استغراق مربوط به فلوم با عرض ۰.۶۱ متر مقدار نسبت استغراق برابر ۰.۶۶ به دست می آید. اکنون خواهیم داشت:

$$h_u = 0.66 \text{ m}, h_d / h_u = 0.66 \rightarrow h_d = 0.66 \times 0.66 = 0.436 \text{ m}$$

به عبارت دیگر h_d معادل ۰/۴۳۶ متر به دست می‌آید. سطح آب در پایین دست فلوم تابع عمق نرمال جریان (قبل از کارگذاری فلوم) است. اکنون با توجه به شکل ۴-۴ و برای تأمین عمق h_d ، کف فلوم در قسمت بالادستی باید حداکثر ۰/۴۳۶ متر پایین تر از سطح نرمال جریان در پایین دست فلوم قرار گیرد. در صورتی که عمق نرمال جریان در این کانال از ۰/۴۳۶ متر کمتر باشد، کف فلوم بر کف کانال منطبق خواهد شد. در واقع هر عمق کمتری نیز مناسب است. بایستی توجه شود که اگر کارگذاری فلوم باعث افزایش عمق آب بالادست شود (همان‌طور که در شکل نمایش داده شده است)؛ آن‌گاه دقت لازم برای اطمینان از عدم سرریز شدن آب در کانال بالادستی فلوم بایستی به عمل آید. در این مثال حداکثر کاهش برابر با تفاضل سطوح آب در طرفین فلوم ($h_d - h_u = 0.66 - 0.436 = 0.224 \text{ m}$) است. بنابراین در بالادست فلوم وقوع همین مقدار افزایش سطح آب (در هنگام جریان دبی حداکثر) محتمل بوده و اقدامات حفاظتی لازم بایستی مورد نظر قرار گیرد.

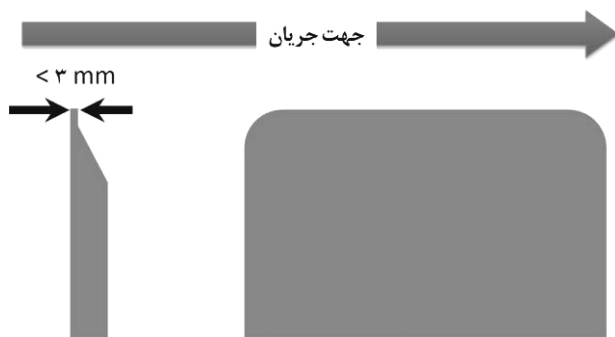
انواع متنوعی از فلوم‌های سنجش ابداع شده‌اند (مانند Cut-Throat و WSC) که در این کتاب فرصت معرفی آن‌ها وجود ندارد. ضمناً کاربرد نرم‌افزار WinFlume که از آدرس زیر قابل دریافت است، برای طراحی فلوم‌های گلو - بلند (مانند پارشال فلوم) و سرریزهای لبه پهن توصیه می‌گردد.
http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/winflume/32bitwinflumedownload.html

سرریز

سرریزها؛ مانند یک مانع، در عرض کانال (معمولاً عمود بر جریان) کار گذاشته می‌شوند. این وسیله سبب می‌گردد تا آب در نهر ارتفاع گرفته و از درون بریدگی (Notch) سرریز و روی لبه (تاج یا Crest) آن عبور نماید (شکل ۵-۴). واضح است که بین میزان جریان و ارتفاع آب روی تاج سرریز ارتباطی مستقیم وجود دارد؛ و لذا سنجش حجمی میزان جریان ممکن می‌گردد. ساخت و استقرار سرریزها آسان است و دبی سنجی، در دامنه بزرگی از جریان حجمی، و با دقت نسبتاً بالا (حتی بیشتر از دقت فلوم‌ها و مولینه‌ها) به وسیله آنها ممکن است. مواد شناور در آب، از سرریزها عبور می‌نمایند؛ اما رسوبات در پشت آن‌ها تجمع کرده و موجب کاهش دقت اندازه‌گیری می‌گردند.

در واقع بایستی در بالادست سرریزها حوضچه‌ای (برای تجمع و آرامش جریان) با ابعاد مناسب ایجاد و همواره بدون رسوب و علف نگهداری گردد، تا دقت دبی سنجی کاهش نیابد. سرریزها را می‌توان از چند نظر دسته‌بندی نمود:

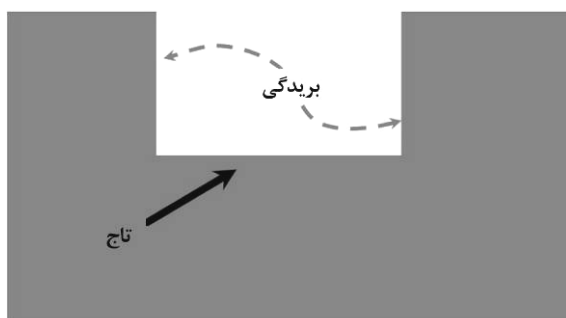
- از نظر تاج؛ می‌تواند لبه تیز (کمتر از ۳ میلی‌متر) و یا لبه پهن باشد؛
- از نظر منقبض شدن جریان؛ سرریزی که عرض جریان را محدود نکند (طول سرریز = عرض سطح جریان)، «بدون انقباض» نامیده می‌شود. در حالی که، معمولاً سرریزهای دارای بریدگی در امتداد جریان تنگنا پدید می‌آورند (طول سرریز > عرض سطح جریان)، و لذا «با انقباض» نامیده می‌شوند؛



سرریز لبه تیز

سرریز لبه پهن

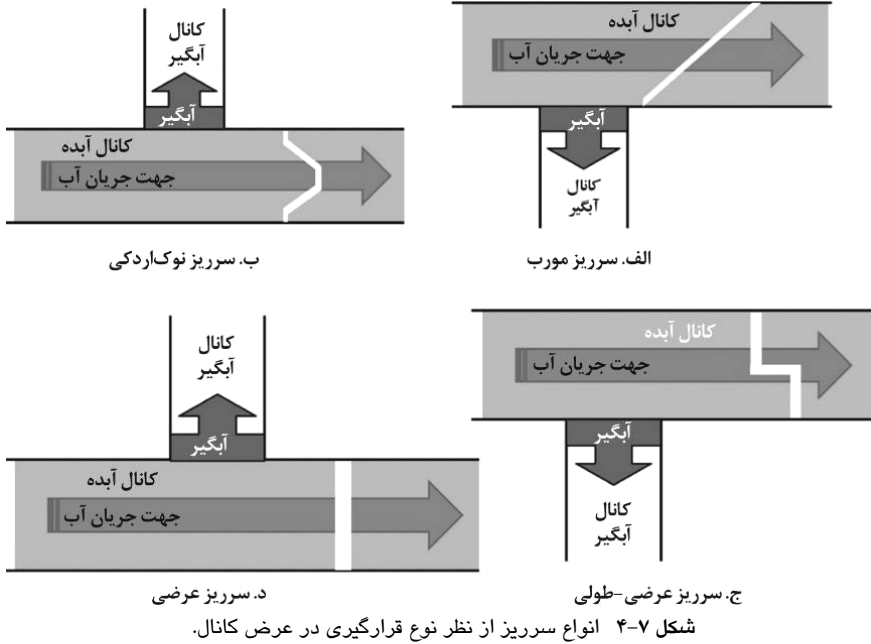
شکل ۴-۵ انواع تاج سرریز (برش قائم، نمای پهلو).



سرریز لبه مستطیلی

شکل ۴-۶ شمای یک سرریز مستطیلی (از روبرو).

- از نظر شکل بریدگی؛ اشکال مستطیل، مثلث، دوزنقه، و ... مرسوم هستند؛
- از نظر نوع جریان؛ با توجه به ریزش آزاد آب از روی سرریز (در صورت وجود اختلاف ارتفاع کافی با سطح آب پایاب)، و یا بالا بودن آب پایاب، به دو جریان «آزاد» و «مستغرق» تقسیم می‌گردد؛
- از نظر نوع قرارگیری در عرض کانال؛ عرضی، عرضی - طولی، مورب، و نوک اردکی (شکل ۴-۷).
- برای استقرار خوب یک سرریز توجه به نکات زیر لازم است:
- صفحه سرریز بایستی کاملاً قائم باشد و عمود بر امتداد جریان نصب گردد؛
- تاج سرریز بایستی تراز گشته و نقطه میانی آن در امتداد محور جریان باشد؛
- لبه تاج از سمت سرآب کاملاً تیز باشد؛
- اطراف صفحه سرریز به طور کامل آب‌بند گردیده باشد؛
- ابعاد حوضچه سرآب بایستی با توجه به تصاویر شکل ۴-۸ و توضیحات زیر تنظیم شود؛
- ارتفاع لبه تاج از کف کانال ۳ برابر حداکثر عمق آب روی تاج باشد؛
- عرض جریان سرآب (= عرض حوضچه) از معادله مقابل تبعیت کند: $0.5(b - L) < 2h_u$



- برای کسب نتایج بهتر، حداکثر عمق آب روی تاج نبایستی از ثلث طول تاج بیشتر ($h_u < L/3$) باشد و حداقل عمق آب روی تاج ۵۰ میلی‌متر باشد.

اکنون با جایگذاری h_u اندازه‌گیری شده در معادله ۷-۴ (معادله عمومی سرریز) دبی به دست می‌آید:

$$Q = CA\sqrt{h} \quad (۷-۴)$$

که در آن C ضریب تصحیح، A مساحت عبور جریان از روی سرریز، و h ارتفاع آب روی سرریز است. جدول ۵-۴ معادلات سرریز را برای حالات مختلف ارائه داده است. در این جدول دبی بر حسب m^3/s و سایر پارامترها بر حسب m هستند.

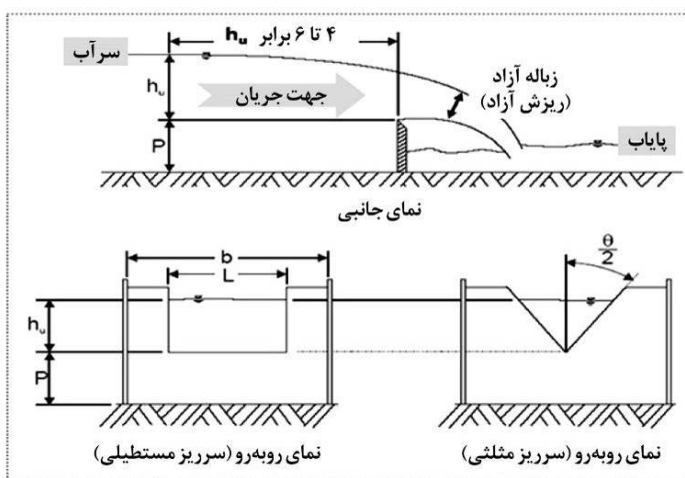
سرریز چپولتی، با شکل خاص دوزنقه‌ای، نتایج دقیق‌تری به دست می‌دهد. سرریز مثلثی برای حالتی که تغییرات دبی از خیلی کم تا زیاد باشد، مناسب است. برای افزایش دقت دبی‌سنجی با سرریز مستطیلی (با انقباض) به جای معادله ارائه شده در جدول ۵-۴، می‌توان از رابطه ۸-۴ استفاده نمود (دبی m^3/s و سایر متغیرها بر حسب m):

$$Q = C_e \times L_e \times h_e^{3/2} \quad (۸-۴)$$

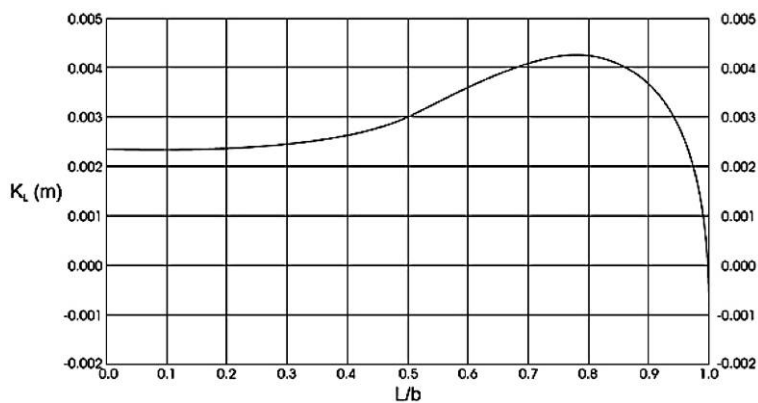
$$C_e = a \times (h_u / P) + b \quad (۸-۴-۱)$$

$$L_e = L + K_L \quad (۸-۴-۲)$$

$$h_e = h_u + K_h \quad (۸-۴-۳)$$

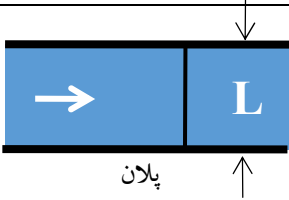
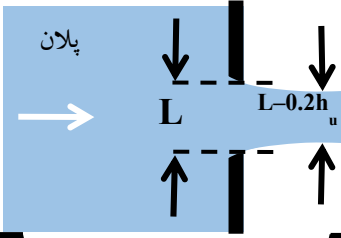
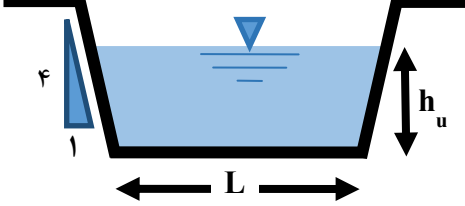



شکل ۸-۴ اجزاء و ابعاد سرریزها.



شکل ۹-۴ محاسبه ضریب K_d .

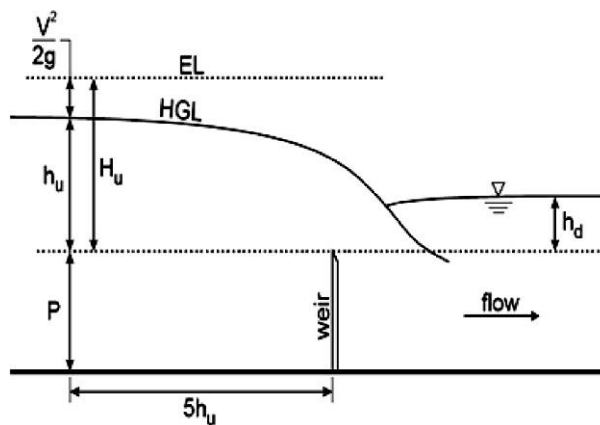
جدول ۴-۵ انواع سرریزها و معادلات آن‌ها.

| معادله | شکل | نوع | ردیف |
|---|--|---|------|
| $Q = 1/84 \times L \times h_u^{3/2}$ |  | مستطیلی (بدون انقباض) | ۱ |
| $Q = 1/84 \times (L - 0.2h_u) \times h_u^{3/2}$ |  | مستطیلی (با انقباض) | ۲ |
| $Q = 1/86 \times L \times h_u^{3/2}$ |  | ذوزنقه‌ای (چیپولتی) (۱ افقی: ۴ عمودی) | ۳ |
| $Q = 1/62 \times h_u^{5/2}$ |  | مثلثی (قائم‌الزاویه) | ۴ |

جدول ۴-۶ ضرایب a و b در معادله ۴-۸.

| ردیف | a | b | L/b | ردیف | a | b | L/b |
|------|-------|-------|-----|------|-------|-------|-----|
| ۱ | ۰.۰۰۵ | ۱.۷۴۰ | ۰.۲ | ۵ | ۰.۰۸۸ | ۱.۷۵۷ | ۰.۷ |
| ۲ | ۰.۰۱۸ | ۱.۷۴۷ | ۰.۴ | ۶ | ۰.۱۳۱ | ۱.۷۶۱ | ۰.۸ |
| ۳ | ۰.۰۳۴ | ۱.۷۵۲ | ۰.۵ | ۷ | ۰.۱۹۰ | ۱.۷۶۹ | ۰.۹ |
| ۴ | ۰.۰۵۵ | ۱.۷۵۵ | ۰.۶ | ۸ | ۰.۲۲۱ | ۱.۷۷۸ | ۱ |

برای تعیین عوامل معادله ۴-۸ بایستی از سه معادله مکمل آن، جدول ۴-۶ و شکل ۴-۹ استفاده نمود. توجه به شکل ۴-۱۰ نشان می‌دهد که انرژی کل جریان در حوضچه از جمع H_{II} و یک بارسرعت جزئی به‌دست می‌آید. پارامتر K_{HII} تخمینی از این بار سرعت است. دبی در حالت مستغرق (Q_S) از معادله ۴-۹ براساس دبی آزاد (Q_F)، به‌دست می‌آید. توجه شود که



شکل ۴-۱۰ جریان مستغرق.

عمق جریان روی سرریز در سرآب (h_u) و پایاب (h_d)، هر دو از یک مبنای، یعنی لبه تاج سرریز، اندازه گیری شده‌اند. ضمناً بدیهی است که: برای h_d کوچکتر از صفر جریان «آزاد» برقرار است؛ برای $h_d > h_u$ جهت جریان تغییر می‌نماید؛ و در حالتی که $h_d = h_u$ باشد، جریانی وقوع نمی‌یابد (شکل ۴-۱۰).

$$Q_S = Q_F \times \left(1 - \left(\frac{h_d}{h_u}\right)^n\right) \cdot 0.385 \quad (4-9)$$

نمای n همان توان h_u در معادلات جریان آزاد (در سرریز مثلثی $\frac{5}{4}$ و سایر سرریزها $\frac{5}{3}$)، و دقت این معادله حدود ۱۰٪ است.

روزنه

روزنه‌ها از رایج‌ترین و ساده‌ترین وسایل دبی‌سنجی هستند. روزنه، سوراخی لبه تیز (بر صفحه‌ای صاف) است که از سمت سرآب در زیر سطح آب قرار گرفته؛ و ممکن است (در پایاب) به صورت آزاد و یا مستغرق دبی را تخلیه نماید. آب در بالادست این صفحه جمع گشته و از طریق روزنه به پایین دست منتقل می‌گردد. معادله عمومی برای محاسبه دبی روزنه به شرح زیر است:

$$Q = CA\sqrt{h} \quad (4-10)$$

این معادله کاملاً مشابه معادله سرریز (معادله ۴-۷) است. تفاوت اصلی میان این دو معادله در پارامتر مساحت (A) است. در واقع، سطح عبور جریان در سرریز تابع ارتفاع آب بر روی سرریز است. اما در روزنه‌ها، سطح عبور جریان ثابت بوده و ربطی به ارتفاع آب ندارد. اختلاف ارتفاع بین ترازهای سطح آب در پایاب و سرآب (Δh) در شکل ۴-۱۱ نمایش داده شده است. ضریب C برای روزنه دایره‌ای شکل، با فرض ناچیز بودن سرعت جریان بالادست و برای هر دو حالت مستغرق و آزاد، نیز در همین شکل ارائه شده است. برای سرریزهایی با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر، همان ضریب ۰/۶ استفاده می‌شود.



شکل ۱۱-۴ ضرایب روزنه‌ها برای جریان آزاد و مستغرق.

توجه به نکات زیر برای استقرار خوب یک روزنه لازم است:

- صفحه روزنه بایستی کاملاً قائم باشد و عمود بر امتداد جریان نصب گردد؛
- در صورتی که روزنه مستطیلی باشد، بایستی تراز گشته و به هر حال مرکز روزنه بایستی در امتداد محور جریان باشد؛
- لبه‌های روزنه، از سمت سرآب، کاملاً تیز باشد؛
- اطراف صفحه روزنه به‌طور کامل آب‌بند گردیده باشد؛
- برای آنکه سرعت جریان در بالادست قابل اغماض باشد، لازم است تا مساحت عبور جریان در مقطع بالادست (محل اندازه‌گیری عمق) حداقل ده برابر مساحت روزنه باشد؛
- اختلاف تراز سطح آب در پایاب و سرآب (Δh) بایستی حداقل برابر ۳ سانتی‌متر باشد. این مقدار برای آب بوده و برای سیالات دیگر متفاوت است.

در شکل ۱۲-۴ کاربرد یک روزنه مستطیلی USBR (اداره احیای اراضی ایالات متحده) در اندازه‌گیری جریان نمایش داده شده است. معمولاً این سازه آبی را از بتن و براساس یکی از ابعاد ارائه‌شده در جدول ۷-۴ می‌سازند. معادله دبی این روزنه به شرح زیر است:

$$Q = C_d C_v A [2g(h_1 - h_2)]^{3/2} \quad (4-11)$$

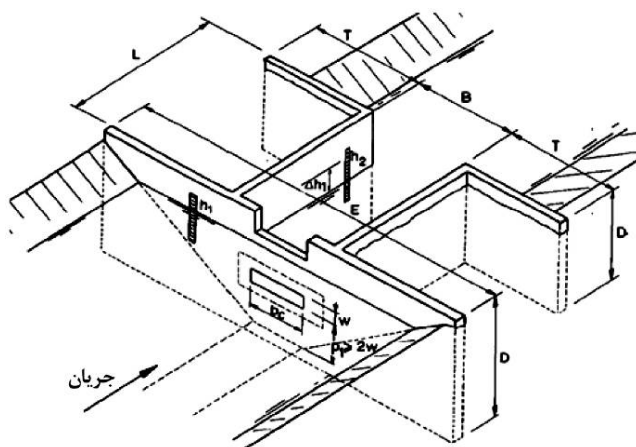
که در آن h_1 و h_2 ارتفاع آب در سرآب و پایاب (شکل ۱۲-۴)، A سطح مقطع روزنه ($b_c \times w$)، و C_d و C_v ضرایب دبی و سرعت هستند. این ضرایب به ترتیب زیر به دست می‌آیند:

$$C_d = 0.61(1 + 0.15I) \quad (4-11-1)$$

$$C_v = -0.654x^3 + 0.458x^2 - 0.21x + 1 \quad (4-11-2)$$

$$x = \sqrt{\alpha} \times C_d \times (A / \bar{A}) \quad (4-11-3)$$

عامل I نسبت بین طولی از محیط روزنه که جریانی بدون انقباض دارد، و کل طول محیط روزنه است. بنابراین، چنانچه محل قرارگیری روزنه فاصله کافی از دیواره‌ها و کف کانال داشته باشد، ضریب I معادل صفر و به تبع ضریب دبی (C_d) برابر ۰/۶۱ (مقدار پیش فرض برای سرریزهای مستطیلی) خواهد گردید.



شکل ۱۲-۴ روزنه USBR.

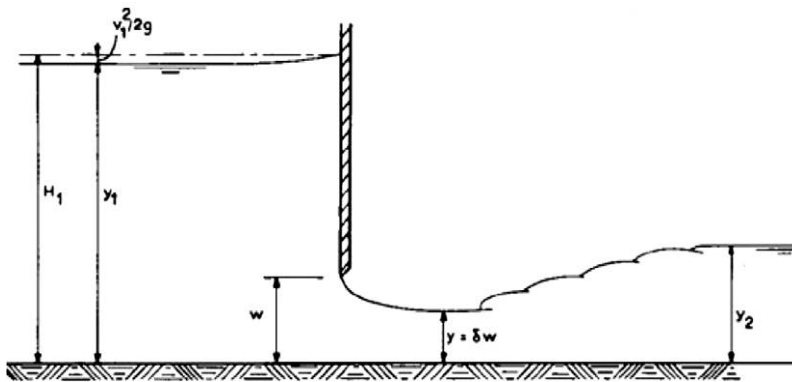
جدول ۷-۴ ابعاد توصیه شده برای روزنه USBR.

| ابعاد سازه | | | ابعاد روزنه | | | |
|------------|------|------|-------------|------|------|------|
| T | B | L | E | D | bc | W |
| ۰.۶۰ | ۰.۷۵ | ۰.۹۰ | ۳.۰۰ | ۱.۲۰ | ۰.۳۰ | ۰.۰۸ |
| ۰.۶۰ | ۱.۰۵ | ۰.۹۰ | ۳.۶۰ | ۱.۲۰ | ۰.۶۰ | ۰.۰۸ |
| ۰.۹۰ | ۰.۷۵ | ۱.۰۵ | ۳.۶۰ | ۱.۵۰ | ۰.۳۰ | ۰.۱۵ |
| ۰.۹۰ | ۰.۹۰ | ۱.۰۵ | ۴.۲۵ | ۱.۵۰ | ۰.۴۵ | ۰.۱۵ |
| ۰.۹۰ | ۱.۰۵ | ۱.۰۵ | ۴.۲۵ | ۱.۵۰ | ۰.۶۰ | ۰.۱۵ |
| ۰.۹۰ | ۰.۹۰ | ۱.۰۵ | ۴.۲۵ | ۱.۸۰ | ۰.۴۰ | ۰.۲۳ |
| ۰.۹۰ | ۱.۰۵ | ۱.۰۵ | ۴.۹۰ | ۱.۸۰ | ۰.۶۰ | ۰.۲۳ |

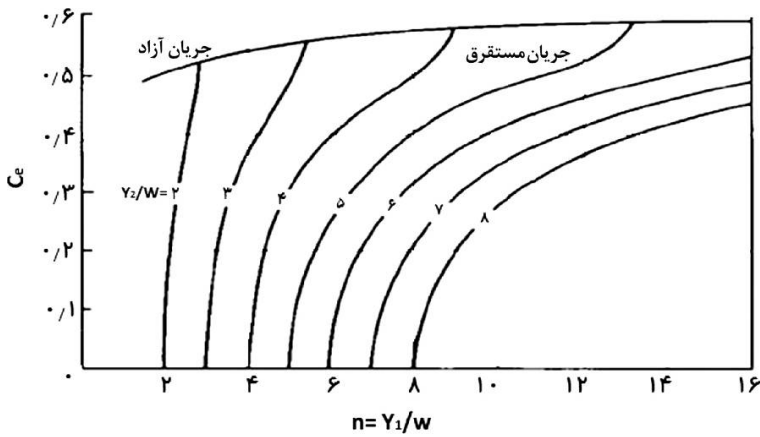
برای به دست آوردن ضریب C_v از معادله ۲-۱۱-۴ و ۳-۱۱-۴ استفاده می‌شود. در این معادله α همان ضریب تصحیح بار سرعت در معادله انرژی است، که برای جریان در کانال آبیاری می‌توان آن را معادل ۱ فرض نمود. مساحت A مربوط به روزنه، و مساحت \bar{A} مربوط به مقطع اندازه‌گیری تراز آب (دقیقاً بالادست روزنه) هستند.

دریچه

دریچه‌ها و آبگیرهای آبیاری برای تنظیم جریان در کانال‌های آبیاری به کار می‌روند. منظور از تنظیم جریان، کنترل تراز سطح آب، در بالادست سازه، و نیز کنترل میزان جریان عبوری از سازه است (هرکدام و یا هر دو). در شبکه‌های ثقلی توزیع آب آبیاری، آبگیری مزارع تا حد زیادی متأثر از تراز سطح آب (در کانال بالادستی، که به مزرعه آب می‌رساند) می‌باشند. بنابراین تنظیم و کنترل تراز سطح آب، در عملکرد مطلوب این شبکه‌ها، بسیار مهم است. در این بخش به‌طور اجمالی دریچه‌ها و آبگیرهای آبیاری رایج معرفی می‌گردند.



شکل ۱۳-۴ جریان (تحت رژیم آزاد) در یک دریچه کشویی.



شکل ۱۴-۴ ضریب جریان.

دریچه‌های کشویی

یک نوع بسیار رایج از دریچه‌های آبیاری، دریچه‌های کشویی^۱ هستند. به کمک این سازه هم تراز سطح آب و هم میزان جریان قابل کنترل می‌باشد. جریان از زیر دریچه، مانند جریان از یک روزنه که فقط از طرف بالا منقبض شده، و از سه طرف دیگر بدون انقباض عمل می‌کند (شکل ۱۳-۴)، قابل تحلیل بوده و دبی در این حالت با استفاده از معادلات ارائه شده قابل محاسبه است:

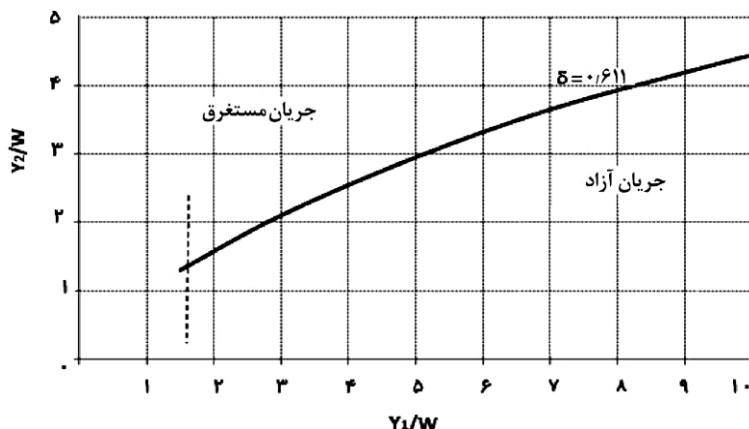
$$Q = C_d C_v b_c w \sqrt{[2g(y_1 - y)]} \quad (4-12)$$

تمامی عوامل در شکل تعریف شده‌اند، و b_c عرض دریچه (برابر عرض کانال، یعنی بدون انقباض جانبی) می‌باشد. اگر تعاریف $n = y_1/w$ و $\delta = y/w$ و $K = C_d C_v \sqrt{(n - \delta)}$ پذیرفته گردند، معادله ۱۲-۴ به ترتیب زیر قابل بازنویسی است:

1. Slide Gate

جدول ۴-۸ مقادیر ضریب فشردگی، جریان، K و نسبت n

| $\sqrt{2.k}$ | ضریب k | ضریب جریان C_d | ضریب فشردگی δ | $n=y_1/w$ |
|--------------|-----------|---------------------|-------------------------|-----------|
| ۲,۷۲۰ | ۰,۶۱۴ | ۰,۶۰۰ | ۰,۶۴۸ | ۱,۵ |
| ۲,۸۳۸ | ۰,۶۴۱ | ۰,۵۹۹ | ۰,۶۴۳ | ۱,۶ |
| ۲,۹۴۶ | ۰,۶۶۵ | ۰,۵۹۸ | ۰,۶۳۷ | ۱,۷ |
| ۳,۰۵۲ | ۰,۶۸۹ | ۰,۵۹۷ | ۰,۶۳۴ | ۱,۸ |
| ۳,۱۵۹ | ۰,۷۱۳ | ۰,۵۹۷ | ۰,۶۳۲ | ۱,۹ |
| ۳,۲۵۵ | ۰,۷۳۵ | ۰,۵۹۶ | ۰,۶۳۰ | ۲ |
| ۳,۴۵۳ | ۰,۷۸۰ | ۰,۵۹۶ | ۰,۶۲۸ | ۲,۲ |
| ۳,۶۴۳ | ۰,۸۲۳ | ۰,۵۹۶ | ۰,۶۲۶ | ۲,۴ |
| ۴,۰۱۰ | ۰,۹۰۵ | ۰,۵۹۸ | ۰,۶۲۵ | ۲,۸ |
| ۴,۱۸۳ | ۰,۹۴۴ | ۰,۵۹۹ | ۰,۶۲۵ | ۳ |
| ۴,۵۹۷ | ۱,۰۳۸ | ۰,۶۰۲ | ۰,۶۲۵ | ۳,۵ |
| ۴,۹۷۷ | ۱,۱۲۴ | ۰,۶۰۴ | ۰,۶۲۴ | ۴ |
| ۵,۳۳۱ | ۱,۲۰۴ | ۰,۶۰۵ | ۰,۶۲۴ | ۴ |
| ۵,۶۶۴ | ۱,۲۷۹ | ۰,۶۰۷ | ۰,۶۲۴ | ۵ |



شکل ۴-۱۵ حد جریان آزاد و مستغرق.

مقدار $K\sqrt{2g}$ در جدول ۴-۸ ارائه شده است. توجه شود که معادلات فوق برای جریان آزاد به دست آمده‌اند. اما معادله ۴-۱۳، برای تعیین دبی در جریان‌های آزاد و مستغرق (هر دو) بسط یافته است.

$$Q = C_e A \sqrt{(2g y_1)} \quad (4-13)$$

ضریب C_e در شکل ۴-۱۴ آمده است. در این شکل مشخص است که ضریب C_e برای جریان مستغرق تابعی از y_1/w و y_2/w ، و برای جریان آزاد صرفاً تابعی از y_1/w می‌باشد. حد تغییر جریان (از آزاد به مستغرق) نیز در شکل ۴-۱۵ آمده است.

دو نکته مهم در مورد دریچه‌های کشویی قابل ذکر است؛ (۱) گرچه نصب این دریچه‌ها در هر نوع مقطعی ممکن است؛ اما اگر قرار بر دبی‌سنجی باشد، صرفاً مقطع مستطیلی توصیه می‌شود؛ (۲) این دریچه‌ها نیازمند ایجاد شیار (ریل) در دیواره و کف کانال، برای آب‌بندی و تحمل بار آب، می‌باشند. ساخت این

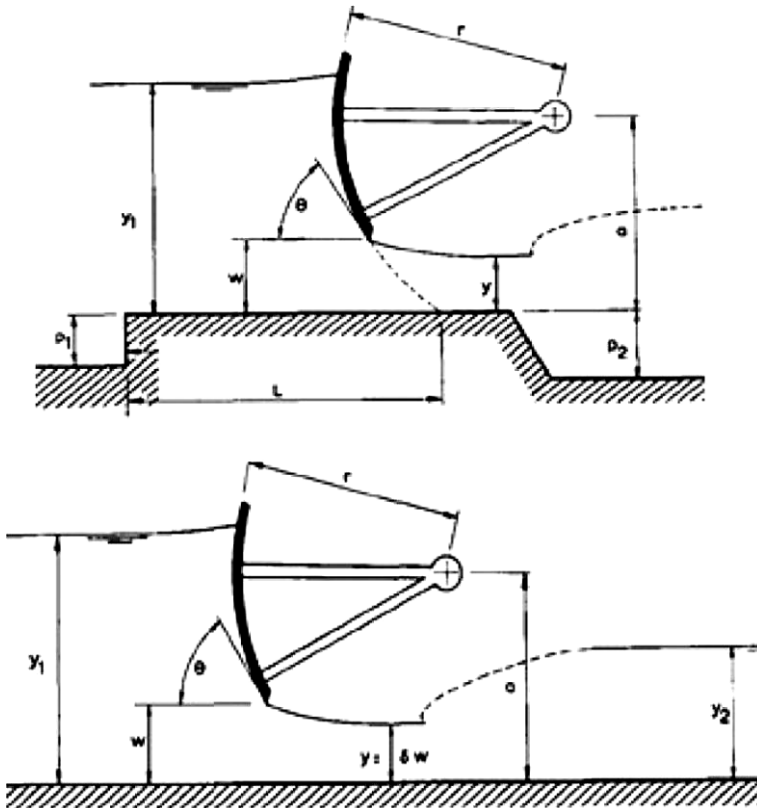
شیارها بایستی دقیق و طبق طراحی باشد تا در دبی‌سنجی اشکالی ایجاد ننماید. در عمل ساخت محلی دریچه مستطیلی به منظور دبی‌سنجی توصیه نمی‌گردد مگر آنکه واسنجی شود.

دریچه قطاعی

همان‌طوری که از شکل ۴-۱۶ مشهود می‌باشد، نام این دریچه^۱ برگرفته از شکل آن است. در این نوع دریچه، بار آب توسط محور دریچه تحمل گشته و نیازی به ایجاد شیار در جداره کانال نیست. وظیفه آب‌بندی نیز برعهده نوارهای لاستیکی^۲ نصب شده در پیرامون دریچه است. مقطع کارگذاری دریچه مستطیلی شکل بوده و در صورت لزوم در کف دارای یک برجستگی جزئی است.

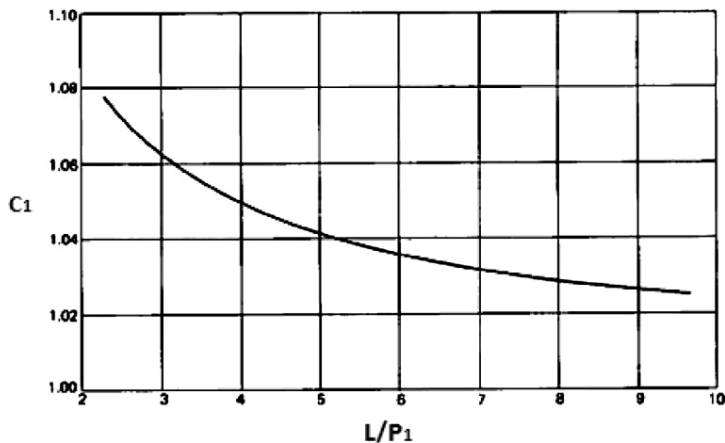
معادله عمومی دبی دریچه قطاعی برای جریان آزاد به شرح زیر است:

$$Q = C \cdot C_1 \cdot w \cdot b_c \cdot \sqrt{(2g y_1)} \quad (4-14)$$



شکل ۴-۱۶ دریچه قطاعی .

1. radial gate
2. rubber seal



شکل ۴-۱۷ ضریب تصحیح برای جریان مستغرق در دریچه قطاعی.

$$C_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + (w/y_1)}} \quad (4-14-1)$$

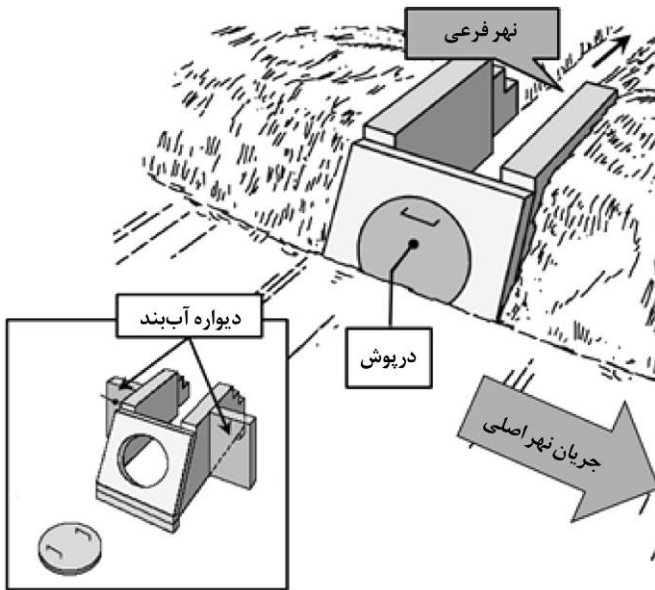
$$\delta = 1 - 0.75 (\theta/90^\circ) + 0.36 (\theta/90^\circ)^2 \quad \theta < 90^\circ \quad (4-14-2)$$

این معادله برای مقاطع بدون برجستگی در کف بوده و تمامی عوامل آن در شکل ۴-۱۶ مشخص شده‌اند. در صورت وجود برجستگی در کف کانال، ضریب C_1 (شکل ۴-۱۷) برای تصحیح معادله فوق استفاده می‌شود. معادلات مربوط به جریان مستغرق در حوصله این کتاب نمی‌باشد.

آبگیر ساده

آبگیرها، سازه‌هایی هستند که برای انحراف آب از یک کانال آبرسان به یک کانال کوچک‌تر و یا یک مزرعه به کار می‌روند. آبگیر ممکن است ساده (بدون دبی‌سنجی)، و یا با امکانات سنجش دبی باشد. در هر حال یک آبگیر خوب بایستی طوری طراحی شده باشد تا بتواند دبی مورد نیاز را، با دقت قابل قبولی، به پایاب (کانال کوچکتر و یا مزرعه) تحویل دهد.

آبگیر ساده برای قطع و وصل جریان صرفاً دارای یک درپوش، دریچه، و یا شیر است. کنترل میزان جریان فقط چشمی است، و لذا برای شرایطی که تراز سطح آب در کانال آبد (تأمین‌کننده آب) نوسان‌های زیادی داشته باشد، توصیه نمی‌گردد. البته، اگر جریان یک کانال بین مزارع به نوبت توزیع (یعنی هر نوبت تمامی جریان تحویل یک مزرعه) می‌شود؛ دبی‌سنجی ضرورتی نخواهد داشت، و لذا کاربرد آبگیر ساده قابل توصیه است. شکل ۴-۱۸ یک نوع آبگیر ساده را نشان می‌دهد. برخی مواقع، برای عبور از زیر خاکریز (یا جاده سرویس)، بعد از دریچه در طول کوتاهی جریان از درون یک مجرای بسته (مانند لوله) عبور می‌نماید. در این صورت، داشتن اختلاف ارتفاع دو طرف لوله از جدول ۴-۹ دبی قابل برآورد می‌باشد.



شکل ۱۸-۴ یک نوع آبگیر ساده.

جدول ۹-۴ محاسبه دبی خروجی با استفاده از اختلاف ارتفاع دو طرف لوله.

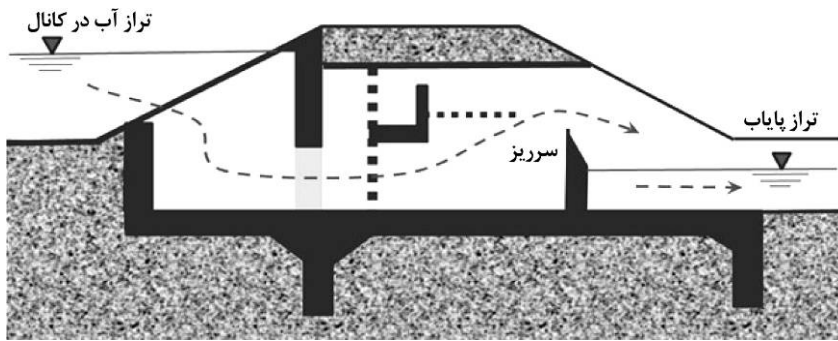
| قطر لوله (mm) | | | | | | بار آبی |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| ۴۵۰ | ۳۸۰ | ۳۰۰ | ۲۲۵ | ۲۰۰ | ۱۵۰ | (mm) |
| ۱۶۲ | ۱۱۴ | ۷۰ | ۳۸ | ۲۹ | ۱۶ | ۱۰۰ |
| ۱۹۹ | ۱۴۰ | ۸۵ | ۴۶ | ۳۶ | ۱۹ | ۱۵۰ |
| ۲۲۹ | ۱۶۲ | ۹۹ | ۵۴ | ۴۲ | ۲۲ | ۲۰۰ |
| ۲۵۶ | ۱۸۱ | ۱۱۰ | ۶۰ | ۴۶ | ۲۵ | ۲۵۰ |
| ۲۸۱ | ۱۹۸ | ۱۲۱ | ۶۶ | ۵۱ | ۲۷ | ۳۰۰ |

آبگیر با سرریز

در این نوع آبگیر، بین دریچه آبگیری و کانال مزرعه، یک سرریز برای دبی سنجی کار گذاشته می‌شود (شکل ۱۹-۴). با توجه به آنچه برای سرریزها گفته شد می‌توان دبی را با دقت نسبتاً خوبی اندازه‌گیری نمود. البته شرط لازم برای استفاده از این آبگیر وجود اختلاف ارتفاع کافی (بین تراز آب در کانال آبده^۱ و تراز آب در کانال آبگیر^۲) و امکان ایجاد ریزش (جریان آزاد) از سرریز است. به دلیل سادگی ساخت آن و در عین حال امکان سنجش دبی، کاربرد این نوع آبگیر نسبتاً مرسوم است.

۱. کانال آبده: کانال سرآب آبگیر که تأمین آب را برعهده دارد.

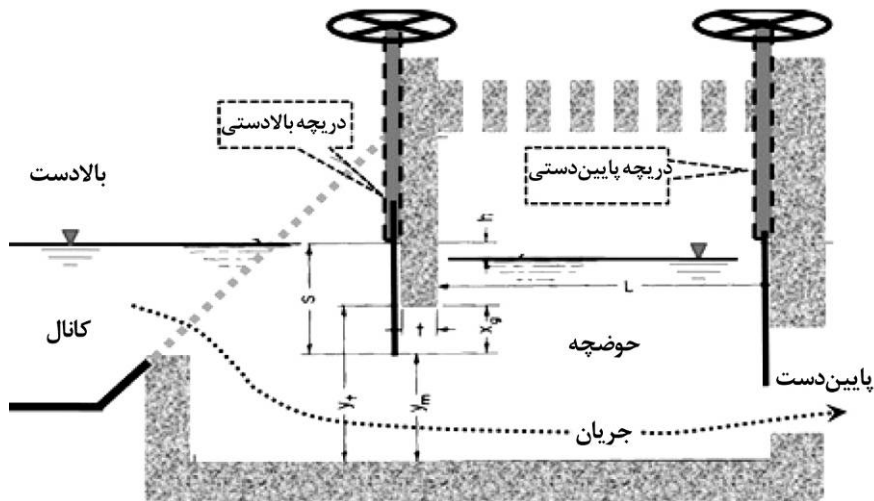
۲. کانال آبگیر: کانال پایاب آبگیر که دریافت‌کننده آب است.



شکل ۱۹-۴ آبیگر با سریز.

آبیگر روزنه‌ای با بار ثابت (CHO)

این آبیگر^۱، که عمدتاً به‌عنوان آبیگر مزرعه به کار می‌رود، دارای دو دریچه کشویی است و میان آنها یک حوضچه وجود دارد (شکل ۲۰-۴). دریچه بالادستی (سمت کانال آبد) به‌عنوان روزنه عمل می‌نماید. در طراحی، اختلاف سطح معینی (h) بین سطح آب در کانال آبد و حوضچه مدنظر است. در عمل، میراب (مسئول توزیع آب) دریچه بالادستی را برای دبی دلخواه (براساس نمودار طراحی) تنظیم می‌نماید. آن‌گاه با تنظیم دریچه پایین‌دستی (سمت مزرعه)، تراز آب در حوضچه را در سطحی قرار می‌دهد که اختلاف سطح h ایجاد گردد. اکنون دریچه بالادستی، مانند یک روزنه تحت بار ثابت (یا همان CHO) عمل نموده و میزان گشودگی دریچه (یا روزنه)، تحویل دبی مشخصی را به پایاب تضمین می‌نماید. عوامل ابعادی این آبیگر در شکل نمایش داده شده‌اند.



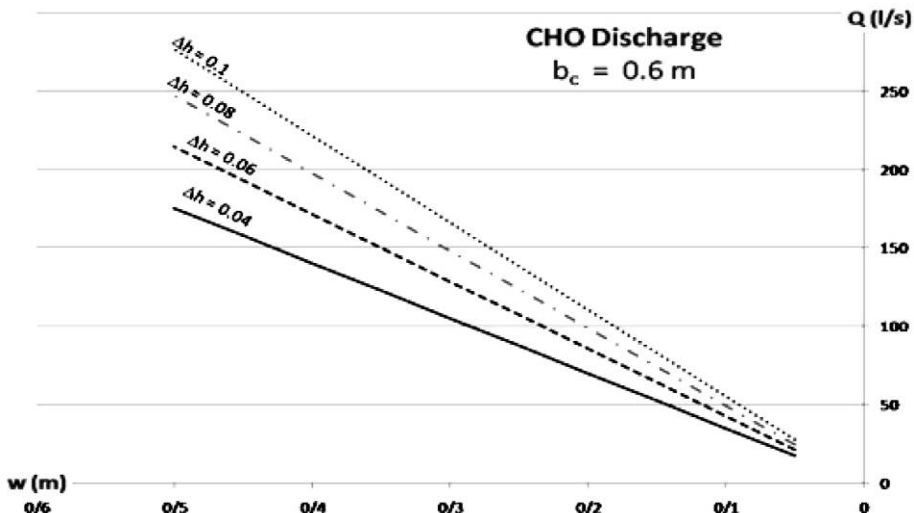
شکل ۲۰-۴ مقطع طولی از آبیگر مزرعه نوع CHO.

توجه به نکات زیر برای استقرار خوب یک آبیگر CHO لازم است:

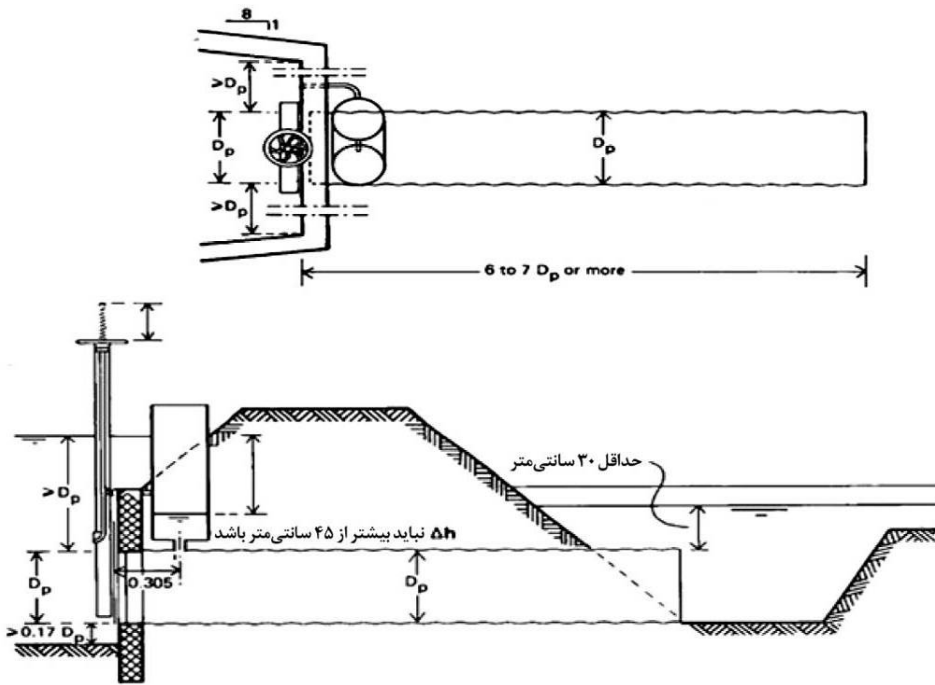
- در ساخت CHO بایستی دقت کافی به عمل آید، و در هنگام نصب کف آن تراز و دیواره‌هایش قائم قرار گیرند؛
- برای دبی حداکثر باید $X_g \geq t$ باشد؛
- برای افزایش دقت باید $S \geq y_m$ باشد؛
- برای دبی‌های کمتر از ۲۸۰ لیتر بر ثانیه طول L باید حداقل برابر باشد با $۲/۲۵y_m$ یا $۱/۷۵y_t$ ، هر کدام که بزرگ‌تر باشند؛ و در هر حال L نبایستی از ۱ متر کمتر باشد؛
- برای دبی‌های بیش از ۲۸۰ لیتر بر ثانیه طول L باید حداقل برابر با $۲/۷۵y_m$ باشد؛
- معمولاً اختلاف ارتفاع تراز سطح‌های آب در کانال و حوضچه حدود ۶ سانتی‌متر است. اختلاف کمتر، از دقت اندازه‌گیری می‌کاهد. اختلاف بیشتر علاوه بر ایجاد تلاطم، معمولاً به دلیل عدم تسلط آب بر اراضی، مطلوب نیست؛
- حداکثر طول گشودگی دریاچه روزنه (y_m)، نبایستی از ۰٫۸ طول جابجایی دریاچه (y_t) بیشتر شود. در هر حال، معادله دبی برای این نوع آبیگر با فرض $C_d = ۰/۶۶$ و $C_v = ۱$ به شرح زیر است:

$$Q = ۲/۹۲b_c w \sqrt{\Delta h} \quad (۴-۱۵)$$

که در آن w طول گشودگی دریاچه ($0 \leq w \leq y_m$)، و y_t ارتفاع آب در بالادست روزنه (از کف دریاچه) می‌باشند. از آنجا که برای هر آبیگر CHO عرض دریاچه و یا روزنه (b_c) عدد معینی است، و با فرض Δh ثابت، معادله فوق به رابطه‌ای خطی بین Q و w تبدیل می‌گردد. معمولاً نموداری از این رابطه خطی تهیه و در اختیار میراب قرار داده می‌شود (شکل ۴-۲۱).



شکل ۴-۲۱ رابطه خطی بین w و Q در آبیگر مزرعه.



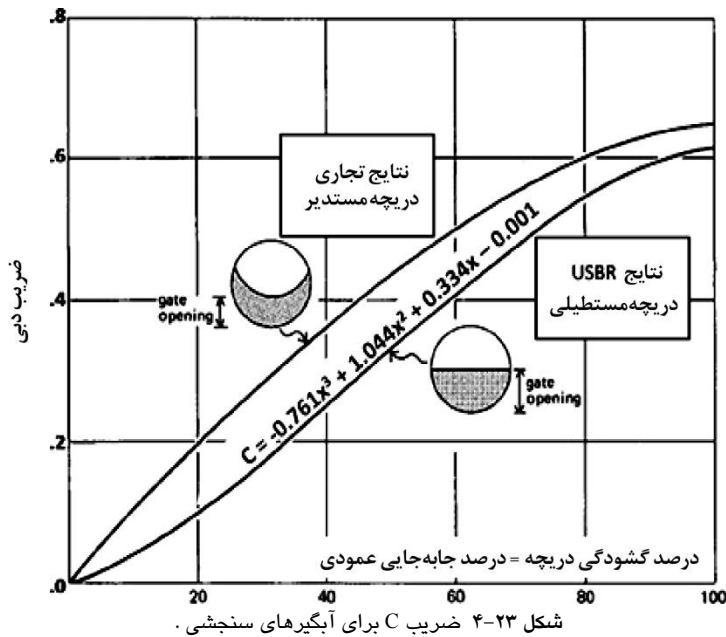
شکل ۲۲-۴ جزئیات آبگیر سنجشی ARMCO.

آبگیر سنجشی

این آبگیر^۱ ابتکاری، از شرکت ARMCO در شکل ۲۲-۴ نمایش داده شده است. یک دریچه و لوله‌ای به طول (حداقل) ۷ تا ۸ برابر قطر روزنه (= قطر لوله)، و دو چاهک آرامش برای ترازگیری، تمام این ابتکار ساده ولی کارا، را تشکیل می‌دهد. در واقع مشکلات اجرا و خطاهای سنجش آبگیرهای CHO موجب شده تا آبگیر سنجشی جای آن را کاملاً بگیرد. مانند تمام آبگیرهای دیگر، امتداد آبگیری معمولاً عمود بر امتداد جریان در کانال آبد است. برای کسب نتیجه بهتر سرعت جریان در کانال آبد نبایستی طوری باشد که در نزدیکی آبگیر موجب پیدایش جریان‌های گردابی گردد. در صورت وقوع چنین وضعیتی ساخت یک مسیر فرعی بین آبگیر و کانال آبد به طول حداقل ۵ برابر قطر روزنه آبگیر الزامی است.

ترازهای آب در سرآب و پایاب به وسیله دو چاهک آرامش (پلان در شکل ۲۴-۴) قیاس می‌گردند. محل دقیق سنجش این ترازها بسیار مهم است. پیرومتر چاهک سرآب بایستی در دیواره عمودی و به فاصله حداقل ۵ سانتی متر از دریچه و به دور از هر تغییری در دیواره قرار گیرد. برای پیرومتر پایاب دو گزینه وجود دارد؛ (۱) بر بالای لوله و در فاصله ۳۰/۴۸ سانتی متر پایین دست دریچه حسب توصیه سازندگان تجاری؛ و (۲) بر بالای لوله و در فاصله دقیقاً یک سوم قطر لوله که توسط USBR توصیه شده است. در

1. Metergate



این کتاب گزینه دوم مورد نظر است. در هر حال تفاضل ترازها کمتر از ۵ سانتی متر و بیشتر از ۴۵ سانتی متر (برای جلوگیری از خطا در قرائت) قابل قبول نیستند. به علاوه، برای دستیابی به قرائت مطلوب لازم است تا استغراق لوله در خروجی (حدود ۱۵ تا ۳۰ سانتی متر) تأمین شود. معادله دبی برای این آبگیر به شرح زیر است:

$$Q = CA_p \sqrt{(2gh)} \quad (۴-۱۶)$$

$$C = -۰.۷۶۱ X^3 + ۱.۰۴۴ X^2 + ۰.۳۳۴ X - ۰.۰۰۱ \quad (۴-۱۶-۱)$$

عامل X درصد گشودگی دریچه مستطیلی در ورودی لوله (به اعشار)؛ و Δh تفاضل تراز دو چاهک می‌باشند. سایر عوامل قبلاً تعریف شده‌اند. می‌توان ضریب C را از شکل ۲۳-۴ نیز برآورد نمود. دریچه دایره‌ای مربوط به محصولات تجاری و دریچه مستطیلی مربوط به آزمایش‌های USBR می‌باشند. معادله فوق بر منحنی USBR برازش داده شده است. شکل منحنی USBR در نمودار گویای آن است که در گشودگی‌های کمتر از ۲۰٪ و بیشتر از ۷۵٪ دقت سنجش کاهش می‌یابد؛ و لذا به کارگیری آبگیر در این دامنه‌ها توصیه نمی‌شود. کاربرد مطلوب این آبگیر منوط به انتخاب «اندازه‌ی متناسب» و قرارگیری آن در «رقوم مناسب» می‌باشد. برای درک بهتر موضوع این موارد در مثال زیر توضیح داده شده است.

مثال: تراز آب در کانال توزیع آب ۱۰۰/۰۰ متر و در کانال مزرعه ۹۹/۷۰ متر است (شکل ۲۴-۴). دبی تحویلی به مزرعه ۱۴۰ لیتر بر ثانیه و طول لوله آبگیر (Lp) ۸/۵۰ متر می‌باشد. آبگیر سنجشی مناسب از نوع USBR طراحی نمایید.

این حداقل مساحت ($A_p \geq 0.08945 \text{ m}^2$) مورد نیاز است و لذا حداقل قطر تجاری مطلوب برابر با ۱۴ اینچ (۰٫۵۳۶ متر) خواهد بود.

$$D_p \geq 0.34 \text{ m} \rightarrow D_p = 14'' = (0.536 \text{ m})$$

کنترل ظرفیت: اکنون کاهش‌ها بایستی کنترل شوند تا معلوم گردد که اندازه آبنگیر انتخابی برای انتقال ۱۴۰ لیتر در ثانیه کافی است یا خیر؟ کاهش‌ها در این سازه شامل کاهش ورودی (Δh_{gate}) و کاهش اصطکاکی (به عنوان ضریبی از بار سرعت $= \xi_f V^2/2g$) هستند. به علاوه، کاهش خروجی، که غیرقابل بازیافت است، نیز معادل ضریبی از بار سرعت ($\xi_{\text{exit}} V^2/2g$) محاسبه می‌گردد. بنابراین:

$$\Delta h_{\text{tot}} = \xi_f V^2/2g + \Delta h_{\text{gate}} + \xi_{\text{exit}} V^2/2g$$

اما در عمل تفاضل قرائت چاهک‌ها (Δh) تنها داده قابل استناد برای برآورد دبی است. بنابراین با توجه به توضیحات پیش گفته و با فرض کاهش خروجی معادل یک بار سرعت، معادله فوق به شرح زیر بازنویسی می‌شود:

$$\Delta h_{\text{tot}} = \xi_f V^2/2g + \Delta h$$

$$\Delta h_r = \Delta h_{\text{gate}} + V^2/2g$$

از معادله دبی نیز به دست می‌آید که: $V^2/2g = C^2 \cdot \Delta h$

$$\Delta h_{\text{tot}} = \xi_f \cdot C^2 \cdot \Delta h + \Delta h_r \quad \text{و لذا:}$$

$$\Delta h_{\text{tot}}/\Delta h = \xi_f \cdot C^2 \cdot \Delta h_r + \Delta h \quad \text{و یا:}$$

ضریب کاهش اصطکاکی از رابطه $\xi_f = f \cdot L_p / D_p$ قابل برآورد است. عامل f برای لوله‌های بتنی و فلزی برابر با ۰٫۰۲۵ توصیه شده است. در این مثال برای حالت دوم، قطر لوله برابر با $D_p = 0.356 \text{ m}$ به دست آمد، و لذا مقدار ξ_f برابر 0.6 ($= 0.025 \times 8.50 \div 0.356 = 0.60$) محاسبه می‌شود. اکنون با توجه به این که در آزمایشات USBR رابطه تقریبی $\Delta h = 1/8 \Delta h_r$ به دست آمده است:

$$\Delta h_{\text{tot}}/\Delta h = 0.6 \times 0.51^2 + 1/1.8 = 0.71161 \quad \& \quad \Delta h_{\text{tot}} = 0.3 \rightarrow \Delta h = 0.42 \text{ m}$$

و برای کنترل ظرفیت آبنگیر از معادله ۱۶-۴ استفاده می‌شود:

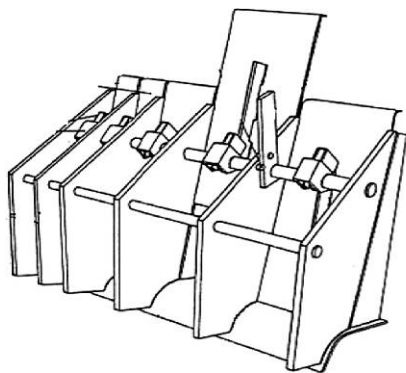
$$Q = 0.51 \times (\pi \times 0.356^2/4) \times (2 \times 9.81 \times 0.42)^{0.5} = 0.146 \text{ m}^3/\text{s}$$

دبی محاسبه شده از ۱۴۰ لیتر در ثانیه بزرگتر و لذا یک آبنگیر سنجشی ۱۴ اینچ کافی است.

تعیین رقوم کارگذاری: تراز آب داخل چاهک پایین دستی بایستی حداقل ۰٫۱۵ متر بالای لوله باشد، از طرف دیگر می‌توان به روش اخیر برای درصد گشودگی‌های مختلف Δh را محاسبه نمود (جدول زیر). سپس با توجه به حداکثر Δh ، قطر لوله، و رقوم سطح آب در کانال سرآب (۱۰۰ متر)، می‌توان رقوم کارگذاری آن را تعیین کرد.

| گشودگی درجه (%) | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|-----------------|
| ۷۵ | ۶۰ | ۵۵ | ۵۰ | ۴۰ | ۳۵ | |
| ۴۲ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۵ | ۴۴ | ۴۰ | Δh (cm) |

حداکثر Δh برابر ۰٫۴۶ متر است.



شکل ۲۵-۴ مدول آبیگیر نیرپیک.

یادآوری ۱: تراز آب در چاهک بالادستی برابر با تراز آب سرآب است.
یادآوری ۲: قطرهای محاسبه شده، قطرهای داخلی هستند. بنابراین رقوم تاج، داخل لوله به شرح زیر به دست می آید:

$$\text{Pipe Crown EL} = ۱۰۰/۰۰ - ۰/۴۶ - ۰/۱۵ = ۹۹/۳۹ \text{ m}$$

از طرف دیگر، رقوم تاج لوله بایستی حداقل به اندازه قطر لوله مستغرق باشد:

$$\text{Pipe Crown EL} = ۱۰۰/۰۰ - ۰/۳۵۶ = ۹۹/۶۴۴ \text{ m}$$

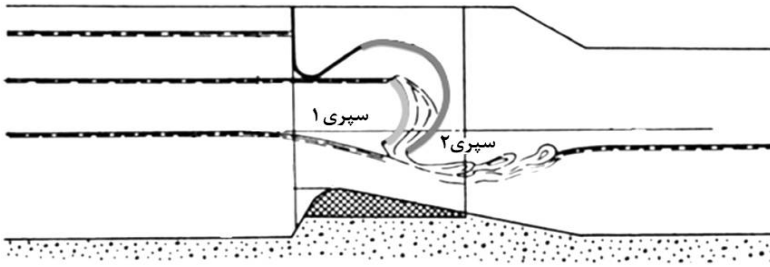
رقوم پایین تر ملاک عمل خواهد بود، یعنی ۹۹/۳۹ متر. بنابراین رقوم بستر لوله با توجه به مشخصات ساخت لوله (قطر خارجی، ضخامت، ...) قابل محاسبه است.

آبیگیر نیرپیک

مدول‌های روزنه‌ای پیش ساخته نیرپیک (شکل ۲۵-۴)، آبیگرهایی برای تخصیص دقیق مقدار جریان آب می‌باشند. این سازه در مواقعی که نوسان‌های سطح آب محدود باشد، دبی تحویلی را تقریباً ثابت نگهداری می‌نماید.

اگرچه این نوع دریچه‌ها نسبتاً گران هستند، اما استفاده از آن به لحاظ سادگی مدیریت (دریچه‌های قطع - وصل) و خودتنظیمی دبی تحت تغییرات محدود سطح آب، آسانی تعیین دبی جریان، و بالاخره قابلیت اطمینان (غیرقابل دستکاری) برای مقاصد توزیع آب توصیه می‌شود. با توجه به شکل ۲۶-۴، اجزای تشکیل دهنده مدول‌های نیرپیک عبارتند از: آستانه سازه با شیب ۶۰ درجه، یک یا دو سپر فلزی، و دریچه‌های دو وضعیتی (باز و بسته).

در ساخت این دریچه‌ها از یک یا دو سپر به طوری استفاده شده است که تغییرات سطح آب در کانالی که از آن آبیگیری می‌شود، تأثیر قابل توجهی در دبی مدول ندارد. در واقع با افزایش بارآبی و سرعت جریان، سپرها موجب انقباض مقطع جریان می‌گردند و لذا حاصلضرب سطح مقطع در سرعت (دبی)



شکل ۲۶-۴ نمای نیمرخ یک مدول نیرپیک دو سپری.

جدول ۱۰-۴ آبیگرهای تیپ X (۱۰ لیتر بر ثانیه به ازای هر دسی متر)

| ظرفیت آبیگر (l/s) | ظرفیت مدول‌ها (l/s) | | | | عرض آبیگر (cm) | دبی‌های قابل تخلیه (با گام‌های ۵ لیتر بر ثانیه) |
|----------------------|---------------------|----|----|----|-------------------|--|
| | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۳۰ | | |
| ۳۰ | ۱ | ۱ | ۱ | - | ۳۰ | ۳۰ تا ۵ |
| ۶۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۶۰ | ۶۰ تا ۵ |
| ۹۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۹۰ | ۹۰ تا ۵ |

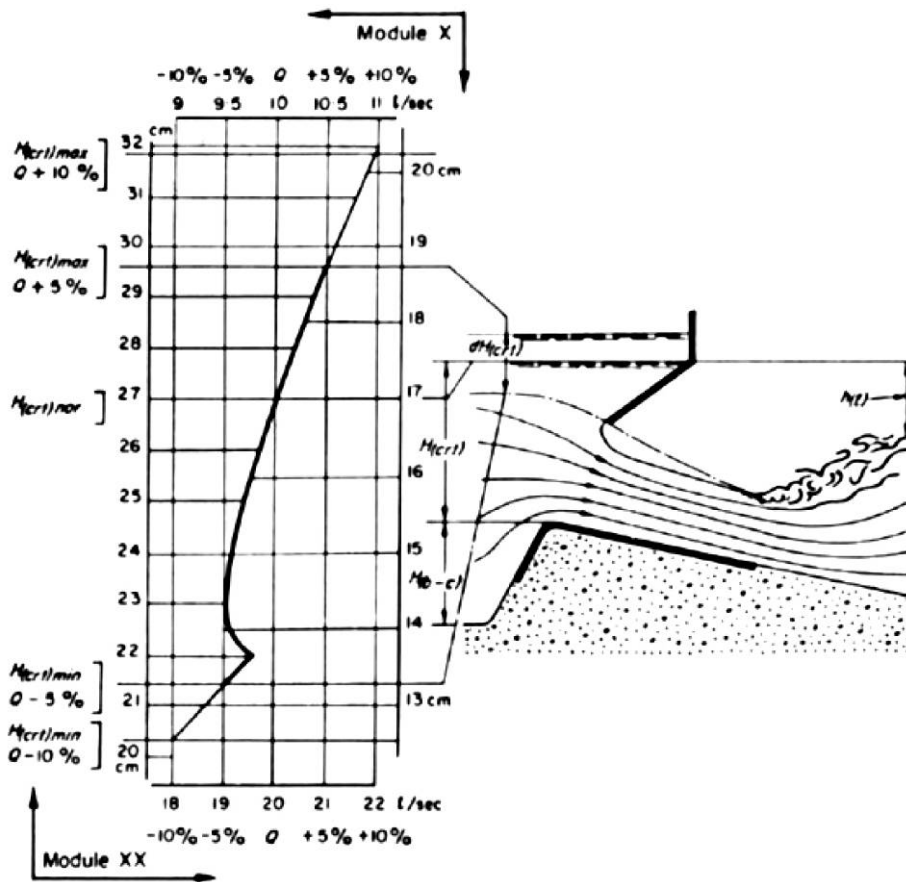
جدول ۱۱-۴ آبیگرهای تیپ XX (۲۰ لیتر بر ثانیه به ازای هر دسی متر)

| ظرفیت آبیگر (l/s) | ظرفیت مدول‌ها (l/s) | | | | | عرض آبیگر (cm) | دبی‌های قابل تخلیه (با گام‌های ۱۰ لیتر بر ثانیه) |
|----------------------|---------------------|----|----|----|----|-------------------|---|
| | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۶۰ | ۹۰ | | |
| ۳۰ | ۱ | ۱ | - | - | - | ۱۵ | ۳۰ تا ۱۰ |
| ۶۰ | ۱ | ۱ | ۱ | - | - | ۳۰ | ۶۰ تا ۱۰ |
| ۹۰ | ۱ | ۱ | ۲ | - | - | ۴۵ | ۹۰ تا ۱۰ |

صرفاً در حدود ۵ تا ۱۰ درصد تغییر می‌نماید. برای نوسان کم در سطح آب کانال آبد (تأمین کننده آب) نوع یک سپره و برای نوسان‌های بیشتر از مدول‌های دو سپره استفاده می‌شود. مدول‌های نیرپیک در چهار سری استاندارد X، XX، L و C با ظرفیت‌های ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ لیتر بر ثانیه به ازای هر دسی متر (۱ دسی متر = ۱۰ سانتی متر) طول دریاچه ساخته می‌شوند. در هر سری معمولاً اندیس‌های ۱ و ۲ مشخص کننده تعداد سپرهای مدول است. در هر آبیگر تعدادی دریاچه در یک ردیف و پهلو به پهلو یکدیگر قرار گرفته‌اند. هر دریاچه می‌تواند به طور مستقل باز یا بسته شود و در صورتی که نیاز به آبیگری خاتمه یافته باشد، کلیه دریاچه‌ها توسط اهرم مشترک قفل می‌شوند.

حسب نیاز، با ترکیبی از دریاچه‌های مدولار نیرپیک می‌توان انواعی از آبیگرها را ایجاد نمود. هر آبیگر می‌تواند «تنوعی از دبی‌ها» را آبیگری نماید. بدیهی است در صورت کم یا زیاد بودن «نوسان‌های سطح آب» از مدول‌های نوع ۱ یا ۲ سپره استفاده خواهد شد. جداول ۱۰-۴ و ۱۱-۴ مثال‌هایی از آبیگرهای ساخته شده با مدول‌های تیپ X و XX را ارائه می‌دهد.

شکل ۲۷-۴ نمونه‌ای از نمودار تغییرات دبی به ازای نوسان‌های سطح آب را نشان می‌دهد. حدود نوسان‌های سطح آب در کانال آبد، که منجر به $\pm 5\%$ یا $\pm 10\%$ تغییر دبی آبیگر می‌گردد در جدول ۱۲-۴ ارائه شده است (توجه شود اعداد جدول به سانتی متر می‌باشند). با استفاده از این داده‌ها می‌توان مناسبترین رقوم جهت استقرار مدول را با توجه به شرایط هیدرولیکی کانال آبد انتخاب نمود.



شکل ۲۷-۴ اثر تغییرات سطح آب در دبی خروجی یک مدول نیربیک تک‌سپری.

حدود تغییرات مجاز سطح آب به‌ازای ۵ و ۱۰ درصد تغییر در میزان دبی خروجی، برای انواع مدول‌های تیپ در جدول ۱۲-۴ ارائه شده‌اند. نمونه‌ای از نمودارهای مرتبط در شکل‌های ۲۸-۴ و ۲۹-۴ برای آبگیرهای یک و دو سپری ارائه شده است.

H_n : ارتفاع آب بالای آستانه برای تأمین دبی اسمی مدول؛

H_{min} برای $0.9Q$: ارتفاع آب بالای آستانه در شرایطی که ۱۰٪ از دبی اسمی کاسته شود؛

H_{min} برای $0.95Q$: ارتفاع آب بالای آستانه در شرایطی که ۵٪ از دبی اسمی کاسته شود؛

H_{max} برای $1.05Q$: ارتفاع آب بالای آستانه در شرایطی که ۵٪ به دبی اسمی افزوده شود؛

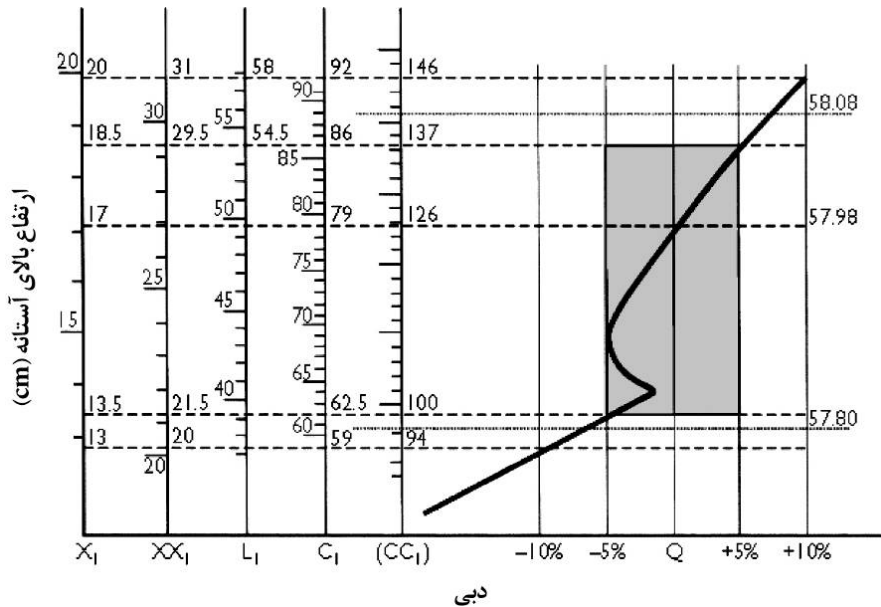
H_{max} برای $1.1Q$: ارتفاع آب بالای آستانه در شرایطی که ۱۰٪ به دبی اسمی افزوده شود؛

P : ارتفاع سرریز در بالادست مدول؛ و

L : اختلاف سطح آب در بالادست و پایین‌دست مدول.

جدول ۱۲-۴ حدود تغییرات مجاز سطح آب در مدول‌های تیپ.

| P_{min} | J_{min} H_{min} | J_{min} H_n | dH $Q=0.5Q$ | dH $Q=1.0Q$ | H_{max} $1/10Q$ | H_{max} $1/5Q$ | H_n Q | H_{min} $0.95Q$ | H_{min} $0.9Q$ | دبی در واحدعرض q (l/s/dm) | تیپ |
|-----------|------------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------------|---------------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|
| ۱۶ | ۵ | ۶.۵ | ۵ | ۷ | ۲۰ | ۱۸.۵ | ۱۷ | ۱۳.۵ | ۱۳ | ۱۰ | X تک سپری |
| ۲۵ | ۸ | ۱۰.۵ | ۸ | ۱۱ | ۳۱ | ۲۹.۵ | ۲۷ | ۲۱.۵ | ۲۰ | ۲۰ | XX |
| ۴۷ | ۱۵ | ۱۹ | ۱۵ | ۲۱ | ۵۸ | ۵۴.۵ | ۵۰ | ۳۹.۵ | ۳۷ | ۵۰ | L |
| ۷۵ | ۲۴ | ۳۰ | ۲۳.۵ | ۳۳ | ۹۲ | ۸۶ | ۷۹ | ۶۲.۵ | ۵۹ | ۱۰۰ | C |
| ۱۷ | ۵ | ۶.۵ | ۱۴.۵ | ۱۸ | ۳۱ | ۲۸ | ۱۷.۵ | ۱۳.۵ | ۱۳ | ۱۰ | X دو سپری |
| ۲۶ | ۸ | ۱۱ | ۲۳ | ۲۸ | ۴۸ | ۴۴ | ۲۸ | ۲۱ | ۲۰ | ۲۰ | XX |
| ۴۹ | ۱۵ | ۲۰ | ۴۳ | ۵۲ | ۸۹ | ۸۲ | ۵۱ | ۳۹ | ۳۷ | ۵۰ | L |
| ۷۷ | ۲۴ | ۳۱ | ۶۸ | ۸۳ | ۱۴۲ | ۱۳۰ | ۸۱ | ۶۲ | ۵۹ | ۱۰۰ | C |

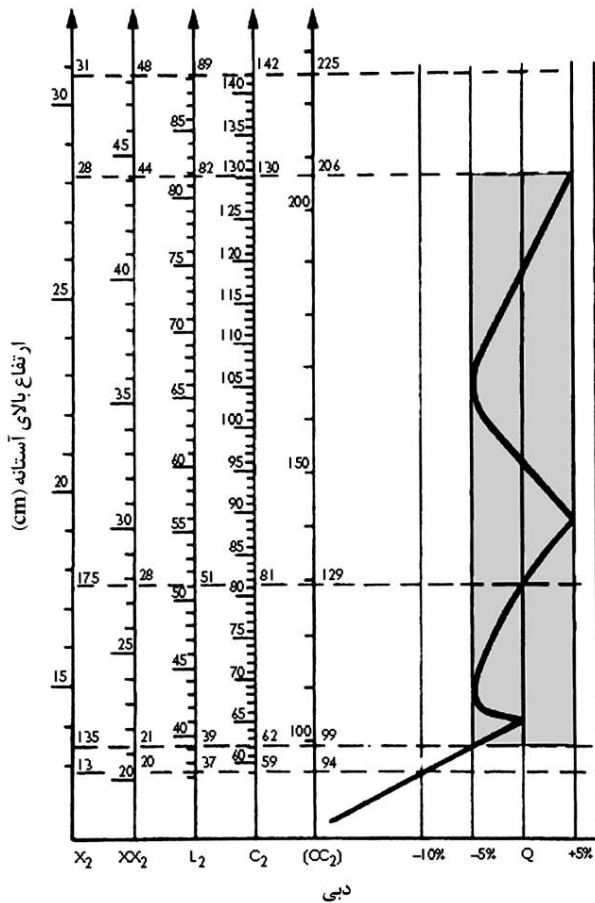


شکل ۲۸-۴ نمودار هیدرولیکی مدول‌های تک‌سپری.

مزایا و معایب مدول‌های نیرپیک: مزایای این آبگیرها در زیر فهرست شده است. در بین این مزایا، آخرین مورد با توجه به شرایط خاص کشور (کمبود آب) و لزوم اعمال مدیریت‌های دقیق برای کنترل آب و جلوگیری از اسراف آب، حائز اهمیت بیشتری است.

- کمی کاهش جریان به علت تشکیل پرش هیدرولیکی در پایاب مدول و بازیافت انرژی جنبشی؛
- آسان بودن بهره‌برداری و عدم نیاز به مهارت‌های خاص در زمان بهره‌برداری؛
- محدود بودن عملیات نگهداری و احتیاج به حداقل تعمیرات؛
- مصونیت در مقابل دستکاری توسط افراد غیرمجاز؛
- کنترل و توزیع دقیق آب.

از معایب مدول‌های نیرپیک، گرانی نسبی آن در مقایسه با سایر آبگیرها است. البته، اگر احداث

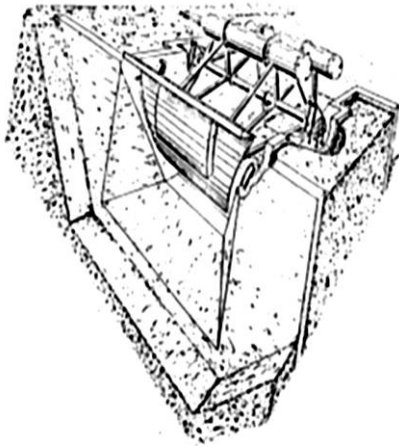


شکل ۲۹-۴ نمودار هیدرولیکی مدول‌های دوسپری.

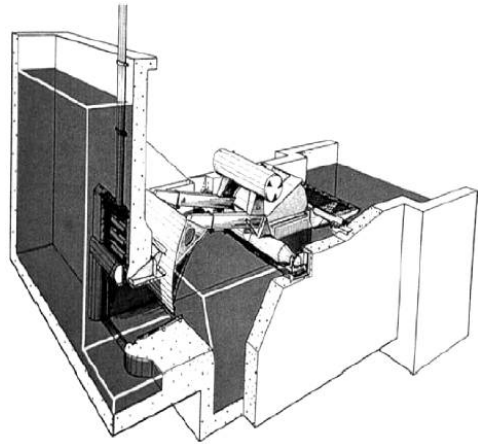
سازه‌های دیگری به منظور کنترل نوسان‌های سطح آب در کانال آبده مورد نیاز باشد، هزینه اجرایی را به مراتب بالاتر خواهد برد. در حالی که، مدول‌های نیرپیک نیاز به کنترل دقیق سطح آب را کاهش می‌دهند. عیب دیگر آن، نیازمندی این آبگیر به دقت زیاد در مرحله نصب می‌باشد.

دریچه‌های کنترل خودکار سطح آب

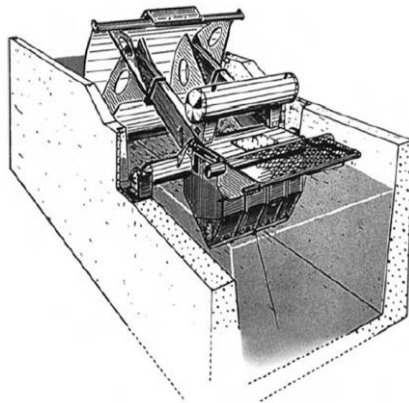
نوسان‌های بیش از حد سطح آب در کانال آبده (که از آن آبگیری می‌شود) موجب کاهش دقت در آبگیری می‌گردد. در چنین مواردی تنظیم مکرر سطح آب لازم است، که به صورت دستی عملی دشوار می‌باشد. لذا، معمولاً سطح آب با احداث سرریز مناسب و یا با خودکارسازی دریچه و سرریز تثبیت می‌گردد. دریچه‌های مورد استفاده برای این منظور، دریچه‌های قوسی ساده‌ای هستند که با استفاده از قانون ارشمیدس با واکنش شناوری خود در مقابل نوسان‌های سطح آب کار می‌کنند. این دریچه‌ها عبارتند از:



شکل ۴-۳۱ دریچه آمیل برای کنترل سطح آب در سراب دریچه.



شکل ۴-۳۰ دریچه آویو برای کنترل سطح آب پایاب دریچه‌شکل.

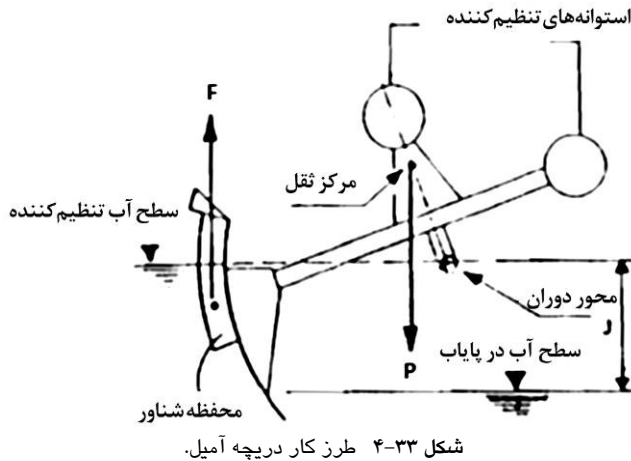


شکل ۴-۳۲ دریچه آمیل برای کنترل سطح آب در پایاب دریچه.

دریچه «آمیل» که سطح آب را در سراب خود تثبیت می‌کند، و دریچه‌های «آویو» و «آویس» که سطح آب را در پایاب خود تثبیت می‌کنند (شکل‌های ۴-۳۰ تا ۴-۳۲). شرح مختصری از دریچه‌های آمیل، آویو و آویس در ادامه آورده شده است.

دریچه آمیل

این دریچه به منظور تثبیت سطح آب در «سراب» برای اولین بار توسط شرکت فرانسوی نیرپیک تولید و نامگذاری شده است. دریچه آمیل برای تنظیم خودکار سطح آب در کانال‌ها (به عنوان سازه کنترل) نصب می‌شود. این دریچه به طور خودکار و بدون استفاده از هیچ نیروی محرکه خارجی سطح آب در سراب را مستقل از میزان دبی جریان ورودی ثابت نگه می‌دارد. در واقع، این یک دریچه قطاعی است (شکل ۴-۳۳)



که در جلوی آن محفظه‌ای توخالی به‌عنوان شناور قرار داده شده است. در قسمت عقب، دو محفظه استوانه‌ای توخالی وجود دارد که با ریختن مقدار معینی شن و ماسه درون آنها می‌توان دریچه را برای شرایط طراحی شده تنظیم کرد.

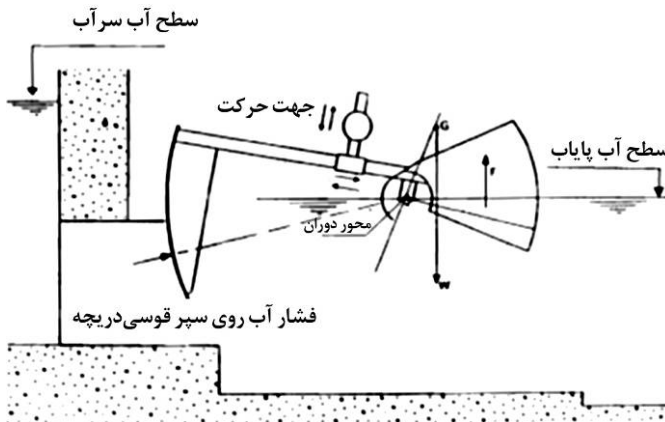
به‌علت شکل خاص مقطع شناور و موقعیت استوانه‌ها، مرکز ثقل قسمت متحرک را می‌توان با تنظیم (افزودن شن و ماسه) در وضعیتی قرار داد تا گشتاور ناشی از نیروی ارشمیدس (F) با گشتاور نیروی وزن (P) برای حالات مختلف یکدیگر را خنثی نمایند. در چنین وضعی سطح آب در سراب، در رقومی هم‌تراز با رقوم محور دوران تثبیت خواهد شد.

دریچه‌های آمیل معمولاً با علامت «D» که مشخص‌کننده عرض سطح آب در محل نصب دریچه است مشخص می‌شوند. اندازه D بر حسب سانتی‌متر تعریف شده است و دریچه‌های مذکور در ۲۱ تیپ از $D=80$ تا $D=800$ سانتی‌متر (براساس استاندارد نیرپیک) ساخته می‌شوند. البته، امروزه انواع غیرنیرپیک نیز تولید می‌شوند. ابعاد این دریچه‌ها و ملاحظات ساختمانی که قبل از کارگذاری این دریچه‌ها باید مورد نظر قرار گیرد و همچنین اطلاعات هیدرولیکی لازم، از نشریات سازندگان این دریچه‌ها قابل استخراج می‌باشد.

دریچه‌های آویو و آویس

این دریچه‌ها مستقل از سطح آب در سراب و میزان دبی جریان عبوری، می‌توانند سطح آب «پایاب» را در رقومی دلخواه به‌طور خودکار و بدون استفاده از هیچ نیروی محرکه خارجی تثبیت نمایند. این نوع دریچه‌ها همانند دریچه آمیل برای اولین بار توسط شرکت فرانسوی نیرپیک تولید و نامگذاری شده‌اند.

همان‌طور که در شکل ۳۴-۴ دیده می‌شود، این دریچه‌های خودکار از یک سپر قوسی با برش دوزنقه‌ای، یک شاسی، پاتاقان‌ها و یک محفظه شناور به شکل قسمتی از استوانه که مجموعاً یک سازه فلزی یکپارچه را تشکیل می‌دهد، ساخته می‌شوند. نیروهایی که به سیستم وارد می‌شوند عبارتند از: فشار



شکل ۳۴-۴ طرز کار دریچه‌های آویو.

هیدرولیکی وارد به سپر قوسی، نیروی وزن، و نیروی شناوری ارشمیدس. چون امتداد فشار هیدرولیکی وارد بر سپر قوسی از محور دوران عبور می‌کند، لذا در تعادل سیستم تأثیری نخواهد داشت. با حذف این نیرو، تنها نیروهای مؤثر عبارت از نیروی وزن سیستم و نیروی شناوری ارشمیدس خواهد بود. این دریچه‌ها از طریق پاره‌سنگ‌های متحرک روی شاسی و یا شن‌ریزی در کپسول‌هایی که بر روی آن تعبیه شده است، به‌نحوی تنظیم می‌شوند که گشتاور دو نیروی مذکور با هم برابر شود. در چنین حالتی، آب پایاب هم سطح رقوم مرکز محور دوران تثبیت می‌گردد.

دریچه‌های آویو و آویس در اندازه‌های مختلف و توسط سازندگان این نوع دریچه‌ها استاندارد شده‌اند. دریچه‌های آویو با دو پارامتر r و s و دریچه‌های آویس با دو پارامتر r و b مشخص می‌شوند که در آن r ، شعاع شناور خارجی به سانتی‌متر؛ و b عرض معبر آب در کف به سانتی‌متر؛ و s ، سطح مقطع روزنه به دسی مترمربع می‌باشند. به‌عنوان مثال آویو $۵۶/۲۵$ ($r = ۵۶ / s = ۲۵$)، دریچه آویویی است که شعاع شناوری آن ۵۶ سانتی‌متر و سطح مقطع روزنه عبور آب ۲۵ دسی مترمربع باشد. به‌همین ترتیب آویس $۵۶/۱۰۶$ ($r = ۵۶ / b = ۱۰۶$)، دریچه آویسی است که شعاع شناوری آن ۵۶ سانتی‌متر و عرض کف معبر عبور آب ۱۰۶ سانتی‌متر می‌باشد.

کلیه دریچه‌های آویو و آویس در دو نوع بار کوتاه و بار بلند وجود دارند. اختلاف عمده انواع بار بلند و بار کوتاه، در پهنای سپر قوسی است. دریچه‌های بار کوتاه، به‌خاطر پهنای بیشتر سپر قادرند سطح آب مورد نظر را با اختلاف ارتفاع (سرآب و پایاب) کمتر در مقایسه با دریچه‌های بار بلند تأمین نمایند. دریچه‌های آویو در ۱۴ نوع بار بلند ($۲۸/۶$ تا $۲۸۰/۶۳۰$) و ۱۲ نوع بار کوتاه ($۴۵/۳۲$ تا $۲۸۰/۱۲۵۰$)، و همچنین دریچه‌های آویس در ۱۱ نوع بار بلند ($۵۶/۱۰۶$ تا $۲۸۰/۵۳۰$) و ۹ نوع بار کوتاه ($۹۰/۱۹۰$) تا $۲۸۰/۶۰۰$)، توسط سازندگان این نوع دریچه‌ها استاندارد شده‌اند. ابعاد دریچه‌های آمیل، آویو و آویس و ملاحظات ساختمانی که قبل از کارگذاری این دریچه‌ها باید مراعات شود و همچنین اطلاعات هیدرولیکی

لازم، از نشریاتی که توسط سازندگان این دریچه‌ها منتشر شده قابل استخراج است. لذا، به طراحان و علاقه‌مندان توصیه می‌شود برای کسب اطلاعات بیشتر به مراجع مربوط مراجعه نمایند.

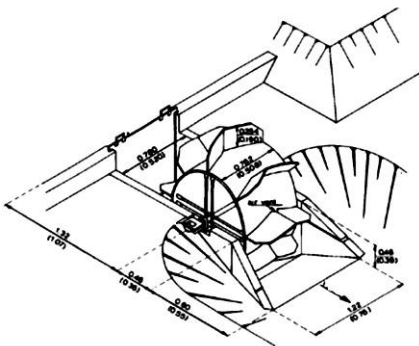
چرخ دتریح

این وسیله ابزاری برای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری عرضه‌شده از طریق کانال‌های اصلی و لترال به مزرعه می‌باشد. این وسیله توسط جی.اس. دتریح در سال ۱۹۱۰ در انجمن عرضه آب در استرالیا طراحی شد. سپس این انجمن وسیله مذکور را استاندارد نموده که امروزه بیش از ۴۰۰۰۰ مورد آن در شبکه‌های آبیاری استرالیا بهره‌برداری می‌شوند. این ابزار اندازه‌گیری شامل یک چرخ دوار بوده که با جریان آب به چرخش در می‌آید (شکل ۳۵-۴). سازه استقرار چرخ دتریح، یک سازه بتنی با مقطعی مستطیلی می‌باشد که در مسیر آب یک فرو افتادگی (درست زیر چرخ، پست‌تر از کف کانال مزرعه) دارد. برای اطمینان از دقت کافی، طول این فروافتادگی بایستی برابر طول قوسی ۷۰ درجه از محیط چرخ $\left(\frac{70}{360} \times \pi r^2\right)$ باشد. علاوه بر این، فاصله بین پره‌های چرخ تا کف بتنی فروافتادگی بایستی تا حد ممکن کاهش یابد. از آنجا که این وسیله فقط سنجش می‌نماید، برای کنترل میزان جریان عبوری همراه با آن همیشه یک دریچه کشویی نیز نصب می‌شود. دو اندازه استاندارد از چرخ دتریح وجود دارد که هر دو از نظر شکل شباهت کامل دارند. شکل ۳۶-۴ ابعاد هر دو اندازه را (کوچکتر، درون پرانتز) نشان می‌دهد. این دو اندازه عبارتند از:

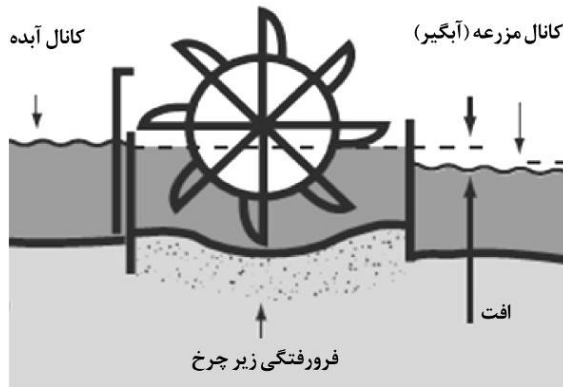
اندازه بزرگ: با قطر ۱،۵۲۴ متر که مناسب دامنه دبی ۰،۰۴ تا ۰،۱۴ مترمکعب بر ثانیه است؛

اندازه کوچک: با قطر ۱،۲۱۹ متر که مناسب دامنه دبی از ۰،۰۱۵ تا ۰،۰۷ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

این چرخ از استوانه‌ای مرکزی (ساخته‌شده از ورقه فولادی با ضخامت ۲ میلی‌متر) و هشت پره V شکل بر روی آن تشکیل شده است. گوشه بیرونی پره‌ها شیبدار و نوک V شکل آنها در جهت مسیر گردش استوانه می‌باشد. در انتهای میانی هر پره یک روزنه هواکش برای خنثی نمودن مقاومت هوای حبس شده وجود دارد؛ که به کمک آن محفظه بین پره‌ها می‌تواند به‌طور کامل در حالی که با چرخش به تدریج



شکل ۳۵-۴ چرخ دتریح.



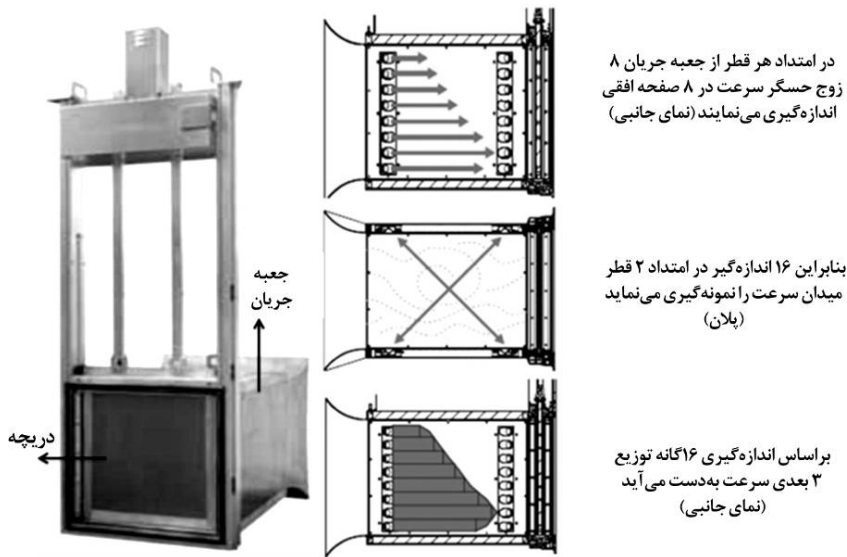
شکل ۳۶-۴ نمای جانبی چرخ دتریج.

مستغرق می‌شود، از آب پر شود. برای بهترین استفاده از بارآبی محدود موجود، کارگذاری چرخ دتریج در تراز مناسب بسیار مهم است. این سنجشگر به عمق آب (حداقل / حداکثر) و نیز سرعت آب ورودی حساس است. مزایای چرخ دتریج عبارتند از: ثبت حجم آب عرضه‌شده؛ آسانی ساخت؛ دوام و مقاومت؛ کاهش کم در بهره‌برداری از آن؛ و قابلیت عبور اجسام شناور از آن بدون صدمه یا توقف چرخ. جزئیات بیشتر برای ساخت و کارگزاری این وسیله نسبتاً ارزان و در عین حال دقیق و مفید، را می‌توان از متون مربوطه استخراج نمود (شکل ۳۶-۴).

آبگیرهای خودکار الکترونیکی

این نوع آبگیرها به صورت خودکار بوده و ترکیبی از سنجشگر جریان و دریچه کنترلی در دهانه آبگیر مزرعه طراحی می‌شوند (شکل ۳۷-۴). چنین ابزاری شامل: اندازه‌گیر جریان، دریچه کنترل جریان، منبع تغذیه برق و وسیله ارتباطات از دور می‌باشد. با وجود ۱۶ حسگر سرعت جریان، اندازه‌گیری دقیقی از فضای سه‌بعدی میدان سرعت و نهایتاً نمایی سه‌بعدی از پروفیل سرعت را در این وسیله نشان خواهد داد (شکل ۳۷-۴). با این ابزار، این وسیله حتی در جریان آشفته نیز می‌تواند به اندازه‌گیری دقیق جریان بپردازد. شدت جریان لحظه‌ای و حجم کل عبوری ثبت می‌شود و موجب برآورد دقیق حجم آب استفاده‌شده می‌شود. در این ابزار به منظور کنترل جریان، ویژگی‌هایی از جمله: شدت جریان لحظه‌ای، حجم تحویلی کنونی و حجم کل آب تحویل‌شده در طول دوره رشد بر روی یک صفحه نمایشگر LCD به نمایش در می‌آید. این ابزار می‌تواند به صورت محلی و یا با کنترل از راه دور بهره‌برداری گردد.

آبگیر نمایش داده‌شده در شکل ۳۸-۴ به نام Slip Meter بوده که توسط شرکت Rubicon به صورت تجاری در اندازه‌های استاندارد ۲۴، ۳۰، ۳۶ و ۴۸ اینچ عرضه می‌شود. دقت اندازه‌گیری جریان در این آبگیرها برابر $\pm 2.5\%$ می‌باشد. اندازه‌گیری سرعت جریان آب با حسگرهای آلتراسونیک صورت می‌پذیرد که در مقایسه با سنجشگرهای مغناطیسی مصرف برق کمتری دارد. برق مورد نیاز می‌تواند در صورت لزوم



شکل ۳۷-۴ آبیگرهای خودکار الکترونیکی (Slip Meter).

از طریق باتری و سیستم خورشیدی شارژ باتری تأمین گردد. به کمک حسگرهای اندازه گیری جریان، آبیگر می تواند به طور خودکار دبی را تثبیت نماید.

مشخصات سازه های سنجش آب

در پیوست کتاب، مشخصات سازه های سنجش آب که عبارتند از: شکل مقطع کنترل، حداقل ارتفاع، دبی کمینه و بیشینه و بررسی وضعیت آشغال و رسوب و ... در این سازه ها در قالب جدولی آمده است.

مسائل

۱. عوامل بروز خطا در سنجش دبی با روش های مختلف را نام ببرید؟
۲. روش کاربرد فلومها در انهار برای سنجش دقیق آب آبیاری را شرح دهید؟
۳. مزایا و معایب فلومها در مقایسه با سرریزها چیست؟
۴. انواع مختلف سرریزها را نام ببرید؟ برای استقرار خوب یک سرریز به چه نکاتی باید توجه کرد؟
۵. معادله عمومی برای محاسبه دبی روزنه چیست و تفاوت اصلی آن با معادله سرریز در چیست؟
۶. انواع دریچه ها برای تنظیم جریان در کانال های آبیاری را نام برده و اصول کار هر یک را به طور مختصر شرح دهید؟
۷. برای استقرار یک آبیگر CHO به چه نکاتی باید توجه نمود؟
۸. چرا از دریچه های کنترل خودکار سطح آب استفاده می شود؟ انواع آن را نام ببرید.

بهره‌برداری شبکه‌های فرعی آبیاری (مزرعه)

بهره‌وری پایدار هدف اصلی مدیریت کشاورزی است و در پنج مقیاس می‌تواند مورد توجه و برنامه‌ریزی قرار گیرد، که عبارتند از: ملی یا منطقه‌ای، حوضه آبریز، شبکه آبیاری، مزرعه و نهایتاً گیاه. طی فصول گذشته سه مورد اول به تدریج بحث گردید. مباحث مزرعه و گیاه در این فصل مورد توجه قرار می‌گیرند. گیاه نقش مهمی در استفاده بهینه از آب و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی دارد. مسلماً سازگاری گیاه به شرایط محلی و مقاومت آن در برابر تنش‌های محیطی (نظیر کم‌آبیاری، شوری، گرما، ...) در بهره‌وری آب در مقیاس گیاه بسیار تأثیرگذار است. در این مقیاس سؤالات اصلی عبارتند از: عوامل مؤثر در بهبود بهره‌وری کدام هستند؟ دلایل و عوامل پایین بودن بهره‌وری در شرایط موجود چیست؟ ارتباط این عوامل (در مقیاس گیاه) با عوامل دیگر در مقیاس‌های بالاتر (مزرعه، شبکه، حوضه آبریز) چگونه است؟ و ارتباط متقابل این عوامل با سایر عوامل موجود (سایر عوامل زراعی و اقلیمی و...) به چه صورتی است؟ موضوعات قابل بررسی در مقیاس گیاه، از منظر مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی شامل موارد زیر می‌باشند: (۱) اصلاح ارقام برای افزایش تحمل در برابر تنش‌های محیطی؛ (۲) مدیریت زراعی؛ (۳) تناسب اقلیمی؛ (۴) مباحث تغییر اقلیم؛ و (۵) محدودیت‌های آب و خاک.

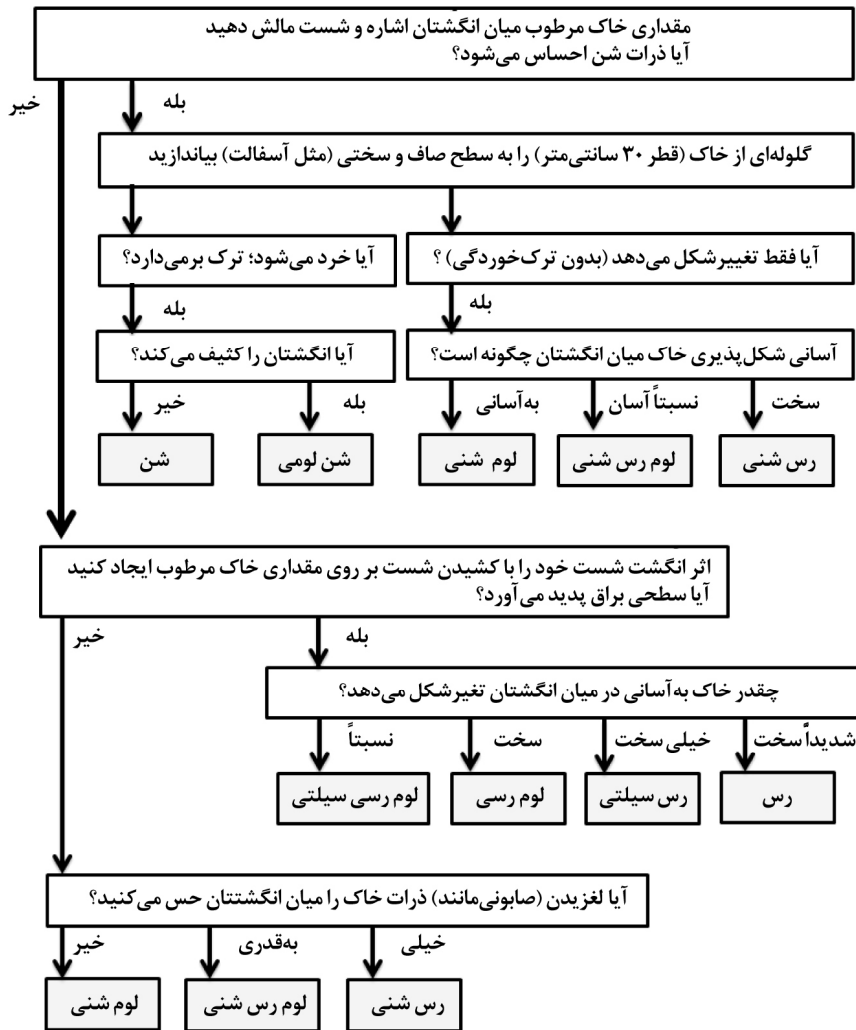
مسائل و محدودیت‌های بهبود بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه نیز از اهمیت بالایی برخوردار هستند. مزرعه محیط و شرایطی است که تمامی فعالیت‌های کشاورزی شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت و همچنین فعالیت‌های تأمین و توزیع آب در آن اتفاق می‌افتد. همزمانی نیاز دو محصول به آبیاری، بهره‌برداری از خاک و درعین حال حفظ حاصلخیزی خاک، توجه به پایداری درآمد کشاورز و نیز حداکثرسازی سود او، و ... از جمله مسائلی هستند که مدیر مزرعه در این مقیاس باید برای آنها راه‌حل

مناسب بیابد. مسائل در این مقیاس، به‌طور مستقیم و قابل ملاحظه‌ای بر روی میزان مصرف آب و عملکرد محصول که هدف نهایی بهره‌بردار است، تأثیرگذار خواهد بود. با توجه به ارتباط مقیاس‌ها با یکدیگر، ناتوانی کشاورزان از مدیریت صحیح در این مقیاس، سبب بروز مشکلات «بزرگ‌مقیاس» دیگری نظیر کمبود منابع آب و آلودگی‌های محیط‌زیستی و مسائل اجتماعی، اقتصادی، و سیاسی مختلفی می‌گردد. مسائل و مشکلات قابل بررسی در مقیاس مزرعه عبارتند از: (۱) پایین بودن بازده آبیاری؛ (۲) عدم کفایت و عدم قطعیت منابع آب؛ (۳) پایین بودن کیفیت منابع آب و خاک؛ (۴) پایین بودن شاخص‌های مکانیزاسیون؛ (۵) آبیاری بدون توجه به اصول مهندسی؛ و (۶) آموزش ناکافی کشاورزان.

مدیریت درون مزرعه

یکی از مهمترین عوامل در مدیریت آبیاری در مزرعه، خاک است. بنابراین، شناخت خصوصیات (بافت، ساختمان، املاح و ...) آن بسیار مهم می‌باشد. خاک، بستر استقرار گیاه، محیط تأمین‌کننده مواد مغذی و نیز ذخیره‌کننده رطوبت بوده و نقشی اساسی را در برنامه‌ریزی آبیاری دارا است. در این میان، بافت خاک حائز اهمیتی ویژه می‌باشد. برای تعیین بافت خاک، بجز روش‌های معمول آزمایشگاهی (دانه‌بندی) روش‌های تقریبی ساده صحرایی (شکل ۱-۵) نیز وجود دارند.

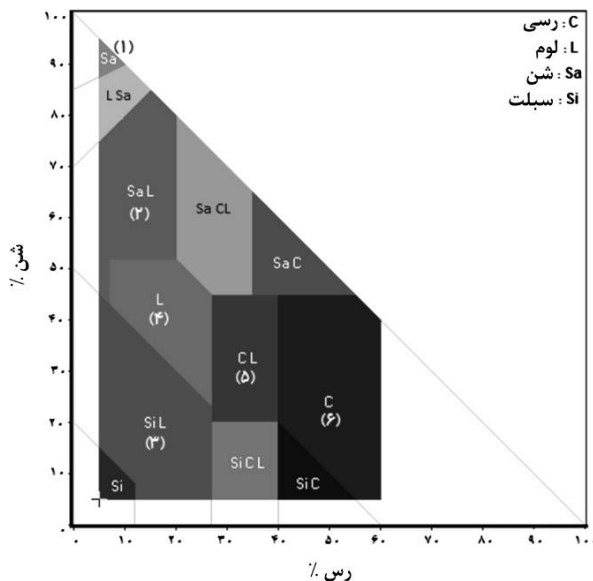
- برای تعیین دقیق‌تر بافت خاک به روش صحرایی مذکور، توجه به موارد زیر نیز توصیه می‌گردد:
- خاک مورد آزمایش بایستی به قدر کافی مرطوب شود تا به آستانه چسبیدن به انگشتان برسد؛
- برای آزمودن شکل‌پذیری خاک مرطوب می‌توان در کف دست گلوله‌ای به قطر حدود ۸ میلی‌متر از خاک ایجاد نمود؛
- تشکیل این گلوله و قابلیت تغییر شکل آن به فتیله (استوانه باریک) می‌تواند به‌عنوان معیاری برای تشخیص بافت خاک باشد؛
- شن: گلوله ایجاد نمی‌شود.
- لوم‌شنی: گلوله ایجاد می‌شود ولی به آسانی می‌شکند. فتیله پدید نمی‌آید.
- لوم‌سیلتی: گلوله ایجاد می‌شود. فقط استوانه‌ای ضخیم (۶ میلی‌متر) و کوتاه می‌توان ایجاد نمود. اگر سعی شود قطر استوانه کاهش داده شود، استوانه در طول‌های کوتاه خرد می‌شود.
- لوم: استوانه‌ای نسبتاً کم قطرتر (حدود ۴ میلی‌متر) ایجاد می‌شود که وقتی خم می‌شود، می‌شکند.
- لوم رسی: فتیله با قطر نسبتاً کم ایجاد شده و می‌تواند به شکل «U» خمیده شود.
- رس سیلتی: استوانه به وجود می‌آید، و می‌تواند حتی به شکل «O» کاملاً خمیده شود؛ البته روی آن ترک مشاهده خواهد شد.
- رس سنگین: مانند شرح فوق برای خاک رس سیلتی، ولی بدون هیچگونه ترک.



شکل ۱-۵ تعیین بافت خاک به روش صحرائی (لمسی).

موقعیت انواع خاک‌های ذکر شده (با شماره) بر روی مثلث بافت خاک (شکل ۲-۵) مشخص شده است. در این مثلث فقط محدوده خاک‌هایی که معمولاً در آن‌ها کشت و زرع صورت می‌گیرد مشخص شده‌اند.

اگرچه دانستن ساختمان خاک نیز بسیار مهم است، اما تنها راه آسان برای شناخت آن اندازه‌گیری یا برآورد چگالی ظاهری خاک می‌باشد. پس از بافت و ساختمان خاک، خصوصیات رطوبتی خاک اهمیت زیادی در مدیریت آبیاری دارد. جدول ۱-۵ برخی مقادیر رطوبتی خاک را برای بافت‌های مختلف به‌عنوان نمونه گزارش می‌نماید. شکل ۳-۵ نیز خصوصیات رطوبتی خاک‌ها را مقایسه نموده است.



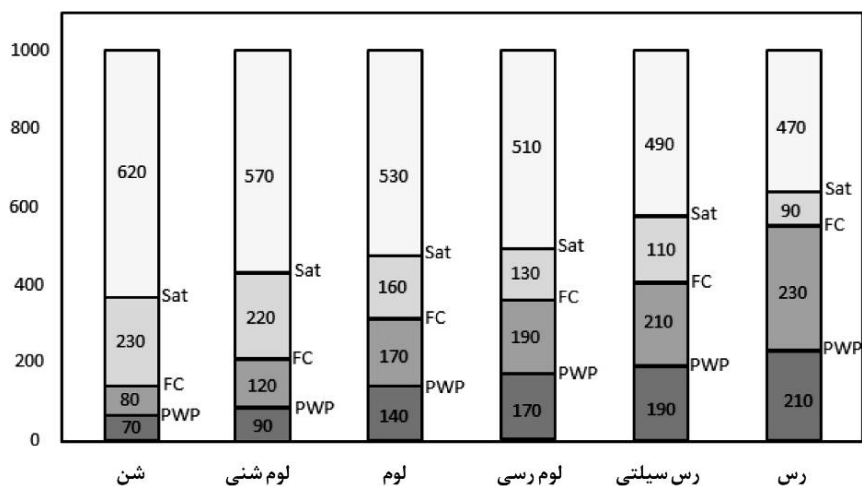
شکل ۲-۵ مثلث بافت خاک.

با تخلیه آب ثقلی از خاک، حد ظرفیت زراعی (Field Capacity: FC) وقوع می‌یابد؛ که برای هر خاک متفاوت بوده و جداگانه تعیین می‌شود. در مواجهه با خشکی مفرط علائم پژمردگی در تمامی گیاهان مشاهده می‌شود. ابتدا پژمردگی موقت (Wilting Point: WP) ظهور می‌نماید که با آبیاری مرتفع می‌گردد. با افزایش تنش آبی حالت پژمردگی دائم (Permanent Wilting Point: PWP) وقوع می‌یابد. گرچه تحمل گیاهان به تنش آبی متفاوت می‌باشد، اما حسب قرارداد مکش ۱۵ بار به‌عنوان حد PWP تلفی می‌گردد.

جدول ۲-۵ یک راهنمای عملی برای برآورد تقریبی رطوبت خاک در شرایط صحرایی می‌باشد (بدون دسترسی به لوازم آزمایشگاهی).

تشخیص نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی در مزرعه

بهترین راه برای به‌دست آوردن ظرفیت زراعی، انجام آزمایش زیر در مزرعه است. این روش نیازمند یک کرت به مساحت حداقل ۲ مترمربع می‌باشد. ابتدا، کرت بایستی مورد آبیاری سنگین قرار گرفته و سپس برای جلوگیری از تبخیر، روی آن با پلاستیک پوشانیده شود (ایجاد چند سوراخ ریز بر روی پلاستیک برای عبور هوا لازم است). پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، برای تعیین رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه، در فواصل زمانی مختلف (مثلاً هر ۱۲ ساعت) از مرکز کرت نمونه‌های خاک تهیه می‌گردد. این عمل آنقدر ادامه می‌یابد تا سرانجام مقدار رطوبت در دو اندازه‌گیری متوالی تقریباً با هم برابر شوند. این مقدار، همان حد رطوبتی ظرفیت زراعی (FC) خواهد بود.



□ خاک □ آب ثقیلی □ کل آب قابل دسترس □ آب غیرقابل دسترس

شکل ۳-۵ مقایسه خصوصیات رطوبتی بافت‌های مختلف خاک.

جدول ۱-۵ حدود درصد رطوبت در بافت‌های مختلف خاک

| بافت خاک | چگالی ظاهری (g/cm ³) | درصد رطوبت خاک (mm/m) | | | کل آب قابل دسترس (mm/m) |
|----------|----------------------------------|-----------------------|------------------|---------------|-------------------------|
| | | اشباع (Sat) | ظرفیت زراعی (FC) | پژمردگی (PWP) | |
| شن | ۱٫۶۵ | ۳۸۰ | ۱۵۰ | ۷۰ | ۸۰ |
| | ۱٫۵۵-۱٫۸۰* | ۳۲۰-۴۲۰ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۳۰-۱۰۰ | ۶۰-۱۰۰ |
| لوم شنی | ۱٫۵۰ | ۴۳۰ | ۲۱۰ | ۹۰ | ۱۲۰ |
| | ۱٫۴۰-۱٫۶۰ | ۴۰۰-۴۷۰ | ۱۵۰-۲۷۰ | ۶۰-۱۲۰ | ۹۰-۱۵۰ |
| لوم | ۱٫۴۰ | ۴۷۰ | ۳۱۰ | ۱۴۰ | ۱۷۰ |
| | ۱٫۳۵-۱٫۵۰ | ۴۳۰-۴۹۰ | ۲۵۰-۳۶۰ | ۱۱۰-۱۷۰ | ۱۴۰-۲۰۰ |
| لوم رسی | ۱٫۳۵ | ۴۹۰ | ۳۶۰ | ۱۷۰ | ۱۹۰ |
| | ۱٫۳۰-۱٫۴۰ | ۴۷۰-۵۱۰ | ۳۱۰-۴۲۰ | ۱۸۰-۲۰۰ | ۱۶۰-۲۲۰ |
| رس سیلتی | ۱٫۳۰ | ۵۱۰ | ۴۰۰ | ۱۹۰ | ۲۱۰ |
| | ۱٫۳۰-۱٫۴۰ | ۴۹۰-۵۳۰ | ۳۵۰-۴۵۰ | ۱۷۰-۲۲۰ | ۱۸۰-۲۳۰ |
| رس | ۱٫۲۵ | ۵۳۰ | ۴۴۰ | ۲۱۰ | ۲۳۰ |
| | ۱٫۲۰-۱٫۳۰ | ۵۱۰-۵۵۰ | ۳۹۰-۴۹۰ | ۱۹۰-۲۴۰ | ۲۰۰-۲۵۰ |

* این اعداد دامنه می‌باشند.

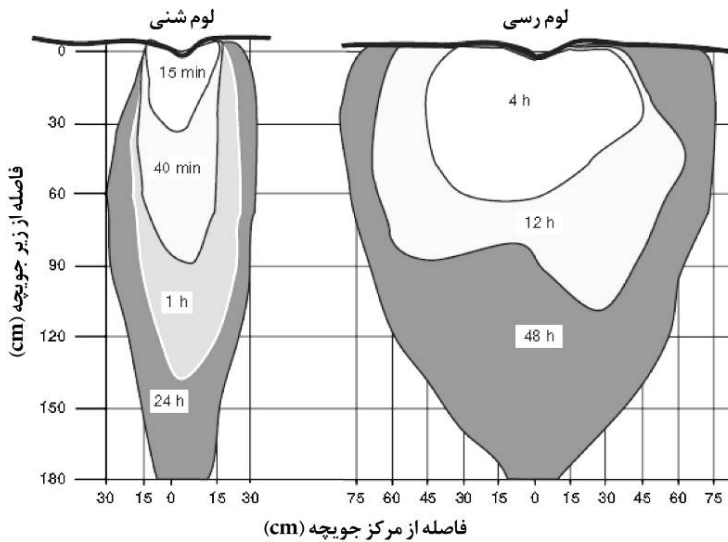
نقطه پژمردگی را می‌توان با کشت تعدادی آفتابگردان در گلدان تعیین نمود. برای این منظور مراحل

زیر در نظر گرفته می‌شود:

- چند بذر گیاه آفتابگردان پاکوتاه در یک گلدان زهکش‌دار کشت گردند؛
- تا حدود ۶ هفته (که گیاه ۴ تا ۶ برگ می‌شود) آبیاری کامل انجام گیرد؛
- سپس، بوته‌ها طوری تنک شوند که در هر گلدان فقط ۲ بوته شاداب و قوی باقی بماند؛
- اکنون، پس از یک آبیاری کامل سطح خاک با ورقه پلاستیک (برای جلوگیری از تبخیر) پوشیده می‌شود؛

جدول ۲-۵. برآورد مصرف‌های رطوبت خاک

| کاهش رطوبت برحسب درصد آب در دسترس | درشت بافت (ثقی) | رطوبت خاک بر اساس احساس لسی (mm/m) | بافت نسبتاً درشت | بافت ریز و خیلی ریز |
|-----------------------------------|---|---|---|---|
| • (ظرفیت زراعی) | وقتی قشرده می‌شود هیچ‌ای از آن خارج نمی‌شود، سطح دست مرطوب خواهد شد | وقتی قشرده می‌شود هیچ‌ای از آن خارج نمی‌شود، دست مرطوب خواهد شد | وقتی قشرده می‌شود هیچ‌ای از آن خارج نمی‌شود، دست مرطوب خواهد شد | وقتی قشرده می‌شود هیچ‌ای از آن خارج نمی‌شود، دست را خیس می‌کند |
| ۰-۲۵ | ذرات خاک به‌سختی به‌هم می‌چسبند، تحت فشار به‌سختی یک گلوله تشکیل می‌شود | یک گلوله ضعیف ایجاد می‌کند که به‌آسانی خرد می‌شود | گلوله ایجادشده شکل پنبه‌ری است و دارای سطح صیقلی و لیز می‌باشد (وقتی ریس زیاد باشد) | به‌آسانی نواری ایجاد می‌شود و وقتی سالیان داده می‌شود سطحی صاف و نرم دارد |
| ۰-۲۰ | خنک به‌نظر می‌رسد، چسبندگی کمی دارد، حتی تحت فشار نیز گلوله ایجاد نمی‌شود | ممکن است با فشردن گلوله ایجاد شود ولی به‌آسانی می‌شکند | گلوله‌های تشکیل می‌شود و حسن خمیری مانند دارد، با فشردن سطح آن صیقلی می‌گردد | گلوله و نوار ایجاد می‌شود |
| ۲-۴۵ | خنک به‌نظر می‌رسد، چسبندگی کمی دارد، حتی تحت فشار نیز گلوله ایجاد نمی‌شود | خنک به‌نظر می‌رسد، گلوله‌های تحت فشار زیاد تشکیل نمی‌شود | گولف خرد می‌شود ولی تحت فشار به‌هم می‌چسبند | شکل پنبه‌ری است و تحت فشار گلوله ایجاد می‌شود |
| ۴-۷۰ | خنک، بدون ساختمان و دانه‌ای است، ازمیان خنک، بدون ساختمان و دانه‌ای است، ازمیان فرو می‌ریزد | خنک و بدون ساختمان است، ازمیان اگمشان فرو می‌ریزد | پودر در می‌آید | سخت، ترک‌خورده، بر روی سطح خرده‌هایی دیده می‌شود |
| ۷۵-۱۰۰ | اگمشان فرو می‌ریزد | ۸۵-۱۰۰ | ۱۲۵-۱۷۰ | ۱۶-۲۱۰ |



شکل ۴-۵ پیاز رطوبتی حاصل از نفوذ آب در گام‌های زمانی متفاوت برای دو خاک لومرسی و لوم‌شنی.

گیاه آب مورد نیاز خود را از خاک گلدان دریافت می‌کند و پس از مدتی علائم پژمردگی (WP) در گیاه ظاهر می‌شود؛

با بروز علائم پژمردگی، گلدان باید در محفظه‌ای با رطوبت بالا قرار گرفته و بهتر است برای جلوگیری از تعرق گیاه روی محفظه با پلاستیک سیاه پوشانیده شود؛

چنانچه پس از مدتی گیاه شادابی خود را بازیافت، گیاه مجدداً در هوای آزاد قرار داده می‌شود؛ به محض بروز دوباره علائم پژمردگی مراحل ۶ و ۷ آنقدر تکرار می‌گردند تا دیگر گیاه شادابی خود را درون محفظه باز نیابد؛

رطوبت خاک در این حالت، برابر با همان حد رطوبتی پژمردگی دائم (PWP) می‌باشد؛ می‌توان با اندازه‌گیری رطوبت خاک گلدان، این حد را معین نمود.

نفوذ آب به خاک

نبود برآورد صحیحی از نفوذ در تنظیم جزئیات آبیاری (دبی فارو، مدت آبیاری، زمان کاهش جریان و ...) هر قطعه منجر به پایین آمدن بازده آبیاری خواهد شد. شکل ۴-۵ تفاوت پیاز رطوبتی حاصل از نفوذ آب در گام‌های زمانی متفاوت برای دو خاک لومرسی و لوم‌شنی را با یکدیگر نشان می‌دهد.

یکی از معادلات برآورد نفوذ تجمعی (Z)، معادله نفوذ کوستیاکوف- لوئیس است. جدول ۳-۵ پارامترهای این معادله را ارائه می‌نماید. در این جدول منظور از \bar{Z} متوسط نفوذ در طول ۱۰۰ متر از فارو با فرض یک متر محیط خیس شده می‌باشد.

$$Z = kt^a + f_0 t \quad (5-1)$$

جدول ۳-۵ پارامترهای کوستیاکوف- لوئیس برای خاک‌های مختلف

| شناسه منحنی | k (m/min) | a (-) | نفوذ نهایی، fo (m/min) | Z _p (m ³ /100m) | بافت خاک |
|-------------|--------------|----------|---------------------------|--|-----------|
| ۰.۰۵ | ۰.۰۰۴۲۶ | ۰.۲۵۸ | ۰.۰۰۰۰۲۲ | ۲ | رس |
| ۰.۱۰ | ۰.۰۰۳۸۳ | ۰.۳۱۷ | ۰.۰۰۰۰۳۵ | ۴ | |
| ۰.۱۵ | ۰.۰۰۳۶۰ | ۰.۳۵۷ | ۰.۰۰۰۰۴۶ | ۵ | |
| ۰.۲۰ | ۰.۰۰۳۴۶ | ۰.۳۸۸ | ۰.۰۰۰۰۵۷ | ۶ | لوم رسی |
| ۰.۲۵ | ۰.۰۰۳۳۷ | ۰.۴۱۵ | ۰.۰۰۰۰۶۸ | ۷ | |
| ۰.۳۰ | ۰.۰۰۳۳۰ | ۰.۴۳۷ | ۰.۰۰۰۰۷۸ | ۸ | |
| ۰.۳۵ | ۰.۰۰۳۲۶ | ۰.۴۵۷ | ۰.۰۰۰۰۸۸ | ۹ | |
| ۰.۴۰ | ۰.۰۰۳۲۳ | ۰.۴۷۴ | ۰.۰۰۰۰۹۸ | ۱۰ | |
| ۰.۴۵ | ۰.۰۰۳۲۱ | ۰.۴۹۰ | ۰.۰۰۰۱۰۷ | ۱۲ | لوم سیلتی |
| ۰.۵۰ | ۰.۰۰۳۲۰ | ۰.۵۰۴ | ۰.۰۰۰۱۱۷ | ۱۳ | |
| ۰.۶۰ | ۰.۰۰۳۲۰ | ۰.۵۲۹ | ۰.۰۰۰۱۳۶ | ۱۵ | |
| ۰.۷۰ | ۰.۰۰۳۲۱ | ۰.۵۵۰ | ۰.۰۰۰۱۵۵ | ۱۷ | |
| ۰.۸۰ | ۰.۰۰۳۲۴ | ۰.۵۶۸ | ۰.۰۰۰۱۷۴ | ۲۰ | |
| ۰.۹۰ | ۰.۰۰۳۲۸ | ۰.۵۸۴ | ۰.۰۰۰۱۹۳ | ۲۲ | لوم شنی |
| ۱.۰۰ | ۰.۰۰۳۳۲ | ۰.۵۹۸ | ۰.۰۰۰۲۱۲ | ۲۵ | |
| ۱.۵۰ | ۰.۰۰۳۶۱ | ۰.۶۴۲ | ۰.۰۰۰۲۸۰ | ۳۵ | شنی |
| ۲.۰۰ | ۰.۰۰۳۹۳ | ۰.۶۷۲ | ۰.۰۰۰۳۳۹ | ۴۵ | |

ترکیب محصولات

منظور از «ترکیب محصولات»، تنوع محصولات کاشته شده می‌باشد. عبارت «تراکم محصولات» نیز بیانگر سهم هر محصول از مساحت مزرعه است. کاشتن ترکیبی از گیاهان، اولاً تضمین کننده پایداری درآمد کشاورزان است، و ثانیاً موجب یک «تناوب زراعی» می‌شود. رعایت تناوب زراعی دو دلیل حائز اهمیت می‌باشد: (۱) مقابله با آفات و علف‌های هرز؛ و (۲) بهبود حاصلخیزی خاک. آیش یا «رها نمودن زمین بدون کشت» می‌تواند به‌طور کامل (رها شدن برای یک سال زراعی) و یا جزئی (رها شدن برای فاصله برداشت تا کاشت بعدی) باشد. در برخی مناطق خشک که حاصلخیزی خاک کم است علاوه بر رعایت تناوب زراعی، با آیش کامل نیز می‌توان حاصلخیزی خاک را بهبود بخشید.

در صورتی که ترکیب و تراکم بهینه محصولات معلوم باشد، آن را «الگوی کشت» می‌نامند و رعایت آن به کشاورزان توصیه می‌شود. تعیین الگوی کشت در هر منطقه براساس: گیاهان سازگار با اقلیم و شرایط محلی، آب قابل دسترس (حجم، کیفیت، نوسانات فصلی)، خاک، بازار و ... است. معمولاً ابزارهای بهینه‌سازی در یافتن الگوی کشت به کار گرفته می‌شوند. بنابراین، الگوی کشت مشخص کننده سطح زیر کشت هر محصول در طول سال زراعی است. در یک مزرعه، دانستن ترکیب محصولات برای تعیین نیاز آبی / آبیاری ضروری می‌باشد.

تبخیر تعرق

مهمترین مؤلفه در آب آبیاری، «تبخیر تعرق» است. در مزرعه، تبخیر از خاک لخت و تعرق از سطوح

گیاهی همزمان وقوع می‌یابد و سنجش جداگانه این دو به آسانی ممکن نیست. عوامل جوی مؤثر در تبخیر تعرق عبارتند از: تشعشع، دما، رطوبت و باد. البته، دوره‌های مختلف رشد گیاه و توسعه اندام هوایی آن نیز در شدت تبخیر تعرق گیاه (ET_c) مؤثراند. «تبخیر از تشت» (E_{pan}) و یا «تبخیر تعرق مرجع» (ET_0)، هر دو معیارهایی برای کمی نمودن اثر عوامل جوی هستند. اما، نقش گیاه و کمبود رطوبت خاک به وسیله ضریب گیاهی (K_c) در محاسبات نیاز آبی دخالت داده می‌شود.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (5-2)$$

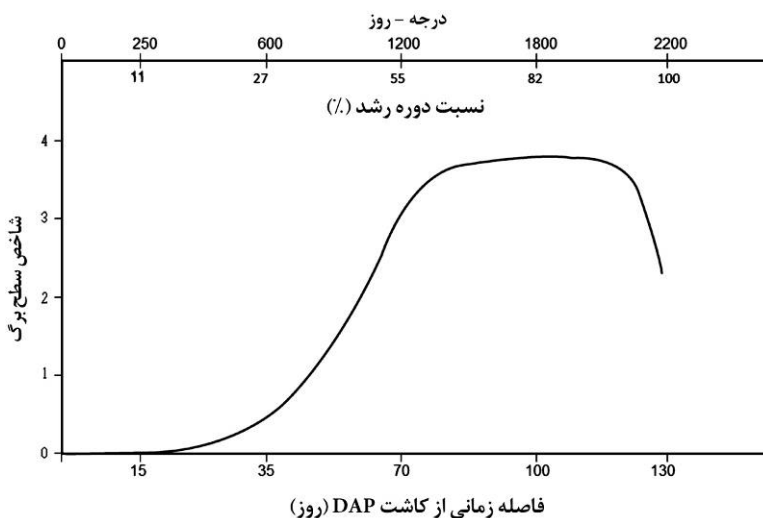
تبخیر تعرق مرجع هم از طریق معادلات مربوطه (پنمن، تورنت وایت، بلانی کریدل، و ...) و هم از تبخیر از تشت قابل برآورد است. وقتی خاک (ناحیه ریشه) آب کافی در اختیار گیاه (شرایط بدون تنش آبی) قرار دهد، تبخیر تعرق گیاه، «پتانسیل» (ET_p) نامیده می‌شود. ولی، در مزرعه ممکن است شرایط خشکی خاک و تنش آبی مکرراً وقوع یابد؛ و لذا تبخیر تعرق «واقعی» (ET_a) گیاه از مقدار پتانسیل انحراف می‌یابد؛ و در چنین شرایطی مقدار K_c بایستی اصلاح گردد. در این بخش روابط و روش‌های برآورد K_c شرح داده می‌شود.

ضریب گیاهی (K_c)

مطابق معادله ۲-۵ ضریب گیاهی عاملی است که «تبخیر تعرق مرجع» و «مقدار واقعی آب مورد استفاده گیاه» را به یکدیگر مرتبط می‌سازد. مقدار این ضریب در شرایط ابتدای دوره رشد (عمق ریشه و پوشش گیاهی کم) کوچک است. به تدریج با رشد پوشش گیاهی، گیاه تشعشعات بیشتری جذب می‌کند و در نتیجه تعرق گیاه افزایش می‌یابد. زمانی که سایه گیاه سطح خاک را کامل بپوشاند ضریب گیاهی تا مقدار «یک» نیز افزایش می‌یابد؛ و در شرایط پتانسیل مقدار واقعی آب مورد استفاده گیاه حتی می‌تواند بیشتر از مقدار استفاده شده توسط گیاه مرجع (معمولاً چمن و یا یونجه) باشد. دلیل این امر، افزایش سطح برگ و افزایش طولی گیاه نسبت به گیاه مرجع است. با ادامه فصل رشد و فرارسیدن مرحله انتهایی مقدار ضریب گیاهی مجدداً کاهش می‌یابد. در واقع، ضریب گیاهی بستگی به عوامل مختلفی دارد که عبارتند از:

دوره رشد و توسعه پوشش گیاهی: از شاخص سطح برگ ($Leaf Area Index: LAI$) برای تشریح توسعه پوشش گیاهی استفاده می‌شود. شاخص سطح برگ در واقع نسبت سطح برگ گیاهان به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده است، می‌باشد. شکل ۵-۵ تغییرات LAI و تأثیر آن را بر ضریب گیاهی نشان می‌دهد. مطابق شکل طی نیمه اول دوره رشد گیاه، LAI افزایش می‌یابد. پس از وقوع پوشش مؤثر (آغاز دوره میانی)، رشد پوشش گیاهی بسیار کند می‌شود. با بالغ شدن گیاه و شروع برگ‌ریزی، مقدار این شاخص کاهش می‌یابد.

سطح مرطوب خاک: بارندگی و یا آبیاری، موجب ایجاد سطح مرطوب خاک شده و لذا باعث افزایش نرخ تبخیر از سطح خاک می‌شوند. بنابراین، تواتر بیشتر وقایع باران / آبیاری موجب افزایش K_c می‌شود.



شکل ۵-۵ تغییر LAI در طول دوره رشد.

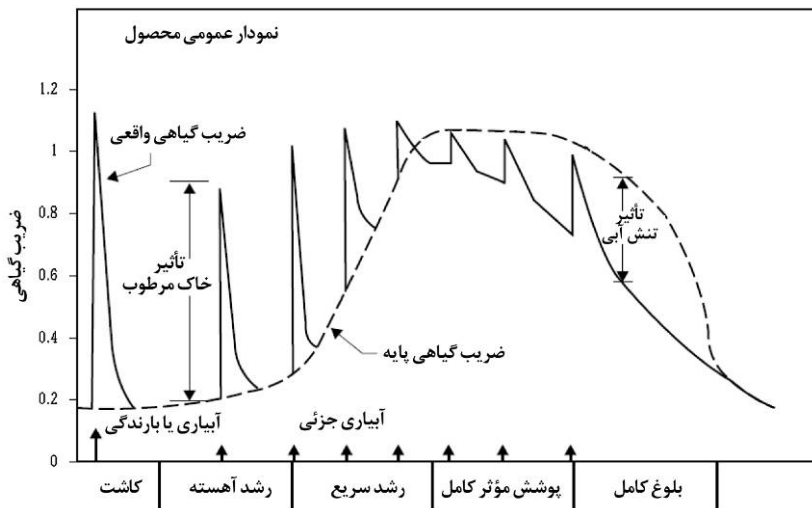
تنش آبی: دسترسی گیاه به آب مؤثرترین عامل بر نرخ تعرق گیاه است. زمانی که به گیاه تنش آبی وارد می‌شود (عدم دسترسی گیاه به آب کافی)، نرخ تبخیر تعرق کاهش می‌یابد. رفتار گیاه تحت تنش آبی بسیار پیچیده می‌باشد.

مقادیر ضریب گیاهی استاندارد برای محاسبه نیاز آبی (ET_c) گیاه، با توجه به وضعیت عوامل فوق کاهش / افزایش می‌یابند. تأثیر عوامل مؤثر بر ضریب گیاهی در شکل ۶-۵ مقادیر اندازه‌گیری شده ET_c (واقعی) در یک لایسیمتر نشان داده شده است. منحنی خط چین، روند رشد تعرق گیاه را متناسب با رشد LAI نشان می‌دهد. قله‌ها نشان‌دهنده رشد شدید تبخیر از سطح خاک بلافاصله پس از هر واقعه باران / آبیاری هستند. کوچک شدن ارتفاع این قله‌ها در طول فصل رشد متناسب با رشد پوشش گیاهی (کاهش سطح تبخیر از خاک) می‌باشد. از میانه فصل رشد، به گیاه تنش آبی وارد شده و باعث کاهش تعرق گیاه گردیده است. این موضوع باعث انحراف تعرق واقعی از تعرق پتانسیل (خط چین) گردیده است. مدل ارائه شده در معادله ۲-۵ قادر به بیان این نوسانات تبخیر تعرق واقعی نیست. در حالی که، مشخص نمودن حد بهینه «کم آبیاری» و برآورد اثرات آن، نیازمند تعیین تأثیر تنش آبی بر تبخیر تعرق و نیز بر تولید محصول است. به همین دلیل، مدل دیگری (معادله ۳-۵) با ضریب گیاهی دو گانه ($Dual K_c$) توسعه یافته است که در زیر تشریح شده است.

در مدل ضریب گیاهی دو گانه، از دو جزء مجزا برای محاسبه تبخیر تعرق استفاده شده است و معادله آن به صورت زیر است:

$$ET_c = (K_{cb}K_s + K_e)ET_0 \quad (5-3)$$

که در آن؛ ET_c تبخیر تعرق گیاه، K_{cb} ضریب گیاهی پایه (تعرق)، K_s فاکتور تأثیر تنش آبی بر تعرق، K_e



شکل ۵-۶ تأثیر عوامل مؤثر (دوره رشد و توسعه پوشش گیاهی، سطح مرطوب خاک و تنش آبی) بر ضرب گیاهی.

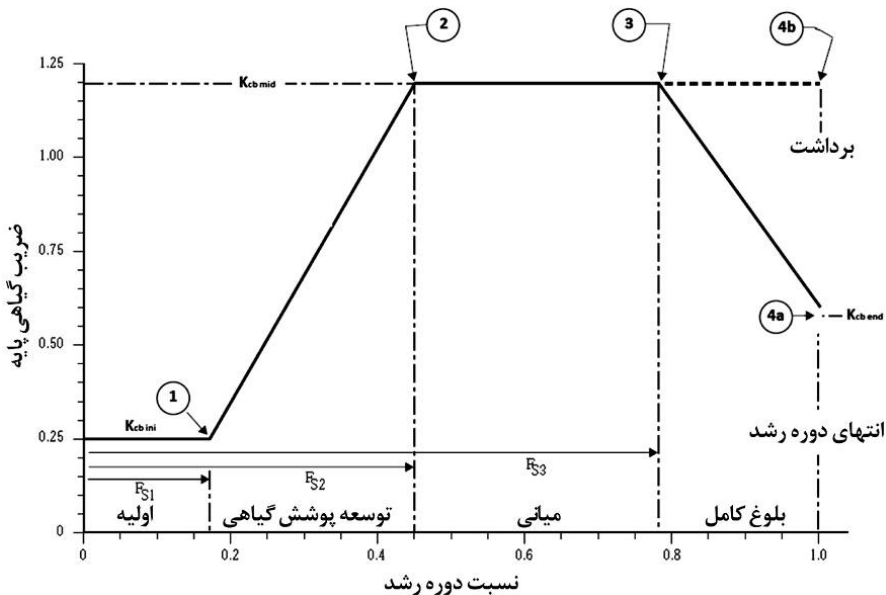
ضرب تبخیر از سطح خاک مرطوب و ET_0 همان تبخیر تعرق گیاه مرجع می‌باشند. در ادامه، روش‌های تعیین این ضرایب و فاکتور K_s تشریح می‌گردند.

طول دوره رشد گیاهان تابع دریافت انرژی تابشی خورشید (فتوستنز) و تکمیل فرایندهای فیزیولوژیک گیاه است. کاشت گیاهان در مناطق مختلف و یا در تاریخ کشت‌های مختلف موجب تغییر میزان تشعشع دریافتی و لذا طول دوره رشد می‌گردد. بهترین روش برای تعیین طول دوره رشد محاسبه درجه-روز (Growing Degree Day: GDD) در محل کاشت با توجه به تاریخ کشت می‌باشد. در این متن از نسبت F_S (طول دوره رشد مورد نظر به کل دوره رشد) استفاده شده است. از حاصلضرب این نسبت در کل طول دوره رشد، زمان تا انتهای هر دوره مشخص می‌شود. همچنین، نسبت F_S می‌تواند براساس درجه روز، از تقسیم مجموع درجه روز تا مرحله مورد نظر بر کل درجه روز مورد نیاز گیاه تا بلوغ کامل نیز محاسبه شود. $(F_S = GDD_i / GDD_t)$

تعیین ضریب گیاهی پایه (K_{cb})

ضریب گیاهی پایه مشابه ضریب گیاهی K_c بوده که اثر تبخیر از سطح خاک در آن لحاظ نگردیده است. مطابق شکل ۷-۵ برای تعیین آن دانستن چهار نقطه (مشخص شده در منحنی مورد نظر) کافی است.

نقطه (۱): نقطه شروع توسعه پوشش گیاهی می‌باشد. در این نقطه دانستن مقدار «ضریب گیاهی پایه ابتدایی» ($K_{cb\ ini}$) نیاز به تعیین F_{S1} (نسبت طول دوره رشد ابتدایی نسبت به کل دوره رشد) دارد؛
 نقطه (۲): زمانی است که پوشش به اندازه پوشش مؤثر شود. در این نقطه مقدار ضریب گیاهی پایه بیشینه می‌باشد. برای نقطه دوم هر دو مقدار «ضریب گیاهی پایه میانی» ($K_{cb\ mid}$) و F_{S2} نیاز می‌باشد؛



شکل ۵-۷ ضریب گیاهی پایه برای محصول ذرت در محیط خشک.

نقطه (۳): زمانی که گیاه به مرحله بلوغ می‌رسد. تنها مقدار F_{S3} برای این نقطه مورد نیاز می‌باشد زیرا مقدار ضریب گیاهی پایه در این نقطه همان «ضریب گیاهی پایه میانی» می‌باشد؛ و

نقطه (۴): مطابق شکل، دو حالت برای این نقطه وجود دارد. مکان 4a نشان‌دهنده گیاهی است که قبل از برداشت شروع به برگ‌ریزی می‌کند. برای تعیین این نقطه (مرحله بلوغ کامل) مقدار «ضریب گیاهی پایه انتهای» ($K_{cb\ end}$) باید تعیین شود. در مقابل، اگر گیاه قبل از دوره بلوغ برداشت شود مقدار ضریب گیاهی تا مرحله برداشت در همان مقدار بیشینه ثابت می‌ماند (نقطه 4b).

جدول ۴-۵ مقادیر ضرایب گیاهی پایه مراحل میانی و انتهایی (mid, end) را برای برخی محصولات نشان می‌دهد. جدول ۵-۵ نیز راهنمایی برای برآورد این ضرایب در مراحل ابتدایی (ini)، میانی و انتهایی براساس مقادیر K_c است. همچنین، جدول ۶-۵ نحوه تعیین ضریب گیاهی پایه را برای هر روز از دوره رشد ارائه می‌نماید.

فاکتور تأثیر تنش آبی بر تعرق (K_s)

تأثیر کمی تنش آبی بر نرخ تبخیر تعرق را می‌توان به کمک فاکتور K_s محاسبه نمود. محاسبه K_s براساس تخلیه رطوبت خاک نسبت به کل آب قابل دسترس در منطقه توسعه ریشه گیاه (Total Available Water: TAW) می‌باشد. در واقع، همان قابلیت نگهداری آب خاک (قابل استفاده گیاه) است؛ و مقدار آن برابر با فاصله ظرفیت زراعی تا نقطه پژمردگی دائم می‌باشد:

جدول ۴-۵ مقادیر ضرایب گیاهی پایه برخی محصولات.

| بلوغ کامل روز | نسبت فصلی برای شروع مراحل | | | ضریب گیاهی | | | | اقلیم | محصول |
|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|---------------|
| | F _{S3} | F _{S2} | F _{S1} | باد شدید | | باد کم | | | |
| | | | | K _{cb end} | K _{cb mid} | K _{cb end} | K _{cb mid} | | |
| ۳۱۰-۳۶۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۳۳ | ۰٫۱۳ | ۰٫۲۵ | ۱٫۱۰ | ۰٫۲۵ | ۱٫۰۵ | مرطوب | جو |
| | | | | ۰٫۲۰ | ۱٫۲۰ | ۰٫۲۰ | ۱٫۱۵ | خشک | |
| ۷۰-۹۰ | ۰٫۸۹ | ۰٫۵۶ | ۰٫۲۲ | ۰٫۸۵ | ۰٫۹۵ | ۰٫۸۵ | ۰٫۹۵ | مرطوب | لوبیا سبز |
| | | | | ۰٫۹۰ | ۱٫۰۵ | ۰٫۹۰ | ۱٫۰۰ | خشک | |
| ۱۰۰-۱۵۰ | ۰٫۸۳ | ۰٫۵۰ | ۰٫۲۰ | ۰٫۷۵ | ۱٫۰۵ | ۰٫۷۰ | ۱٫۰۰ | مرطوب | هویج |
| | | | | ۰٫۸۵ | ۱٫۱۵ | ۰٫۸۰ | ۱٫۱۰ | خشک | |
| ۱۲۰-۲۱۰ | ۰٫۸۹ | ۰٫۴۰ | ۰٫۱۵ | ۰٫۹۵ | ۱٫۰۵ | ۰٫۹۰ | ۱٫۰۰ | مرطوب | کرفس |
| | | | | ۱٫۰۵ | ۱٫۱۵ | ۱٫۰۰ | ۱٫۱۰ | خشک | |
| ۱۸۰-۱۹۵ | ۰٫۷۵ | ۰٫۴۳ | ۰٫۱۵ | ۰٫۶۵ | ۱٫۱۵ | ۰٫۶۵ | ۱٫۰۵ | مرطوب | پنبه |
| | | | | ۰٫۷۰ | ۱٫۲۵ | ۰٫۶۵ | ۱٫۲۰ | خشک | |
| ۹۰-۱۲۰ | ۰٫۸۵ | ۰٫۴۷ | ۰٫۱۹ | ۰٫۷۰ | ۰٫۹۰ | ۰٫۷۰ | ۰٫۹۰ | مرطوب | خیار |
| | | | | ۰٫۸۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۹۵ | خشک | |
| ۱۵۰-۱۶۵ | ۰٫۷۵ | ۰٫۳۵ | ۰٫۱۵ | ۰٫۳۰ | ۱٫۱۰ | ۰٫۳۰ | ۱٫۰۵ | مرطوب | حبوبات |
| | | | | ۰٫۲۵ | ۱٫۲۰ | ۰٫۲۵ | ۱٫۱۵ | خشک | |
| ۷۰-۱۴۰ | ۰٫۹۰ | ۰٫۶۳ | ۰٫۲۶ | ۰٫۹۰ | ۰٫۹۵ | ۰٫۹۰ | ۰٫۹۵ | مرطوب | کاهو |
| | | | | ۱٫۰۰ | ۱٫۰۵ | ۰٫۹۰ | ۱٫۰۰ | خشک | |
| ۱۲۰-۱۶۰ | ۰٫۸۵ | ۰٫۵۰ | ۰٫۲۰ | ۰٫۶۵ | ۱٫۱۰ | ۰٫۶۵ | ۱٫۱۰ | مرطوب | هندوانه |
| | | | | ۰٫۷۵ | ۱٫۲۰ | ۰٫۷۵ | ۱٫۱۵ | خشک | |
| ۱۵۰-۲۱۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۶ | ۰٫۱۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۹۵ | ۰٫۷۵ | ۰٫۹۵ | مرطوب | پیاز |
| | | | | ۰٫۸۵ | ۱٫۱۰ | ۰٫۸۰ | ۱٫۰۵ | خشک | |
| ۱۰۰-۱۵۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۴۵ | ۰٫۲۰ | ۰٫۷۰ | ۱٫۱۰ | ۰٫۷۰ | ۱٫۰۵ | مرطوب | سیب‌زمینی |
| | | | | ۰٫۷۵ | ۱٫۲۰ | ۰٫۷۵ | ۱٫۱۵ | خشک | |
| ۱۱۰-۱۴۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۴۲ | ۰٫۱۶ | ۰٫۵۰ | ۱٫۰۵ | ۰٫۵۰ | ۱٫۰۰ | مرطوب | سورگم |
| | | | | ۰٫۵۵ | ۱٫۱۵ | ۰٫۵۵ | ۱٫۱۰ | خشک | |
| ۱۵۰-۱۸۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۴۰ | ۱٫۰۰ | ۰٫۷۰ | ۰٫۷۰ | ۰٫۷۰ | ۰٫۷۰ | مرطوب | توت‌فرنگی |
| | | | | ۰٫۸۵ | ۰٫۸۵ | ۰٫۸۰ | ۰٫۸۰ | خشک | |
| ۱۰۰-۱۳۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۴۵ | ۰٫۱۷ | ۰٫۴۰ | ۱٫۱۰ | ۰٫۴۰ | ۱٫۰۵ | مرطوب | آفتابگردان |
| | | | | ۰٫۳۵ | ۱٫۲۰ | ۰٫۳۵ | ۱٫۱۵ | خشک | |
| ۱۲۰-۱۸۰ | ۰٫۸۰ | ۰٫۵۰ | ۰٫۲۰ | ۰٫۸۵ | ۱٫۱۰ | ۰٫۸۵ | ۱٫۰۵ | مرطوب | گوجه‌فرنگی |
| | | | | ۰٫۹۰ | ۱٫۲۵ | ۰٫۹۰ | ۱٫۲۰ | خشک | |
| ۱۲۰-۱۵۰ | ۰٫۷۵ | ۰٫۳۳ | ۰٫۱۳ | ۰٫۲۵ | ۱٫۱۰ | ۰٫۲۵ | ۱٫۰۵ | مرطوب | گندم، زمستانه |
| | | | | ۱٫۲۰ | ۱٫۲۰ | ۰٫۲ | ۱٫۱۵ | خشک | |

جدول ۵-۵ راهنمای برآورد ضرایب گیاهی پایه (K_{cb}) برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی (براساس K_c)

| مرحله رشد | شرایط زمین و آبیاری | ضریب گیاهی پایه |
|-----------|--------------------------------------|---------------------------|
| اولیه | گیاهان یک‌ساله - سطح لخت خاک | ۰٫۱۵ |
| | گیاهان دائمی - سطح لخت خاک | ۰٫۱۵ - ۰٫۲۰ |
| | چمن‌زار - درختان (پس از فصل یخبندان) | ۰٫۳۰ - ۰٫۴۰ |
| | گیاهان دائمی با پوشش برگ روی زمین: | |
| | درختان، آبیاری با تواتر کم | K _{c ini} - 0/1 |
| | گل و سبزیجات، آبیاری مکرر | K _{c ini} - 0/2 |
| میانی | پوشش زمین بیش از ۸۰٪ | K _{c mid} - 0/05 |
| | پوشش زمین کمتر از ۸۰٪ (سبزیجات) | K _{c mid} - 0/10 |
| انتهایی | آبیاری یا باران با تواتر کم | K _{c end} - 0/05 |
| | آبیاری یا باران مکرر | K _{c end} - 0/10 |

جدول ۵-۶ تعیین ضریب گیاهی پایه در طول دوره رشد.

| نام دوره | زمان | ضریب گیاهی |
|------------|-------------------------------|--|
| ابتدایی | $0 \leq F_s \leq F_{s1}$ | $K_{cb\ ini}$ |
| توسعه گیاه | $F_{s1} \leq F_s \leq F_{s2}$ | $K_{cb\ ini} + (K_{cb\ mid} - K_{cb\ ini}) \times \left(\frac{F_s - F_{s1}}{F_{s2} - F_{s1}}\right)$ |
| میانی | $F_{s2} \leq F_s \leq F_{s3}$ | $K_{cb\ mid}$ |
| بلوغ کامل | $F_{s3} \leq F_s \leq 1$ | $K_{cb\ mid} - (K_{cb\ mid} - K_{cb\ end}) \times \left(\frac{F_s - F_{s1}}{1 - F_{s2}}\right)$ |

$$TAW = R_d \frac{\theta_{fc} - \theta_{pwp}}{100} \quad (5-4)$$

که در آن R_d عمق توسعه ریشه گیاه بر حسب متر و مقادیر θ_{pwp} و θ_{fc} بر حسب درصد می‌باشد. مقدار آب باقی‌مانده در منطقه توسعه ریشه (در دسترس گیاه) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$AW = R_d \frac{\theta_v - \theta_{pwp}}{100} \quad (5-5)$$

که در آن θ_v درصد رطوبت موجود در خاک می‌باشد. نسبت (%) آب باقی‌مانده و قابل دسترس از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$ASW = \frac{AW}{TAW} \times 100 \quad (5-6)$$

بدیهی است که ASW بین صفر ($\theta_v = \theta_{pwp}$) و یک ($\theta_v = \theta_{fc}$) تغییر می‌کند. اکنون، K_s به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$K_s = \begin{cases} \frac{ASW}{ASW_c} & ASW < ASW_c \\ 1 & ASW \geq ASW_c \end{cases} \quad (5-7)$$

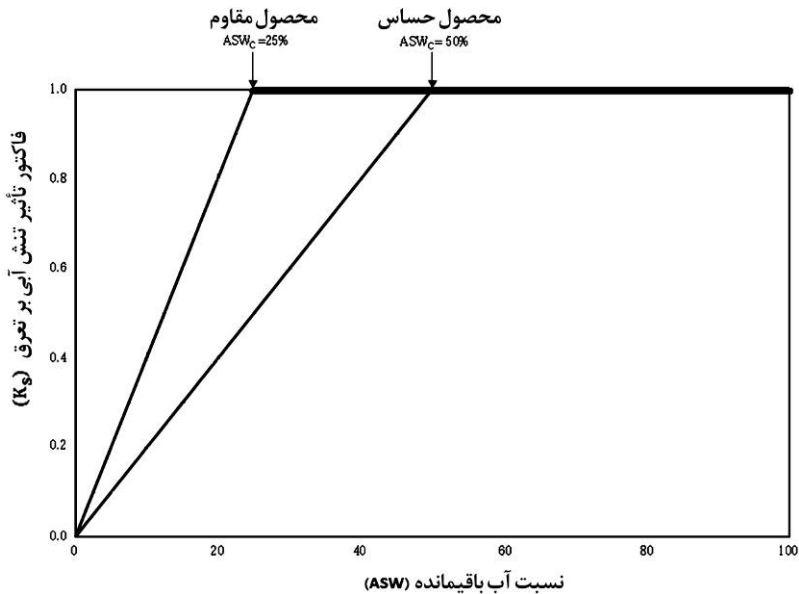
مقدار بحرانی «نسبت آب باقی‌مانده» (ASW_c) تابع حساسیت محصول نسبت به خشکی است؛ و مقدار آن از ۲۵٪ در گیاهان مقاوم به خشکی تا ۵۰٪ در گیاهان حساس به خشکی تغییر می‌نماید (شکل ۵-۸).

تبخیر از سطح خاک مرطوب (K_e)

تبخیر از سطح خاک مرطوب تحت تأثیر مواردی مانند: توسعه پوشش گیاهی، انرژی در دسترس برای تبخیر آب و خصوصیات هیدرولیکی خاک، قرار می‌گیرد. فاکتور تبخیر از سطح خاک مرطوب (K_e) با استفاده از رابطه زیر قابل تعیین می‌باشد:

$$K_e = F_w (1 - K_{cb}) f(t) \quad (5-8)$$

که در آن F_w بیانگر نسبت سطح خاک مرطوب به کل سطح مزرعه است و بسته به نوع سیستم آبیاری متفاوت می‌باشد (جدول ۵-۷)؛ و $f(t)$ ضریب کاهش تبخیر از سطح خاک به تناسب کاهش رطوبت خاک



شکل ۵-۸ توابع مورد استفاده به منظور کاهش تبخیر تعرق بر اساس درصد رطوبت خاک.

جدول ۵-۷ نسبت سطح خاک مرطوب به کل سطح مزرعه.

| Fw | روش |
|------|---------------------------------|
| ۱٫۰ | بارندگی |
| ۱٫۰ | آبیاری بارانی بالای اندام گیاهی |
| ۰٫۵ | سیستم LEPA (یک درمیان) |
| ۱٫۰ | نواری و کرتی |
| ۱٫۰ | آبیاری جویچه‌ای |
| ۱٫۰ | عمق آبیاری زیاد |
| ۰٫۵ | عمق آبیاری کم |
| ۰٫۵ | عمق آبیاری زیاد (یک درمیان) |
| ۰٫۲۵ | آبیاری قطره‌ای (موضعی) |

است که به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$f(t) = 1 - \sqrt{\frac{t}{t_d}} \quad (5-9)$$

که در آن t زمان سپری شده از آبیاری یا بارندگی (روز) و t_d زمان مورد نیاز برای خشک شدن سطح خاک (روز) می‌باشد. بدیهی است همواره $t \leq t_d$ است؛ و در غیر این صورت مقدار $f(t)$ برابر صفر (تبخیر صورت نمی‌گیرد) می‌باشد. جدول ۵-۸ مقادیر این تابع را برای بافت خاک‌های مختلف نشان می‌دهد.

ضریب گیاهی متوسط (K_v)

در یک دوره مشخص برای پرهیز از محاسبات اضافی می‌توان از ضریب گیاهی متوسط آن دوره استفاده

جدول ۵-۸ مقادیر $f(t)$ برای بافت خاک‌های مختلف خاک.

| شماره | رس | | | | | زمان سپری شده از آبیاری یا بارندگی (t) |
|-------|------|------|------|------|------|--|
| | ۱۰ | ۷ | ۵ | ۴ | ۳ | |
| ۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۰ |
| ۱ | ۰,۶۸ | ۰,۶۲ | ۰,۵۵ | ۰,۵۰ | ۰,۴۲ | ۱ |
| ۲ | ۰,۵۵ | ۰,۴۷ | ۰,۳۷ | ۰,۲۹ | ۰,۱۸ | ۲ |
| ۳ | ۰,۴۵ | ۰,۳۵ | ۰,۲۳ | ۰,۱۳ | ۰,۰۰ | ۳ |
| ۴ | ۰,۳۷ | ۰,۲۴ | ۰,۱۱ | ۰,۰۰ | | ۴ |
| ۵ | ۰,۲۹ | ۰,۱۵ | | | | ۵ |
| ۶ | ۰,۲۳ | ۰,۰۷ | | | | ۶ |
| ۷ | ۰,۱۶ | ۰,۰۰ | | | | ۷ |
| ۸ | ۰,۱۱ | | | | | ۸ |
| ۹ | ۰,۰۵ | | | | | ۹ |
| ۱۰ | ۰,۰۰ | | | | | ۱۰ |

کرد. ضریب گیاهی متوسط باید شامل ضریب گیاهی پایه و تأثیرات تبخیر از خاک مرطوب باشد. مقدار این ضریب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K_a = \overline{K_s} \overline{K_{cb}} + \overline{K_e} \quad (5-10)$$

برای تخمین ضریب گیاهی متوسط، تبخیر از سطح خاک مرطوب باید تخمین زده شود. بدین منظور برای بارندگی می‌توان از تحلیل دوره بازگشت استفاده کرد؛ و برای آبیاری تواتر آن ملاک محاسبه است. مقدار میانگین فاکتور تبخیر از سطح خاک مرطوب را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$\overline{K_e} = F_w (1 - \overline{K_{cb}}) A_f \quad (5-11)$$

که در آن A_f میانگین «ضریب کاهش تبخیر از سطح خاک» ($f(t)$) است:

$$A_f = \sum_{t=0}^{R_f-1} \left(\frac{1 - \sqrt{\frac{t}{t_d}}}{R_f} \right) \quad (5-12)$$

که در آن R_f دوره بازگشت روزهای مرطوب (برای آبیاری: عکس فاصله آبیاری)، t_d زمان مورد نیاز برای خشک شدن سطح خاک (روز) می‌باشند. لذا بر این اساس مقدار ضریب گیاهی متوسط از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

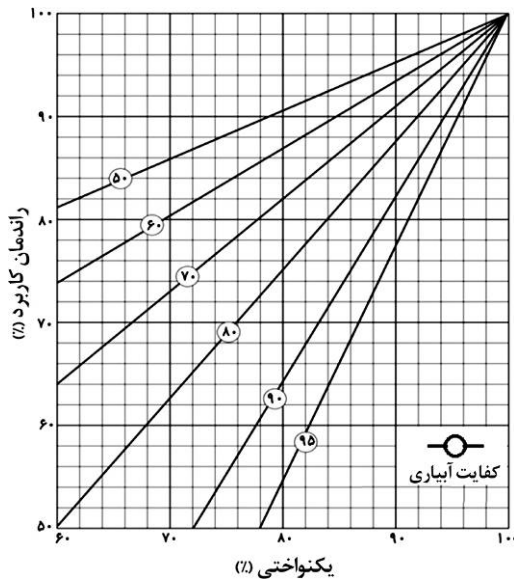
$$K_a = \overline{K_s} \overline{K_{cb}} + F_w (1 - \overline{K_{cb}}) A_f \quad (5-13)$$

بازده، یکنواختی و کفایت آبیاری

بهره‌وری آب کشاورزی، حاصل تقسیم فواید آبیاری (محصول، درآمد، اشتغال، ...) به آب مصرف شده برای آبیاری است. در تعریف، بهره‌وری حاصل اندرکنش کارایی آبیاری و اثربخشی مدیریت آبیاری است. اثربخشی، عمدتاً تابع مدیریت آبیاری در شبکه (برنامه زمانی آبیاری، به‌ویژه تحویل به‌موقع و کافی

جدول ۹-۵ بازده آبیاری قابل حصول تحت سیستم‌های مختلف آبیاری.

| نوع سیستم | بازده ایده‌آل (%) | نوع سیستم | بازده ایده‌آل (%) |
|---------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| کرتی | ۸۰ | شیاری (تراز) | ۷۵ |
| نواری (شیدار با رواناب) | ۸۵ | شیاری کوچک | ۷۵ |
| نواری (کم‌شیب/ته‌بسته) | ۹۰ | قطره‌ای | ۹۰-۸۵ |
| نواری (روی خط تراز) | ۸۰ | بارانی (متحرک دستی) | ۸۵-۶۵ |
| نواری (نهرچه روی خط تراز) | ۵۰ | قرقره‌ای و بوم | ۷۵-۶۰ |
| جریان دائمی غرقابی | ۸۵ | سنتریوت - خطی | ۹۰-۷۵ |
| غرقابی | ۸۰ | ثابت با حرکت جانبی | ۸۰-۷۰ |
| شیاری (شیدار سنتی) | ۷۵ | LEPA | ۹۳-۸۰ |
| شیاری (مکانیزه) | ۸۵ | زیر درختی باغ | ۹۳-۸۰ |



شکل ۹-۵ ارتباط میان یکنواختی، کفایت و بازده برای سیستم‌های آبیاری سطحی.

آب به کشاورز) می‌باشد. اما، کارایی تابع مدیریت آبیاری در مزرعه و چگونگی بازده، یکنواختی و کفایت آبیاری در قطعات می‌باشد.

تنظیم همزمان بازده، یکنواختی و کفایت آبیاری از وظایف مدیر مزرعه است، و نقش مهمی در بهبود بهره‌وری آب دارد. در عمل برای بسیاری از سیستم‌های آبیاری، امکان تنظیم برابر این پارامترها وجود ندارد. در شکل ۹-۵، ارتباط میان یکنواختی، کفایت و بازده برای سیستم آبیاری سطحی نمایش داده شده است. جدول ۹-۵ نیز بازده آبیاری قابل حصول برای سیستم‌های مختلف آبیاری را ارائه نموده است.

تعیین نیاز آبیاری بر مبنای بیلان آب

برآورد نیاز آبیاری فصلی نقش مهمی در برنامه‌ریزی آبیاری، طراحی سیستم‌های آبیاری، تخصیص آب به

کشاورزان و نیز در مدیریت آبیاری تحت شوری دارد. در نبود مشکل شوری، معادله بیلان می‌تواند برای محاسبه عمق نیاز خالص آبیاری به کار گرفته شود:

$$F_n = ET_c - P_e - GW - \Delta SW \quad (5-14)$$

که در آن F_n نیاز خالص آبیاری، ET_c تبخیرتعرق گیاه، P_e بارش مؤثر، GW آب زیرسطحی مورد استفاده گیاه، ΔSW تغییرات رطوبت خاک در طول فصل. براساس این معادله با گام‌های زمانی روزانه، هفتگی، ده روزه، و یا ماهانه می‌توان نیاز خالص آبیاری را محاسبه نمود. بدیهی است نیاز ناخالص آبیاری (F_g) با کسر باران مؤثر از نیاز خالص و تقسیم حاصل بر بازده کاربرد به دست می‌آید. مراحل انجام محاسبات برای تعیین نیاز خالص آبیاری با گام ماهانه، در زیر تشریح شده است (در صورت وجود مشکل شوری و نیاز به آبتی، مراحل انجام محاسبات متفاوت است):

- گردآوری داده‌های لازم. این داده‌ها عبارتند از: بافت خاک، عمق آب زیر سطحی (در صورت وجود شرایط ایستابی)، سیستم آبیاری، عمق مرسوم آبیاری در هر نوبت، بازده کاربرد، آستانه تخلیه مجاز رطوبتی (MAD)، فاصله آبیاری، زمان کاشت و برداشت، ضرایب گیاهی، بارندگی ماهانه، تبخیرتعرق مرجع ماهانه، و فاصله تقریبی بارندگی‌ها در هر ماه؛

- محاسبه تبخیرتعرق گیاه، با استفاده از ضریب گیاهی متوسط (معادله ۱۳-۵)، برای هر ماه
 $(ET_c = K_a ET_0)$ ؛

- برآورد بارش مؤثر در هر ماه (از هر روش مناسب: تجربی (FAO، SCS، USBR)؛

- در صورت وجود شرایط ایستابی، محاسبه آب وارد شده به منطقه ریشه از آب زیرسطحی؛

- تخمین نقش رطوبت خاک در تأمین نیاز آبیاری؛

- محاسبه نیاز خالص آبیاری از معادله بیلان.

علاوه بر تأمین نیاز آبیاری فصلی، شبکه آبیاری بایستی قادر به تأمین آب مورد نیاز مزرعه در دوره پیک مصرف گیاهان باشد. بنابراین داشتن تخمینی از هیدرومدول شبکه (لیتر بر ثانیه بر هکتار، $\frac{Q}{A}$) برای دوره پیک مصرف ضروری است. هیدرومدول کانال درجه ۴ به شرح زیر قابل محاسبه است:

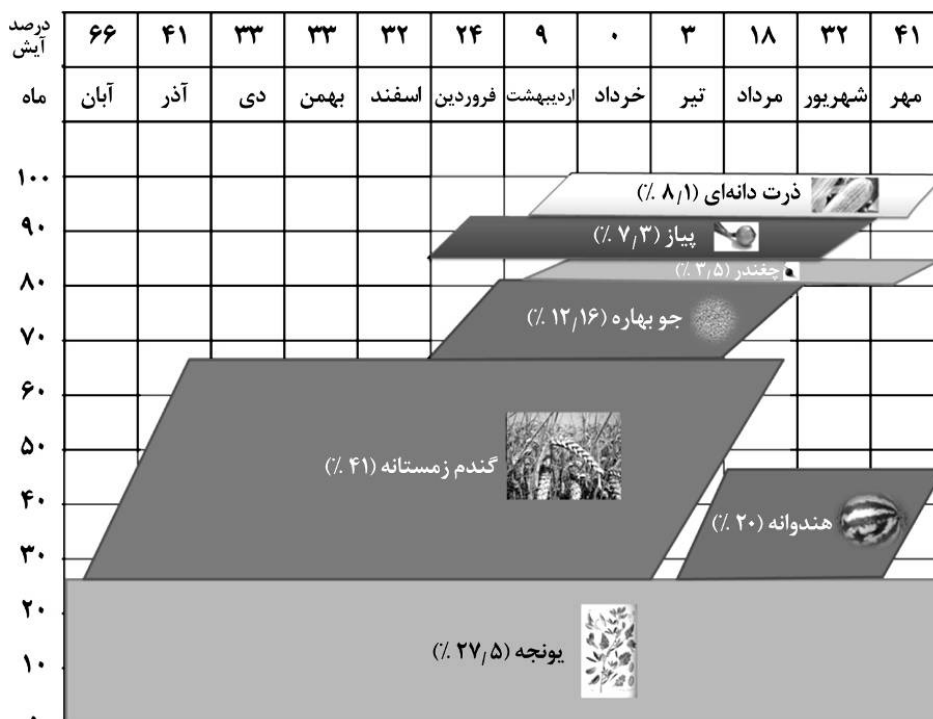
$$Q.t = F_g.A \rightarrow \frac{Q}{A} = \frac{F_g}{t} \quad (5-15)$$

که در آن: A سطح آبخور قطعه زراعی، t مدت آبیاری قطعه، F_g نیاز ناخالص آبیاری، و Q دبی آب تحویلی به قطعه (ظرفیت کانال درجه ۴ در نقطه تحویل) می‌باشد. همچنین، در صورتی که ساعت توزیع آب کمتر از ۲۴ ساعت در شبانه روز باشد، بایستی اثر آن نیز در محاسبات منظور گردد:

$$C_f = \frac{\sum Q}{T_{on}} \quad (5-16)$$

۲۴

در این معادله C_f ظرفیت شبکه در نقطه تحویل به مزرعه، و T_{on} تعداد ساعت کارکرد شبکه در شبانه



شکل ۱۰-۵ ترکیب و تراکم محصولات کشت شده.

روز است. برای محاسبه ظرفیت شبکه در کانال‌های درجه ۳ (C_{N3}) و یا اصلی، بایستی علاوه بر در نظر گرفتن مجموع نیازهای آبی مزارعی که همزمان آبیاری می‌شوند، بازده انتقال و توزیع (E_c) را نیز لحاظ نمود:

$$C_{N3} = \frac{\sum C_f}{E_c} \quad (5-17)$$

مثال. در منطقه‌ای یک شبکه‌ی آبیاری وجود دارد که مساحت اراضی آبخور آن حدود ۲۲۳۵ هکتار می‌باشد. از این مقدار صرفاً ۲۱۰۹ هکتار آن قابل کشت می‌باشد. در یک سال زراعی معین مقرر است تا اراضی به شرح نمایش داده شده در شکل ۱۰-۵ (ترکیب و تراکم محصولات کشت شده) تحت کشت قرار گیرند.

توجه شود که جمع سطوح محصولات کشت شده ۱۲۰٪ می‌باشد. دلیل آن کشت هندوانه پس از برداشت گندم می‌باشد. البته، همانگونه که در شکل ۱۰-۵ نمایش داده شده در هیچ‌یک از ماه‌های سال جمع اراضی تحت کشت بیش از ۱۰۰٪ نمی‌تواند باشد. برای مثال در آبان ماه صرفاً گندم (تازه کشت شده، ۴۱٪) و یونجه (۲۷/۵٪) روی زمین وجود داشته، یعنی جمعاً ۶۸/۵٪ تحت کشت و بقیه اراضی آیش (۳۱/۵٪ بعد از اتمام کاشت گندم) می‌باشند، یا در خردادماه تمامی زمین زیرکشت بوده و هیچ

جدول ۱۰-۵ مربوط به مثال.

| محصول | سطح کشت شده | | تاریخ کاشت | | دوره رشد | | تاریخ برداشت | |
|--------------|-------------|------|-------------|----------|----------|-------------|--------------|----|
| | هکتار | درصد | از | تا | هکتار | از | تا | تا |
| هندوانه | ۴۳۸ | ۲۰ | ۱۵ تیر | ۱۵ آبان | ۱۰۵ | ۱۵ آبان | ۱۵ آبان | |
| گندم زمستانه | ۸۶۴ | ۴۱ | ۱۵ آبان | ۱۵ مرداد | ۲۴۰ | ۱۵ مرداد | ۱۵ شهریور | |
| جو بهاره | ۲۶۶ | ۱۲٫۶ | ۱ فروردین | ۱ شهریور | ۱۴۰ | ۱۵ شهریور | ۱ مهر | |
| چغندر | ۷۳ | ۳٫۵ | ۱۵ اردیبهشت | ۱ آبان | ۱۵۰ | ۱۵ آبان | ۱ آذر | |
| ذرت دانه‌ای | ۱۷۰ | ۸٫۱ | ۱۵ اردیبهشت | ۱ آبان | ۱۵۰ | ۱۵ اردیبهشت | ۱ خرداد | |
| یونجه | ۵۸۱ | ۲۷٫۵ | ۱۵ اردیبهشت | ۱ آبان | ۳۶۵ | ۱۵ اردیبهشت | ۱ خرداد | |
| پیاز | ۱۵۵ | ۷٫۳ | ۱ فروردین | ۱۵ مهر | ۱۸۰ | ۱۵ مهر | ۱ آبان | |
| کل | ۲۵۴۷ | ۱۲۰ | | | | | | |

جدول ۱۱-۵ نیاز آبی محصولات و براساس آن هیدرومدول‌های شبکه.

| ردیف | محصول | درصد کشت | نیاز آبی دوره رشد (ماهانه) برحسب میلی‌متر | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------------|----------|---|----------|-------|------|-------|--------|-----|------|-----|----|------|-------|----|
| | | | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | |
| ۱ | هندوانه | ۲۰ | ۳۵ | ۹۸ | ۱۸۰ | ۲۱۵ | ۵۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۲ | گندم زمستانه | ۴۱ | ۹۶ | ۱۴۴ | ۱۰۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۳ | جو بهاره | ۱۲٫۶ | ۹۶ | ۱۴۱ | ۵۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۴ | چغندر | ۳٫۵ | ۲۲ | ۵۰ | ۱۳۳ | ۲۳۹ | ۲۲۸ | ۲۲۸ | ۱۷۶ | ۸۶ | ۲۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۵ | ذرت دانه‌ای | ۸٫۱ | ۰ | ۱۴ | ۷۳ | ۲۲۸ | ۲۲۲ | ۲۲۲ | ۱۳۳ | ۱۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۶ | یونجه | ۲۷٫۵ | ۷۲ | ۱۰۵ | ۱۴۲ | ۱۷۱ | ۱۵۵ | ۱۲۲ | ۱۷۰ | ۳۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۹ | ۳۶ | ۰ |
| ۷ | پیاز | ۷٫۳ | ۴۴ | ۱۰۷ | ۱۸۰ | ۲۲۳ | ۱۸۸ | ۱۸۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| | تراکم کشت شده محصولات | ۷۶ | ۸۲۲۳ | ۱۳۵۹ | ۱۴۹۴ | ۱۳۳۱ | ۹۲۵ | ۹۲۵ | ۵۰۵ | ۵۰۹ | ۱۴۱ | ۹۴ | ۸۱ | ۱۲۹ | ۶۸ |
| | نیاز آبی ترکیب محصولات | | | | | | | | | | | | | | |

درصدی به آیش اختصاص ندارد.

اگر کانال‌های آبرسان (انتقال و توزیع) حتی در شرایط پیک نیاز آبی از هر ۱۰ روز، ۹ روز مورد بهره‌برداری قرار گیرند (یعنی یک روز آزاد برای تعمیرات و نیز برای جبران وقوع خرابی‌های احتمالی شبکه در هر ده روز منظور شده باشد)؛ ضریب ظرفیت کانال‌ها برابر ۰٫۹ خواهد بود.

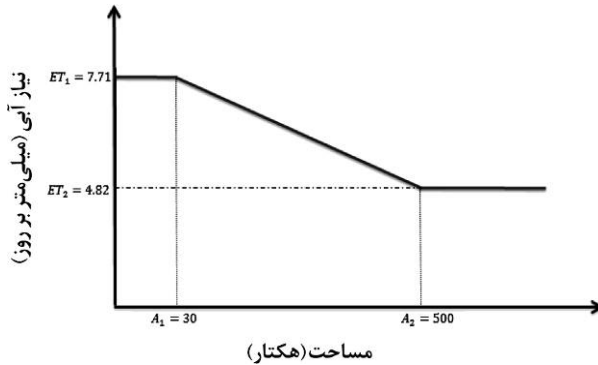
از جدول ۱۱-۵، ۲ مقدار درمدیریت آبیاری در محدوده‌های مختلف شبکه مورد نیاز است.

حداکثر مقدار نیاز آبی برای تک‌محصول (ET_1): بیشترین مقدار نیاز آبی یک محصول (بزرگترین عدد درون جدول در مقابل ردیف‌های ۱ تا ۷) است و در مثال فوق برابر ۲۳۹ میلی‌متر (و یا ۷٫۷۱ میلی‌متر بر روز) برای محصول چغندر قند در تیر ماه می‌باشد.

حداکثر مقدار نیاز آبی برای ترکیب محصولات (ET_2): بیشترین مقدار نیاز آبی ترکیب محصولات (سطر آخر جدول) در مثال فوق متعلق به خرداد ماه بوده و برابر ۱۴۹٫۴ میلی‌متر (و یا ۴٫۸۲ میلی‌متر بر روز) می‌باشد.

علاوه بر این، در این شبکه با توجه به اندازه مالکیت‌های اراضی دو حد معین معرفی می‌گردد:

(الف) A_1 برابر ۳۰ هکتار: وسعتی که در مساحت‌های کمتر از آن ممکن است فقط یک رقم محصول کشت شود.



شکل ۱۱-۵ مربوط به مثال.

جدول ۱۲-۵ مربوط به مثال

| مساحت آبخور (ha) | نیاز آبی (mm/day) | هیدرومدول (l/s/ha) | دبی (l/s) |
|------------------|-------------------|--------------------|-----------|
| ۱۰۰۰ | ۴٫۸۲ | ۰٫۵۶ | ۵۰۴ |
| ۴۰۰ | ۵٫۳۱ | ۰٫۶۱ | ۲۲۰ |
| ۲۰ | ۷٫۷۱ | ۰٫۸۹ | ۱۶ |

(ب) A_2 برابر 500 هکتار: وسعتی که در مساحت‌های بیشتر از آن ترکیب و تراکم محصولات رعایت می‌گردد.

حال با داشتن ET_1 ، ET_2 ، A_1 و A_2 شکل ۱۱-۵ ترسیم می‌گردد. براساس این شکل، در هر نقطه از امتداد کانال‌های شبکه می‌توان با داشتن مساحت اراضی آبخور آن (ارضی که از این کانال آب دریافت می‌دارند) هیدرومدول و سپس دبی کانال را تعیین نمود (یادآوری: ضریب ظرفیت کانال 0.9 می‌باشد). دبی‌های مندرج در جدول ۱۲-۵، مقادیر خالص مورد نیاز مزارع هستند. بدیهی است که تلفات آب در مسیر کانال‌ها بایستی به آن اضافه گردد.

این محاسبات (و کنترل) برای آنکه نیاز آبی از ظرفیت موجود کانال تجاوز ننماید ضروری است. در صورت تجاوز بایستی ترکیب و تراکم کشت به جهت کاهش دبی مورد نیاز (Q_{req}) تغییر نماید و یا ضریب ظرفیت کانال افزایش یابد. برای مثال، در شرایطی که فقط یک یا دو هفته دبی مورد نیاز از حد ظرفیت کانال کمی تجاوز می‌کند، ممکن است برای این مدت کوتاه ضریب ظرفیت کانال را برابر یک (انتقال دائم آب) قرار دهیم؛ که البته توأم با ریسک می‌باشد.

کاهش ظرفیت شبکه براساس بیلان رطوبتی خاک

در روش قبل ظرفیت سیستم براساس عرضه آب به مقدار بیشینه ET_c صورت گرفت. اما، بعید به نظر می‌رسد که در تمامی طول دوره رشد نیاز آبیاری برابر مقدار بیشینه ET_c باشد؛ بلکه صرفاً در دوره بسیار کوتاهی نیاز در این حد خواهد بود. در طول این دوره کوتاه و بحرانی، ممکن است مقداری از آب مورد

نیاز محصول از طریق رطوبت باقی‌مانده در خاک تأمین شود. بنابراین، این روش می‌تواند تقاضای آبیاری مزرعه و لذا مقدار ظرفیت شبکه را کاهش دهد.

در این روش برای کاهش ظرفیت شبکه از مدیریت تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) استفاده می‌شود. در واقع، MAD نشانگر حدی از تخلیه رطوبت خاک است که تا آن حد گیاه دچار تنش آبی نمی‌شود. اگر نگهداری رطوبت خاک در دوره کمبود (بحرانی) بالاتر از این حد (MAD)، مبنای طراحی شبکه آبیاری باشد، ظرفیت شبکه کاهش خواهد یافت. نمونه‌ای از تأثیر ظرفیت خالص شبکه بر کاهش رطوبت خاک (در دوره کمبود) و اهمیت مدیریت تخلیه رطوبتی طی دوره رشد در شکل ۱۲-۵ نشان داده شده است.

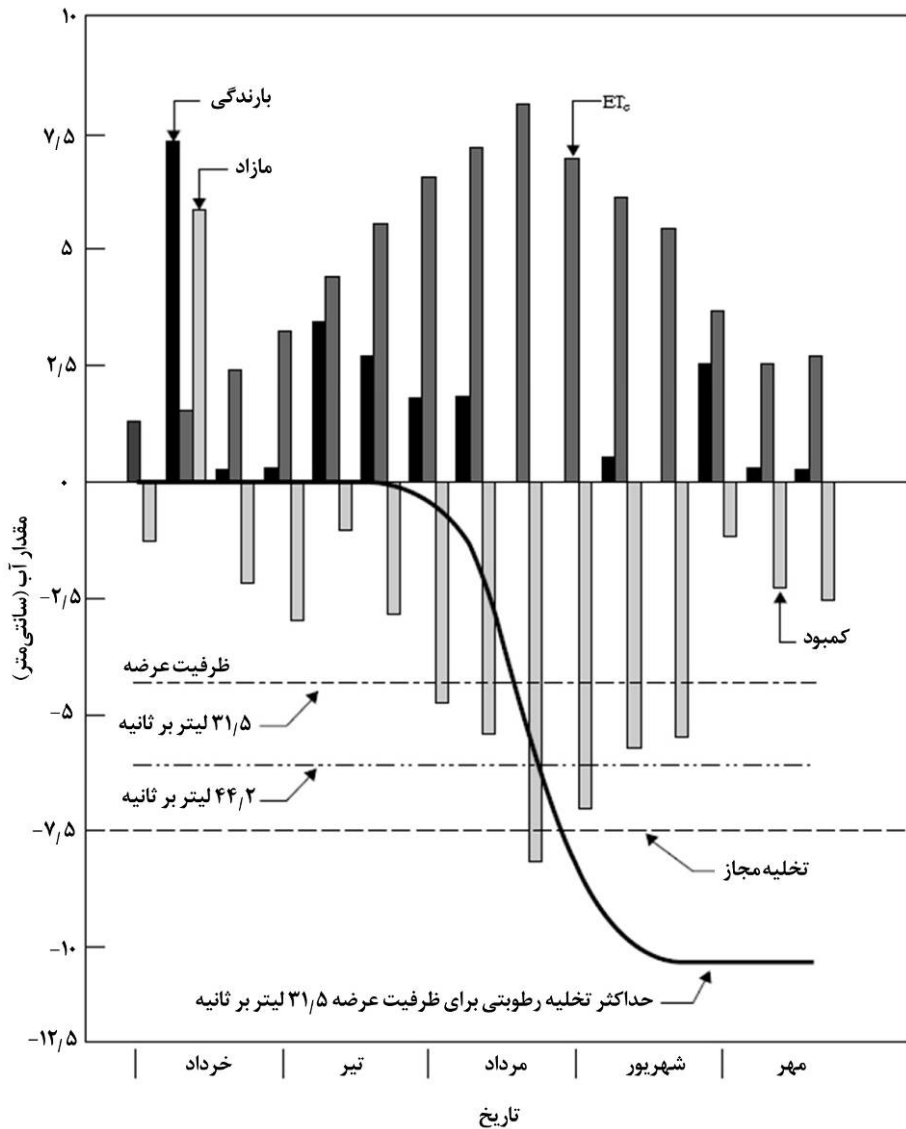
داده‌های شکل ۱۲-۵ مربوط به یک مزرعه ۵۲٫۶۱ هکتاری با بازده کاربرد آبیاری ۸۵٪ بوده و برای دوره‌های ده روزه ارائه شده است. مقدار MAD برای خاک و محصول مزرعه برابر ۷٫۵ سانتی‌متر است. از اواسط خرداد ET_c از بارندگی فزونی می‌یابد. بنابراین مقادیر منفی رطوبت خاک (که حاصل تفاضل این دو کمیت می‌باشند) پدیدار می‌شوند که نشان‌دهنده کاهش رطوبت خاک می‌باشند. در میانه مردادماه بیشترین کاهش رطوبت وقوع می‌یابد. برای جبران این کاهش‌های رطوبتی بایستی مزرعه آبیاری شود. یک آبیاری کامل بایستی در بحرانی‌ترین دهه کمبود (معادل ۸٫۳ سانتی‌متر) را تأمین نماید (به روش قبل)؛ که با توجه به بازده و مساحت مزرعه، تأمین این مقدار نیازمند ظرفیت شبکه (دبی) برابر با ۶۰ لیتر بر ثانیه است. برای کاهش ظرفیت شبکه براساس بیلان رطوبت خاک، از طریق سعی و خطا «حداقل ظرفیت مجاز شبکه» که از تنش آبی به گیاه جلوگیری می‌نماید تعیین می‌شود.

سعی اول؛ با فرض ظرفیت شبکه برابر با ۳۱٫۵ لیتر بر ثانیه: کاهش تجمعی رطوبت خاک تحت این دبی آبیاری، در شکل با یک منحنی نمایش داده شده است. همان‌طور که مشهود است، در اواخر مرداد کمبود رطوبتی از حد مجاز (MAD) عبور نموده و گیاه تحت تنش آبی جدی قرار می‌گیرد. نتیجه اینکه این ظرفیت شبکه کافی نمی‌باشد.

سعی دوم؛ با فرض ظرفیت شبکه معادل ۴۴٫۲ لیتر بر ثانیه: در این حالت کاهش تجمعی رطوبت خاک بالغ بر ۳٫۱ سانتی‌متر می‌گردد؛ که این مقدار کاملاً قابل قبول است. ادامه سعی و خطا، پاسخ دقیق‌تری را (حدود ۳۸ لیتر بر ثانیه) به‌دست خواهد داد.

یک مقایسه ساده نشان می‌دهد که با این روش ظرفیت شبکه می‌تواند تا ۳۷٪ در این مثال کاهش یابد. صرفه‌جویی حاصل، ناشی از کوچک شدن اندازه شبکه و مخارج کمتر برای آب، بسیار بیشتر از ۳۷٪ خواهد بود. امروزه، برای انجام اینگونه امور از محاسبات رایانه‌ای استفاده می‌شود.

برای انتخاب ظرفیت شبکه باید عوامل مختلفی را در نظر گرفت. برای مثال، چاهی با قدرت پمپاژ ۷۵٫۷۱ لیتر بر ثانیه نصب شده است. عمق سطح استاتیک چاه (قبل از آغاز پمپاژ) ۹٫۱۴ متر و به‌ازای هر متر عمیق‌تر شدن سطح آب در چاه (هنگام پمپاژ) دبی چاه ۶٫۲۳ لیتر بر ثانیه افزایش می‌یابد. برای آبیاری یک چهارم مزرعه، با فرض ظرفیت نگهداشت آب در عمق ریشه (آب در دسترس) برای این قسمت برابر با ۹



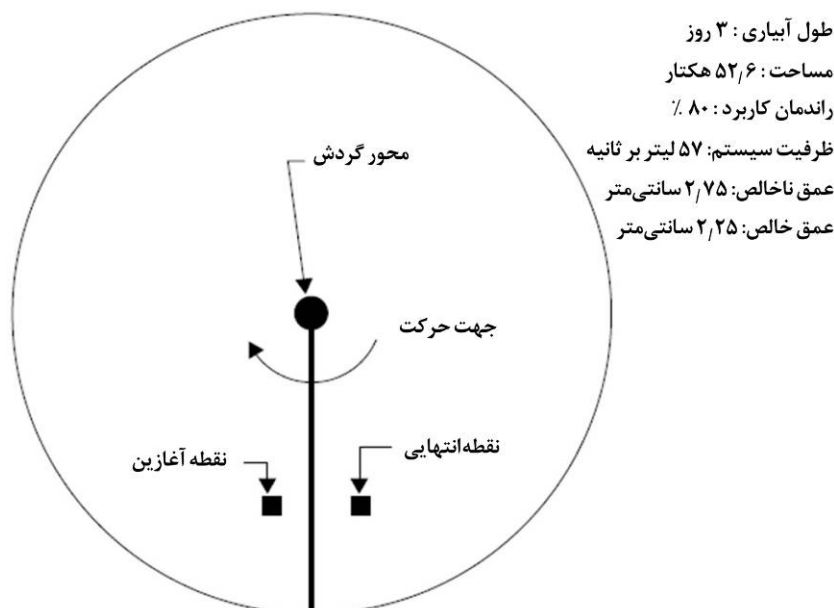
شکل ۱۲-۵ تأثیرات ظرفیت ناخالص شبکه بر کمبود رطوبتی خاک و الگوی تخلیه مجاز در طول دوره رشد.

سانتی متر نتایج جدول ۱۳-۵ حاصل می‌گردد. در این جدول تفاوت‌های دو استراتژی («زودترین زمان» در مقابل «دیرترین زمان») در تدوین برنامه زمانی آبیاری نشان داده شده است. مزیت‌های استراتژی «زودترین زمان» عبارتند از: هزینه اولیه پایین و عدم نیاز به تقاضای برق زیاد (کنسور ارزان‌تر). در مقابل؛ مزایای استراتژی «دیرترین زمان» عبارتند از: کاهش مصرف فصلی آب و همچنین مصرف کمتر برق (به دلیل ساعات کمتر بهره‌برداری از پمپ).

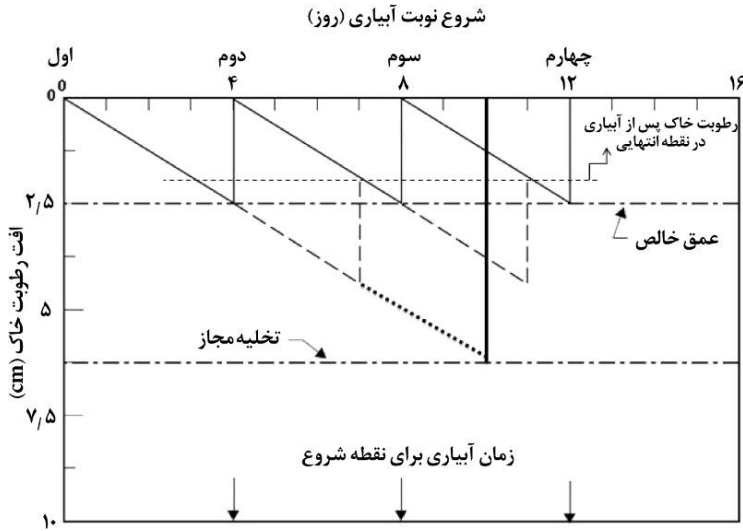
جدول ۱۳-۵ تأثیر استراتژی‌های «زودترین و دیرترین زمان» در آبیاری مزرعه؛ بر ظرفیت شبکه و نیز بر سایر کارایی کارکردها.

| ظرفیت شبکه | زودترین زمان | دیرترین زمان |
|--|------------------------|------------------------|
| ظرفیت طراحی براساس سطح اطمینان ۹۰٪ | ۰,۵۶۵ سانتی‌متر بر روز | ۰,۵۶۵ سانتی‌متر بر روز |
| ظرفیت شبکه براساس بازده کاربرد ۸۵٪ و بدون خاموشی | ۴۱,۳ لیتر بر ثانیه | ۴۸,۶ لیتر بر ثانیه |
| بار کل دینامیکی ۳,۵ اتمسفر | ۵۵۵۳,۵ سانتی‌متر | ۵۶۷۲,۳ سانتی‌متر |
| توان مورد نیاز برای پمپاژ آب (hp) | ۳۰,۰ | ۳۶,۱ |
| اسب بخار مورد نیاز چرخش پمپ (با بازده ۷۵٪) | ۴۰,۰ | ۴۸,۱ |
| عمق آب آبیاری: | | |
| خالص | ۱۱,۸ | ۹,۶ |
| ناخالص | ۱۳,۸ | ۱۱,۳ |
| ساعات کارکرد شبکه (توزیع آب) | ۱۲۳۸ | ۸۶۱ |
| انرژی مصرف شده (kW.hr) | ۳۶۹۴۲ | ۳۰۸۹۲,۵ |

زمان مورد نیاز برای تحویل عمق آب آبیاری ناخالص به مزرعه بایستی در محاسبات به‌نحوی لحاظ شود تا از ایجاد تنش به گیاه جلوگیری گردد. این زمان، تابع عمق آبیاری ناخالص و ظرفیت شبکه می‌باشد. برای مثال برای یک سیستم سنتریوت با دور آبیاری ۴ روزه، در موقعیت شروع آبیاری (نقطه آغازین) مطابق شکل ۱۳-۵ می‌باشد. اگر طول مدت هر نوبت آبیاری سه روز فرض شود، فاصله آبیاری از نقطه آغازین سه روز قبل از آبیاری آخرین نقطه (یعنی موقعیت انتهایی سیستم) خواهد بود. به دلیل فاصله سه‌روزه آغاز و انتهای آبیاری (و سه روز تبخیر تعرق بیشتر) میزان کاهش رطوبت خاک (درست قبل از آبیاری) در نقطه انتهایی بیشتر از نقطه آغازین می‌باشد (شکل ۱۴-۵).



شکل ۱۳-۵ سیستم سنتریوت و موقعیت نقاط آغازین و انتهایی در آن.



شکل ۱۴-۵ کاهش رطوبتی خاک در نقطه آغازین (خط پر) و نقطه انتهایی (خط چین).

برای سیستم‌های ستریپوت و یا برای هر سیستم آبیاری که به صورت متناوب و با زمان آبیاری (مدت تحویل آب) زیاد کار می‌نماید، بهتر است بیان رطوبتی جداگانه برای نقطه آغازین و انتهایی در نظر گرفته شود. بدین ترتیب، با ترکیب زمان مورد نیاز برای آبیاری مزرعه و پیش‌بینی میزان کاهش رطوبتی برای هر دو نقطه، می‌توان زمان آغاز آبیاری را به نحوی تعیین نمود تا از تنش آبی و نفوذ عمقی، هر دو، جلوگیری گردد. این دامنه براساس زودترین (عدم نفوذ) و دیرترین زمان (عدم تنش) آبیاری تعیین می‌شود.

مطابق شکل ۱۴-۵ نفوذ عمق خالص به منطقه ریشه باستی در فاصله بین زودترین زمان تا دیرترین زمان وقوع یابد. براساس دیرترین زمان، انتهای آبیاری باید قبل از روز دهم باشد. در غیر این صورت کاهش رطوبت خاک از حد مجاز عبور خواهد نمود (نقطه چین). همچنین، براساس زودترین زمان، آغاز آبیاری دوم (اولین آبیاری در روز صفر بوده است) باید پس از روز چهارم باشد. زیرا، در غیر این صورت ظرفیت نگهداشت خاک جای کافی برای دریافت ۲٫۵ سانتی‌متر آبیاری خالص نداشته و نفوذ عمقی وقوع خواهد یافت. مثال زیر نمونه‌ای از «فرایند تعیین برنامه زمانی» و ارتباط آن با «آب مصرفی گیاه» (Consumptive Use: CU) را نشان می‌دهد.

مثال: براساس داده‌های زیر زودترین و دیرترین زمان آبیاری را محاسبه کنید. با این فرض که سیستم در شروع آبیاری در نقطه آغازین باشد.

| | | |
|--|-----------------------------------|---|
| دور آبیاری (t): ۷۲ ساعت | تخلیه مجاز: ۵۰٪ | کاهش رطوبتی موجود: ۱٫۲۵ سانتی‌متر |
| راندمان کاربرد (E _a): ۸۰٪ | ظرفیت سیستم (Q): ۵۷ لیتر بر ثانیه | آب در دسترس (AW): ۱۲٫۵ سانتی‌متر بر متر |
| نرخ ET _c پیش‌بینی شده: ۶٫۲۵ میلی‌متر بر روز | سطح مزرعه (A): ۵۲٫۶ هکتار | عمق ریشه کنونی (Z): ۱٫۲۲ متر |

حل:

$$\begin{aligned} \text{عمق ناخالص} &= \frac{Q \times t}{453 \times A} = 2,75 \text{ cm} \\ \text{عمق خالص آبیاری} &= \text{عمق ناخالص} \times E_a = 2,75 \times 0,8 = 2,25 \text{ cm} \\ \text{عمق مجاز} &= AW \times Z \times MAD = 12,5 \times 1,22 \times 0,5 = 7,62 \text{ cm} \end{aligned}$$

| نقطه انتهایی | نقطه آغازین | محاسبات برای زودترین زمان |
|--------------|-------------|--|
| ۲,۲۵ | ۲,۲۵ | ۱ عمق خالص (سانتی‌متر) |
| ۱,۲۵ | ۱,۲۵ | ۲ کاهش رطوبتی موجود (سانتی‌متر) |
| ۱,۰۰ | ۱,۰۰ | ۳ آب باقی‌مانده قابل استفاده (سانتی‌متر) |
| ۶,۲۵ | ۶,۲۵ | ۴ نرخ ETC پیش‌بینی شده (میلی متر بر روز) |
| ۲ | ۲ | ۵ فاصله تا تجاوز کمبود از عمق خالص (روز) |
| ۳ | ۰ | ۶ فاصله از آغاز دور آبیاری (روز) |
| -۱ | ۲ | ۷ زودترین زمان برای آبیاری (روز) |

بنابراین، اگر قرار است به محض فراهم شدن جای کافی برای ذخیره عمق خالص آبیاری (۲,۲۵ سانتی‌متر) در خاک آبیاری تکرار شود، زودترین زمان آبیاری ۲ روز از این لحظه (امروز=روز صفر) می‌باشد. اگر مزرعه زودتر آبیاری شود، نفوذ عمقی در نقطه آغازین رخ می‌دهد.

| نقطه انتهایی | نقطه آغازین | محاسبات برای دیرترین زمان |
|--------------|-------------|--|
| ۷,۵ | ۷,۵ | ۱ عمق خالص (سانتی‌متر) |
| ۱,۲۵ | ۱,۲۵ | ۲ کاهش رطوبتی موجود (سانتی‌متر) |
| ۶,۲۵ | ۶,۲۵ | ۳ آب باقی‌مانده قابل استفاده (سانتی‌متر) |
| ۶,۲۵ | ۶,۲۵ | ۴ نرخ ETC پیش‌بینی شده (میلی متر بر روز) |
| ۱۰ | ۱۰ | ۵ فاصله تا تجاوز کمبود از عمق خالص (روز) |
| ۳ | ۰ | ۶ فاصله از آغاز دور آبیاری (روز) |
| ۷ | ۱۰ | ۷ زودترین زمان برای آبیاری (روز) |

اگر قرار است در نقطه انتهایی کمبود رطوبت خاک از کمبود مجاز تجاوز ننماید، دیرترین زمان آبیاری ۷ روز از این لحظه می‌باشد. اگر آبیاری با کمی تأخیر شروع گردد، قبل از اینکه سیستم به موقعیت پایانی برسد، این موقعیت (موقعیت پایانی) خشک‌تر از تخلیه مجاز خواهد شد.

تعیین زمان آبیاری

برنامه زمانی آبیاری بر روی عملکرد محصول، مقدار آب مورد نیاز و مقدار باران مؤثر تأثیر می‌گذارد. آبیاری اضافی و/یا زهکشی نمک‌ها را از منطقه توسعه ریشه می‌شوید؛ ولی موجب تخلیه مواد مغذی و آلاینده‌ها از محیط ریشه به منابع آب نیز می‌گردد. کم آبیاری مدیریت شده موجب افزایش بهره‌وری می‌شود، اما در صورت بروز تنش اضافی موجب کاهش شدید عملکرد خواهد گشت. تنش ملایم در اوایل دوره رویشی موجب تسریع رشد ریشه و دستیابی گیاه به رطوبت خاک در اعماق بیشتر می‌شود. اعمال «تنش موقت» به محصولات علوفه‌ای موجب کاهش تولید ماده خشک طی دوره تنش شده و گیاه با

از بین رفتن تنش مجدداً رشد طبیعی خود را باز می‌یابد. در هر حال مقدار کل تولید ماده خشک نسبت به پتانسیل تولیدی کاهش می‌یابد. در سایر گیاهان که محصول خاص مانند دانه، غده یا میوه دارند؛ بسته به زمان وقوع «تنش موقت»، ممکن است محصول گیاه صدمه جدی ببیند. روش‌های مختلف تدوین برنامه زمانی آبیاری اغلب بر استفاده از مقادیر آستانه برای پارامترها یا شاخص‌های منتخب تکیه دارند. پارامترهای آستانه‌ای انتخاب شده ممکن است بسته به مرحله‌ی رشد گیاه، از نیاز تبخیری، محدودیت تحمل گیاه به شوری، محدودیت‌های سیستم تأمین آب آبیاری، تا پیش‌بینی‌های وضع آب و هوا تغییر کنند. برخی از این موارد در ادامه معرفی می‌شوند.

آستانه تخلیه مجاز مدیریتی^۱ (MAD)

تخلیه مجاز رطوبتی رایج‌ترین معیار برای زمان‌بندی آبیاری است. این معیار نسبتی از ظرفیت نگهداری آب در دسترس (قابل استفاده) گیاه در منطقه ریشه را بیان می‌کند که تخلیه رطوبت (در فواصل هر دو آبیاری متوالی) تا این حد موجب کندی رشد گیاه نمی‌گردد. درجه واقعی تنش آب تحت تأثیر «وضعیت جوی» و «وضعیت رطوبتی خاک» قرار دارد. بنابراین «MAD» به‌طور دقیق قابل تعریف نیست. برای مثال حتی در حالی که رطوبت خاک نزدیک FC بوده باشد، در یک بعدازظهر بسیار گرم ممکن است علائم پژمردگی در گیاهان مشاهده شود؛ لذا در این حالت آستانه تحمل تنش آبی (MAD) بسیار کمتر از مقدار متوسط می‌باشد. برعکس، با وجود رطوبت پایین خاک، در یک روز ابری و مرطوب ممکن است در گیاه هیچ نشانه‌ای از تنش آبی مشاهده نگردد. مقادیر تقریبی تخلیه مجاز در جدول ۱۴-۵ آورده شده‌اند. این مقادیر برای شرایط $ET = 5 \text{ mm/day}$ بوده و برای حالات دیگر بایستی به کمک شکل ۱۵-۵ تصحیح گردند. در واقع، MAD نشانگر و معیاری است که براساس آن بایستی تصمیم آبیاری اتخاذ گردد. دانستن رطوبت خاک برای این کار ضروری است و به دلیل تغییرپذیری مکانی، ممکن است پایش نقاط متعدد برای معرفی شرایط متوسط مزرعه لازم باشد. برای سنجش یا برآورد رطوبت خاک راه‌های بسیاری وجود دارد. یکی از این روش‌ها برآورد رطوبت خاک از روی مکش ماتریک خاک است. وسایل متعددی برای سنجش پتانسیل ماتریک (از جمله تانسومتر، بلوک گچی و ...) وجود دارند. در هر حال، برآورد رطوبت خاک براساس مکش اندازه‌گیری شده و با کمک منحنی رطوبتی خاک صورت می‌گیرد. نمونه‌هایی از منحنی رطوبتی برای چند نوع بافت خاک در شکل ۱۶-۵ نشان داده شده است.

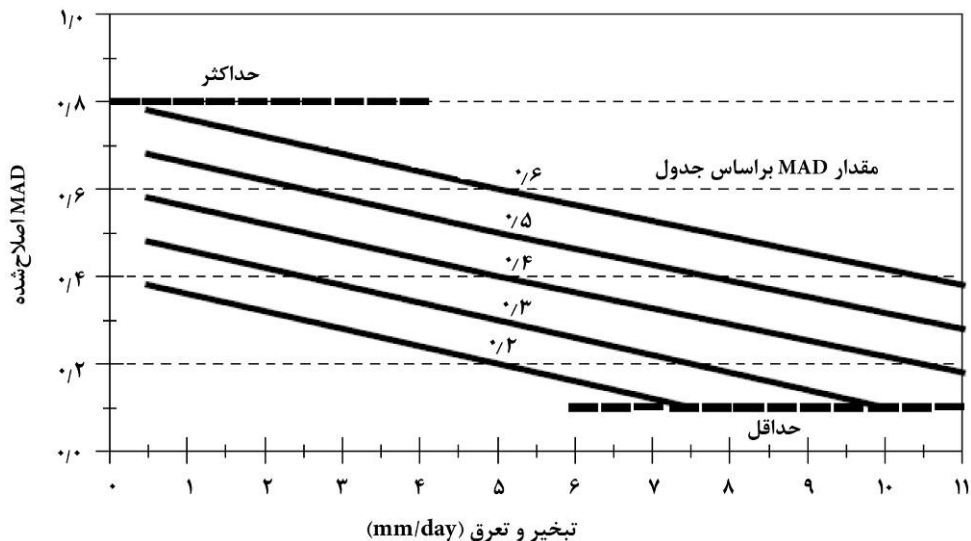
برآورد رطوبت خاک براساس مقادیر تبخیر و تبخیر تعرق

یک روش دیگر برای تعیین وضعیت رطوبتی خاک محاسبه روزانه بیلان «آب خاک» براساس مقادیر روزانه تبخیر و تبخیر تعرق است. مسلماً مقادیر تبخیر و تبخیر تعرق که براساس داده‌های هواشناسی برآورد

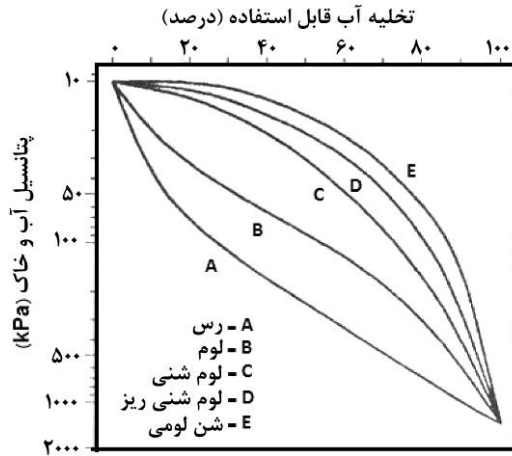
1. Management Allowable Depletion (MAD)

جدول ۱۴-۵ مقادیر نمونه (متوسط) برای EC_t ، MAD و نرخ کاهش محصول تحت اثر شوری (b)

| b (%) | EC_t | $MAD (ET=5 \text{ mm/day})$ | حداکثر عمق ریشه (متر) | محصول |
|-------|---------|-----------------------------|-----------------------|------------|
| ۱۴ | ۱ | ۰٫۳۵ | ۱-۰٫۵ | هویج |
| ۱۲ | ۱٫۷-۱٫۳ | ۰٫۳۰ | ۰٫۵-۰٫۳ | کاهو |
| ۱۶ | ۱٫۲ | ۰٫۳۰ | ۰٫۶-۰٫۳ | پیاز |
| ۹ | ۲٫۵-۰٫۹ | ۰٫۴۰ | ۱٫۵-۰٫۷ | گوجه |
| ۱۳-۷ | ۲٫۵-۱٫۱ | ۰٫۵۰ | ۱٫۲-۰٫۷ | خیار |
| ۱۰ | ۴٫۷ | ۰٫۵۰ | ۱-۰٫۶ | کدو |
| ۱۲ | ۱٫۷ | ۰٫۳۵ | ۰٫۶-۰٫۴ | سیب‌زمینی |
| ۵٫۹ | ۷ | ۰٫۵۵ | ۱٫۲-۰٫۷ | چغندر قند |
| ۱۹ | ۱ | ۰٫۴۵ | ۰٫۷-۰٫۵ | لوبیا سبز |
| ۱۴ | ۱٫۵ | ۰٫۵۰ | ۱-۰٫۶ | نخود |
| ۳۳-۱۱ | ۱٫۵-۱ | ۰٫۲۰ | ۰٫۳-۰٫۲ | توت‌فرنگی |
| ۵٫۲ | ۷٫۷ | ۰٫۶۵ | ۱٫۷-۱ | پنبه |
| - | - | ۰٫۴۵ | ۱٫۵-۰٫۸ | آفتابگردان |
| ۵ | ۸ | ۰٫۵۵ | ۱٫۵-۱ | جو |
| ۳-۷ | ۶-۸٫۵ | ۰٫۵۵ | ۱٫۸-۱ | گندم |
| ۱۲ | ۱٫۷ | ۰٫۵۵ | ۱٫۷-۱ | ذرت |
| ۱۲ | ۳ | ۰٫۲۰ | ۱-۰٫۵ | برنج |
| ۷٫۳ | ۲ | ۰٫۵۵ | ۲-۱ | یونجه |
| ۵٫۹ | ۱٫۷ | ۰٫۶۵ | ۲-۱٫۲ | نیشکر |
| ۳٫۶ | ۴ | ۰٫۵۰ | ۲٫۵-۱٫۵ | نخل خرما |
| - | - | ۰٫۴۰ | ۱٫۵-۰٫۹ | چای |
| ۹٫۶ | ۱٫۵ | ۰٫۳۵ | ۲-۱ | انگور |
| - | - | ۰٫۵۰ | ۲-۱ | سیب |
| - | - | ۰٫۷۰ | ۱-۰٫۵ | گلابی |
| ۱۶ | ۱٫۸ | ۰٫۵۰ | ۱٫۵-۱٫۲ | مرکبات |



شکل ۱۵-۵ اصلاح MAD براساس تبخیر و تعرق روزانه.



شکل ۱۶-۵ منحنی‌های مربوط به متوسط نگهداشت آب در چندین نوع بافت خاک.

شده‌اند دقیقاً همان مقادیر واقعی نیستند. نتایج این روش برای مناطق با آب‌وهوای معتدل و آبیاری‌های با تناوب بالا (معمولاً با فواصل کمتر از ۷ روز) قابل اعتمادتر است. در آبیاری با تناوب بالا مقادیر آستانه تنش آبی (MAD) اهمیت کمتری در زمان‌بندی آبیاری دارد. در یک نگاه دقیق‌تر، مقادیر MAD ارائه‌شده در جدول ۱۴-۵ مقادیر متوسط برای دوره رشد هستند. بدیهی است که حساسیت گیاهان به تنش‌ها در دوره‌های خاصی مانند «جوانه‌زنی»، «گلدهی» و «رشد میوه» بیشتر از این متوسط می‌باشد.

با استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌توان آبیاری‌های کوچک و با تناوب بالا را به‌نحوی انجام داد تا در طول دوره رشد گیاه همواره از تنش آبی در امان باشد. علاوه بر این، آبیاری با تناوب بالا می‌تواند راندمان آبیاری و بارندگی مؤثر را به حداکثر رسانده و آبشویی مواد غذایی و علف‌کش‌ها را به حداقل برساند. در شکل ۱۷-۵ رطوبت خاک در طول دوره رشد، متناسب با حساسیت گیاه تعدیل و تنظیم شده است (مقادیر MAD برای سبز شدن ۰/۹، برای جوانه‌زنی ۰/۷ و برای ادامه دوره رشد ۰/۳ بوده است). در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، معمولاً فاصله آبیاری‌ها بیشتر از ۷ روز بوده و مقادیر تبخیر-تعرق واقعی از پتانسیل فاصله می‌یابند. لذا، نتایج این روش موجب بیش آبیاری می‌گردد که در صورت وجود نیاز آبشویی امری مفید است. در این شرایط برای تعدیل و تنظیم مقادیر آبیاری توصیه‌شده، می‌توان به اندازه‌گیری‌های دوره‌ای رطوبت خاک استناد نمود.

شاخص‌های تنش آبی

زمانی که گیاه برای تعرق دچار محدودیت می‌شود دمای پوشش گیاهی بالا می‌رود. روابط فیزیکی براساس بیلان انرژی نشان‌دهنده این مطلب هستند که تفاوت دمای گیاه (T_c) و هوا (T_a) تحت تأثیر کمبود فشار بخار هوا، مقدار تابش خالص، مقاومت‌های آیرودینامیکی و گیاهی قرار دارد. با این وصف، می‌توان



شکل ۱۷-۵ یک رژیم آب‌خاک که نشان‌دهنده آبیاری‌های با تناوب بالا و جایگزینی ET به صورت جزئی است و به تخلیه مجاز آب‌خاک منتهی می‌گردد.

دامنه تفاوت دمای گیاه- هوا را به دست آورد و از آن برای کمی نمودن تنش آبی استفاده نمود. حد بالایی $(T_c - T_a)_u$ معرف اختلاف دما برای وضعیت تنش شدید زمانی که تعرق به صفر نزدیک می‌شود می‌باشد (تقریباً ۴ تا ۵ °C). حد پایین $(T_c - T_a)_l$ اختلاف دمای بین گیاه و هوا را در زمانی که گیاه خوب آبیاری شده نشان می‌دهد. با توجه به مبانی ذکر شده، شاخص تنش آبی گیاه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_l}{(T_c - T_a)_u - (T_c - T_a)_l} \quad (5-18)$$

مقدار CWSI با تبخیر تعرق گیاه متناسب است، یعنی:

$$CWSI \propto 1 - \frac{ET_a}{ET_p} \quad (5-19)$$

در این معادله ET_a و ET_p تبخیر تعرق واقعی و پتانسیل می‌باشند. مقدار CWSI از مقدار صفر (برای حالت بدون تنش) تا حداکثر معادل یک، برای تنش شدید تغییر می‌نماید. برعکس MAD، این شاخص نشانگر واقعی تنشی است که گیاه تحمل می‌نماید. علاوه بر این، اندازه‌گیری آن آسان است زیرا تابش سنح‌های مادون قرمز دستی برای اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی در دسترس می‌باشد. متأسفانه، مقدار آستانه CWSI برای زمان بندی آبیاری به خوبی تعریف نشده است. اما با تجربه‌اندوزی در مزرعه می‌توان این آستانه را تعیین نمود. مسلماً برای تعیین مقادیر بهینه CWSI برای زمان بندی آبیاری به تحقیقات محلی نیاز است.

شاخص دیگری که برای زمان بندی آبیاری پیشنهاد شده «پتانسیل آب برگ نرمال شده به هنگام سحر (Ψ_{ld}) می‌باشد. البته، اندازه‌گیری آن آسان نبوده و نیازمند تجهیزات خاص است. در عین حال و برای

مثال، مقادیر آن برای پنبه به شرح زیر پیشنهاد شده است:

$$S_p = \begin{cases} ۰٫۰ & \rightarrow \Psi_{ld} \geq -۶۰۰ \text{ kPa} \\ \left[\frac{\Psi_{ld} + ۶۰۰}{-۲۴۰۰} \right] & \rightarrow -۳۰۰۰ < \Psi_{ld} < -۶۰۰ \text{ kPa} \\ ۱٫۰ & \rightarrow \Psi_{ld} \leq -۳۰۰۰ \text{ kPa} \end{cases} \quad (۵-۲۰)$$

البته، پایش شرایط گیاه اطلاعاتی را در مورد مقدار نیاز آبیاری نخواهد داد. برای مثال از دمای پوشش گیاهی می‌توان برای تعیین لزوم آبیاری استفاده کرد. اما برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه چه مقدار آب باید به گیاه داد، اطلاعات رطوبت خاک و حدود FC و WP نیاز می‌باشد.

آستانه شوری

موفقیت کشاورزی فاریاب در طولانی‌مدت به برقراری تعادل شوری در ناحیه توسعه ریشه گیاه بستگی دارد. اضافه شدن نمک‌های محلول در آب آبیاری به خاک، و سپس خروج آب از طریق تبخیر و تبخیرتقرق موجب تجمع نمک‌ها در خاک، حتی تا حدی فراتر تحمل گیاه رود. بنابراین در فرایند برنامه‌ریزی برای مدیریت شوری عوامل متعددی را باید مورد ارزیابی قرار داد: غلظت نمک در آب آبیاری، تحمل گیاه به شوری، بارش سالانه درازمدت و امکانات زهکشی موجود در سطح مزرعه و پروژه. معضل شوری در مناطق خشک و نیمه‌خشک یک نگرانی همیشگی است. در این مناطق، نه تنها سهم بارش در آبشویی کم است، بلکه کیفیت آب آبیاری نیز اغلب پایین می‌باشد. برعکس، در مناطق مرطوب، شوری آب آبیاری نسبتاً کم و بارش سالانه متجاوز از ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر بوده، و لذا شوری تأثیر چندانی در برنامه‌ریزی ندارد.

تأثیرات شوری بر روی تولید محصول مشابه تأثیرات کمبود آب است، یعنی کاهش در رشد رویشی که به کاهش دریافت تشعشع و به تبع آن به کاهش فتوسنتز، متابولیسم و تولید ماده خشک خواهد انجامید. تجمع بیش از اندازه‌ی نمک یا استفاده از آب شور برای آبیاری، تولید محصول را کاهش می‌دهد، اما با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب می‌توان تأثیرات مخرب شوری را به حداقل رساند. وقتی محصول به خصوصی انتخاب شده و میزان تحمل آن به شوری مشخص باشد، از دیدگاه برنامه‌ریزی تناوب و مقدار آبیاری دو عامل اساسی هستند که می‌توان برای کنترل شوری آنها را تغییر داد. بایستی با توجه به سیستم آبیاری و آستانه تحمل شوری گیاه (جدول ۱۴-۵) آبیاری به‌منظور آبشویی (دفع نمک‌های مازاد) را هنگامی انجام داد که «بهترین راندمان» آبشویی حاصل شود، و نه به‌طور مشخص در تمامی آبیاری‌ها.

آستانه شوری (EC_1)، در واقع حد شوری قابل تحمل گیاه (بدون کاهش محصول) است. تجاوز شوری از این آستانه موجب کاهش محصول می‌گردد. یکی از روش‌های برآورد کاهش محصول تحت اثر شوری، براساس نرخ ثابت کاهش محصول (b) به شرح زیر ارائه شده است که هنوز هم کاربرد بسیاری دارد. در این معادله Y_m و Y_a مقادیر محصول واقعی و بیشینه (پتانسیل) هستند.

$$\frac{Y_m - Y_a}{Y_m} = \frac{b}{100} (EC_e - EC_t) \quad (5-21)$$

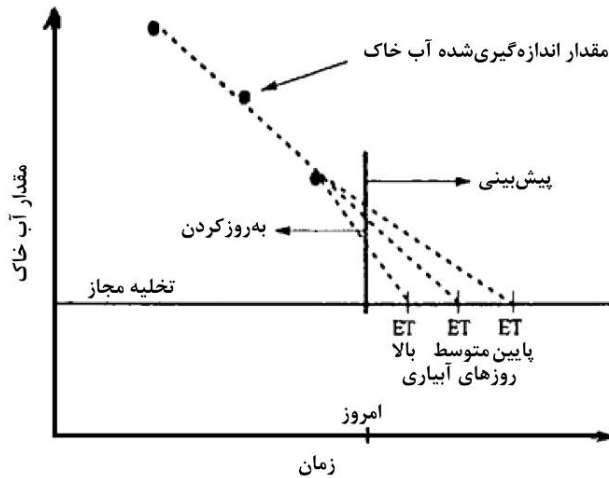
در واقع، همانگونه که با وقوع MAD آبیاری آغاز می‌شود؛ با رسیدن شوری به EC_t نیز بایستی برای آبخوبی اقدام لازم صورت گیرد.

کاربرد مدل رشد محصول براساس زمان واقعی

مدل‌های شبیه‌سازی رشد محصول می‌توانند راهبردهای مدیریت آبیاری را براساس معیارهای مختلف ارزیابی کرده و تصمیم‌گیری را تسهیل نمایند. به عبارت دیگر قبل از هر اقدامی برای آگاهی از عواقب تصمیمات، می‌توان از این مدل‌ها استفاده کرد. مدیریت پیشرفته آبیاری براساس کاربرد «زمان واقعی» (Real Time) این مدل‌ها می‌باشد. در واقع همزمان با رشد محصول، مدل‌سازی نیز برای پیش‌بینی شرایط و انتخاب بهینه‌ترین راهبرد مدیریت آبیاری در هر مرحله به کار گرفته می‌شود. البته، کاربرد مدل‌های رشد محصول براساس زمان واقعی برای زمان‌بندی / برنامه‌ریزی آبیاری وابستگی زیادی به در دسترس بودن داده‌های ورودی مدل و درک روشن استفاده‌کننده از محدودیت‌های مدل دارد.

شبیه‌سازی رشد گیاه به منظور تصمیم‌گیری آبیاری براساس داده‌های آب‌وهوایی همان فصل تا روز قبل و برای مابقی فصل براساس داده‌های هواشناسی طولانی‌مدت صورت می‌گیرد (شکل ۱۸-۵). بنابراین به‌روزرسانی اطلاعات مربوط به گیاه، خاک، آبیاری و مسائل اقتصادی بایستی هر روز به انجام رسد. پس از مدل‌سازی، کاربر بایستی یکی از گزینه‌های مدیریتی آبیاری را برگزیند. مثال‌هایی از این گزینه‌ها عبارتند از:

- آبیاری در همان روز و صرف قدری آب بیشتر (ریسک احتمالی کاهش بهره‌وری آب)؛
 - صبر به مدت یک روز یا بیشتر برای ارزیابی مجدد نیاز به آبیاری و قبول قدری ریسک کاهش محصول؛
 - مقایسه‌ی مقدار سود خالص مورد انتظار با «آب مصرفی»، «عملکرد محصول»، «مصرف انرژی» و مواردی مشابه؛ و سپس اتخاذ تصمیم برای آبیاری؛ و
 - «حداکثرسازی باران مؤثر» و/یا «جلوگیری از تداخل زمان آبیاری دو یا چند محصول با یکدیگر» نیز از جمله تصمیماتی است که مدیر می‌تواند به کمک این مدل‌ها آزمون نماید.
- در نهایت، با اضافه نمودن حسگرها می‌توان به صورت خودکار شرایط محیطی (آب‌وهوا، رطوبت خاک، ...) را به رایانه وارد نمود. سپس، رایانه براساس محاسبات و قواعد تصمیم به انجام آبیاری تا حد معین خواهد گرفت. برای عملیات آبیاری، رایانه دستورات لازم برای تغییر وضعیت تجهیزات و ادوات را صادر می‌نماید. چنین سیستم آبیاری، به اتوماسیون کامل دست یافته است.



شکل ۱۸-۵ استفاده از اندازه‌گیری‌های قبلی آب‌خاک برای برنامه‌ریزی آبیاری.

پیش‌بینی زمان آبیاری

هنگامی که داده‌های گذشته برای آینده برون‌یابی می‌شوند تلویحاً فرض بر این است که آینده شبیه گذشته می‌باشد، که این فرض امکان بروز خطا را فراهم می‌نماید. برای مثال وقوع شرایط آب‌وهوایی که در آمار گذشته گزارش نگردیده است. بایستی به پیش‌بینی‌های آب‌وهوایی نیز توجه نمود زیرا می‌تواند فراهم‌کننده اطلاعات کمکی باشند و براساس آنها زمان آبیاری بعدی با توجه به مقدار تبخیر-تعرق پیش‌بینی شده (کمتر، برابر و یا بیشتر از میزان کنونی آن) تخمین دقیق‌تری زده شود. البته اندازه‌گیری‌های متناوب همچنان برای برنامه‌ریزی مطمئن ضروری است.

پایش برای مدیریت کارآمد ضروری است اما می‌تواند خسته‌کننده و پرهزینه باشد؛ و در صورتی که پرسنل به‌قدر کافی آموزش ندیده و نظارت نشوند می‌تواند نتایج ناصحیحی به بار بیاورد. بهتر است برنامه پایش درست پیش از آبیاری و تناوب آن مضرری از تناوب آبیاری باشد. پایش زودهنگام بعد از آبیاری ممکن است وضعیت خاک یا گیاه را به‌طور دقیق منعکس نکند. برای مثال اگر مزرعه همیشه سه روز بعد از یک آبیاری با عمق زیاد مورد پایش قرار می‌گیرد راهی برای دانستن اینکه آیا آبیاری‌ها به‌قدر کافی زود صورت می‌گیرند که از تنش و زهکشی جلوگیری نمایند، وجود ندارد. علاوه‌براین، اندازه‌گیری‌های (صحیح و کافی) رطوبت خاک به‌عنوان یک بازخورد می‌توانند موجب بهبود روش‌های مدیریت آبیاری گردند. حتی با این روش ممکن است معلوم گردد که به تعداد دفعات کمتری از پایش نیاز است.

مشکلات برنامه‌ریزی

مشکلات متعددی می‌تواند در حین اجرای برنامه آبیاری روی دهد. در برخی موارد تعدیل‌های مدیریتی می‌تواند مشکل را برطرف کند، در حالی که در موارد دیگر برای حل مشکل پذیرفتن یک مصالحه می‌تواند مشکل را برطرف کند.

نامطلوب ضروری است. در این بخش مواردی که برنامه‌ریزی دچار محدودیت است و راهبردهای مدیریتی ممکن برای کنار آمدن با شرایط به‌وجود آمده مورد بحث قرار گرفته‌اند.

سیستم‌هایی با عمق آبیاری زیاد

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، عموماً برنامه‌ریزی بر مبنای آبیاری سنگین (معمولاً حدود ۱۰ سانتی‌متر در هر نوبت آبیاری) است. دلیل این شیوه آبیاری مبتنی بر دو نکته مثبت و یک نکته منفی است. آبیاری سنگین با تواتر بیشتر اولاً موجب کاهش تبخیر و تبخیر تعرق می‌گردد. ثانیاً، تحت این رژیم آبیاری آبشویی به‌خوبی صورت می‌پذیرد و از تجمع نمک‌ها در سطح خاک جلوگیری می‌شود. در مقابل، احتمالاً در روزهای آخر دور آبیاری گیاه تنش بیش از حدی را تحمل خواهد نمود. انتخاب فاصله مناسب/ بهینه بین هر دو آبیاری (و عمق هر آبیاری) نتیجه یک مبادله بین مزایا و معایب هر کدام است.

بنابراین، برنامه‌ریزی آبیاری می‌تواند برای مشخص کردن عمق بهینه آبیاری در شرایطی که عمق آبیاری زیاد است استفاده گردد. در بسیاری از موارد مشکل تنها با برنامه‌ریزی بر طرف نمی‌شود و آبیاری باید تغییراتی را در سیستم در نظر بگیرد. برای مثال در روش آبیاری جویچه‌ای ممکن است بتوان به‌جای آبیاری تمام جویچه‌ها آنها را یک‌درمیان آبیاری کرد و یا برای برخی از خاک‌ها از روش آبیاری موجی استفاده نمود. در دیگر موارد ممکن است نیاز به تغییرات فیزیکی باشد که این تغییرات باید از لحاظ اقتصادی با هزینه‌های مربوطه (آبشویی یا تنش آبی) مورد مقایسه قرار گیرند.

تداخل آبیاری و بارندگی

ساده‌ترین برنامه‌ریزی آبیاری وقتی است که بارانی نمی‌بارد. زیرا در این صورت آبیاری بیلان آب خاک را تحت کنترل خود دارد. اما، اگر قرار است مزرعه از بارش مؤثر بهره‌مند شود، بایستی وقوع بارندگی‌ها (شدت و احتمال آن) در برنامه‌ریزی لحاظ گردد. مسلماً در چنین حالتی با وقوع هر بارندگی (منجر به بارش مؤثر) برنامه طرح‌ریزی شده تغییر می‌یابد، تا مصارف آبیاری کاهش یافته و بهره‌وری محصول افزایش یابد. در هر حال، تنظیم مجدد برنامه آبیاری پس از وقوع بارندگی با مشکلاتی مواجه است. مشکل برنامه‌ریزی زمانی بیشتر می‌گردد که توزیع مجموع آب آبیاری و باران به‌طور یکنواخت بر روی مزرعه صورت نگرفته باشد. این وضعیت خاص، در مزرعه‌ای که بارندگی در حین آبیاری آغاز گردد مشهود می‌باشد. کشاورز می‌تواند، آبیاری را قطع نماید، که منجر به اختلاف شدید رطوبت خاک در بخش آبیاری شده با بخشی که آب آبیاری هنوز به آن نرسیده خواهد شد. همچنین کشاورز می‌تواند به آبیاری ادامه دهد، که منجر به اتلاف آب خواهد شد. در اقلیم‌های نیمه‌خشک و معتدل وقوع بارندگی در فصل رشد محتمل‌تر است؛ و لذا این قبیل مشکلات در مدیریت آبیاری بیشتر رخ می‌نماید. عدم یکنواختی رطوبت خاک می‌تواند برای مابقی سال (به ویژه در طی تابستان که باران کمتری می‌بارد) مشکلات مدیریتی را به‌وجود آورد.

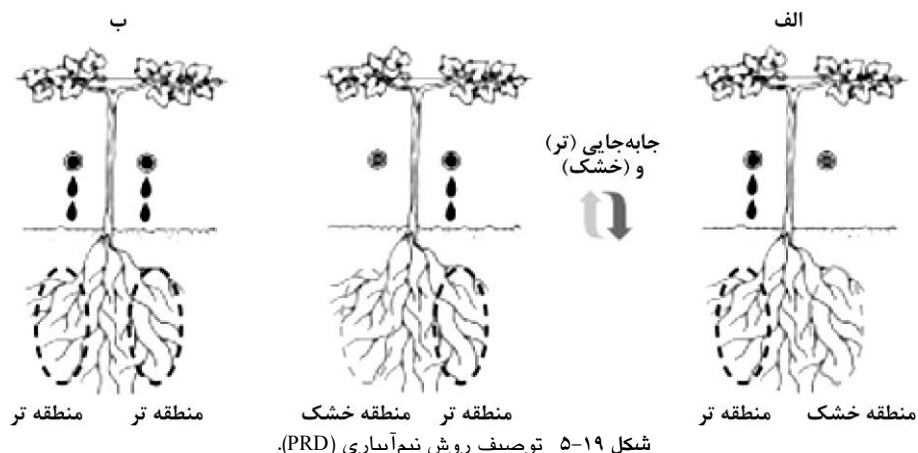
محصولات مختلف در مزرعه واحد

هنگامی که در یک مزرعه واحد چند محصول متفاوت کشت شده باشند، برنامه‌ریزی آبیاری برای رفع نیاز گیاهان متفاوت قدری پیچیده‌تر می‌شود. در عمل، برای هر محصول باید برنامه‌ای خاص برقرار نمود که ممکن است با برنامه محصول دیگر تلاقی و تعارض داشته باشد. مثلاً در صورتی که دو محصول به‌طور همزمان نیاز به آبیاری داشته باشند، مشکلات پدید می‌آید که مدیر آبیاری بایستی آن را حل نماید. در فرایند برنامه‌ریزی، پس از تشخیص موارد اختلاف باید تواتر آبیاری مناسب برای هر محصول تعیین گردد. سپس ترتیب/اولویت تخصیص آب مشخص می‌گردد. اکنون براساس تجربه (نظر خبره) و با هدف حداکثر نمودن بهره‌وری (تولید و سود) برنامه نهایی آبیاری تنظیم می‌گردد.

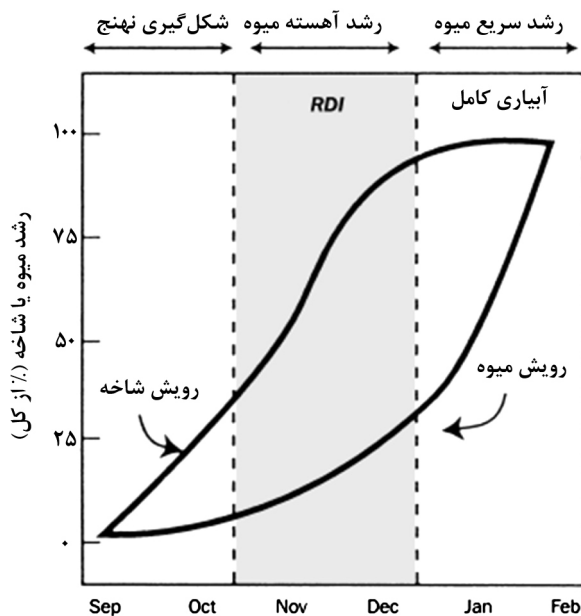
می‌توان از روش‌های پیشرفته برنامه‌ریزی ریاضی استفاده نمود و حالت بهینه را به‌طور دقیق‌تری تعیین کرد. با نرم‌افزارهای تخصصی بهینه‌سازی می‌توان اهداف پیچیده‌تری (شامل کاهش نیاز به کارگر، به حداقل سازی کاهش محصول، ...) را جستجو نمود. مقادیر تعیین شده برای زمان انتقال آب و زمان استراحت شبکه توزیع باید منعکس‌کننده زمان مورد نیاز برای تحویل آب به سیستم آبیاری در هر قسمت از مزرعه باشد. در هر حال برای جلوگیری از تلف شدن وقت در جابجایی آب درون شبکه توزیع، بهتر است تا جای ممکن قطعات مجاور با یکدیگر (یا پس از یکدیگر) آبیاری شوند.

کم آبیاری

آبیاری ناقص یا کم آبیاری می‌تواند یک راهکار برای ارتقاء بهره‌وری (محصول به‌ازای متر مکعب) باشد؛ که در آن محصولات را به‌عمد در شرایط کمبود آب و کاهش عملکرد (کنترل‌شده) قرار می‌دهند. افزایش بهره‌وری در این روش به‌وسیله کاهش کفایت آبیاری و یا اعمال تنش آبی کنترل‌شده به گیاه صرفاً در بازه‌هایی که حساسیت گیاه به این نوع تنش کم است، صورت می‌پذیرد. تنش کنترل‌شده یعنی اعمال تنش فقط تا حدی که درصد کاهش مصرف آب بیش از درصد کاهش محصول باشد. دو روش خاص کم آبیاری عبارتند از: «نیم آبیاری» (Partial Root-zone Drying: PRD) و «کم آبیاری تنظیم‌شده» (Regulated Deficit Irrigation: RDI). در روش PRD، که برای درختان میوه توصیه می‌شود، در هر نوبت آبیاری فقط ۵۰٪ از نیاز آبی گیاه در یک سمت داده می‌شود (شکل ۱۹-۵). سیگنال‌های ارسالی از نیمه «کم آب» ریشه به اندام هوایی موجب کاهش تبخیر-تعرق گیاه می‌شود. در حالی که، محصول با دریافت آب از نیمه «مرطوب» ریشه رشد کافی می‌نماید. نتایج کاربرد این روش بر روی تاک انگور در استرالیا نشان داده که بهره‌وری تا حدود ۱۰۰٪ افزایش یافته است. در روش RDI، تنش در ایامی به گیاه اعمال می‌شود که نرخ رشد میوه/محصول کم است (شکل ۲۰-۵). کم آبیاری در این بازه موجب کاهش رشد سبزینه‌ای شده ولی صدمه چندانی به رشد میوه وارد نمی‌سازد. نتایج کاربرد این روش بر روی میوه‌های هسته‌دار و سیب و گلابی در استرالیا نشان داده که بهره‌وری تا حدود ۱۵٪ افزایش یافته است.



شکل ۱۹-۵ توصیف روش نیم‌آبیاری (PRD).



شکل ۲۰-۵ توصیف روش کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI).

از دیدگاه اقتصادی مشخص است که وقتی محدودیت تولید، آب بوده باشد (و نه زمین یا سایر نهاده‌ها) مقدار آبیاری بهینه لزوماً بر آبیاری پتانسیل انطباق نخواهد داشت. بلکه، حداکثر سود در آبیاری کمتر از مقدار مورد نیاز برای حداکثر عملکرد به وقوع می‌پیوندد. آب صرفه‌جویی شده اغلب برای توسعه سطح زیر کشت به کار می‌رود. لذا، این روش می‌تواند برای به حداکثر رساندن تولید زراعی منطقه استفاده گردد. کم‌آبیاری دارای مخاطراتی نیز می‌باشد؛ از جمله: عدم آبشویی کافی می‌تواند منجر به تجمع نمک و نهایتاً کاهش محصول گردد. علاوه بر این، تحت شرایط آب‌وهوایی با نوسانات زیاد وقوع یک دوره

خشکسالی (مثلاً یک ماهه) می‌تواند موجب خسارت جدی در محصولات کم‌آبیاری شده گردد. در مقابل، محصولاتی که آبیاری کامل شده‌اند با وقوع چنین واقعه‌ای فقط تنش محدودی را تحمل خواهند نمود و به احتمال زیاد دچار خسارت جدی نخواهند شد. اساساً، مدیریت کم‌آبیاری بسیار متفاوت از مدیریت روش‌های متداول آبیاری می‌باشد.

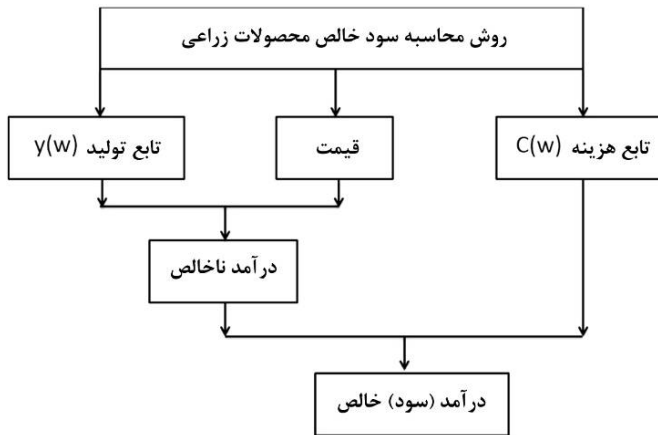
مدیر آبیاری به‌جای آنکه در پی به حداقل رساندن کمبود نیازهای آبی محصول باشد بایستی سطح کم آبیاری را معین و نیز زمان اعمال آن را تشخیص دهد. در هر حال، کم‌آبیاری عموماً باعث کاهش عملکرد محصول در هکتار می‌شود؛ اما بایستی موجب افزایش درآمد واحد تولید زراعی (مزرعه) گردد. در این راستا باید به برخی ملاحظات دیگر نیز توجه نمود:

- زمان اعمال کم‌آبیاری: می‌تواند تأثیر جدی بر عملکرد محصول داشته باشد؛
- مزایای جانبی کم‌آبیاری: کاهش محصول در نتیجه کم‌آبیاری می‌تواند از طریق کاهش ابتلای به بیماری‌های ناشی از آب، بهبود ماندگاری محصول در انبار، به حداقل رساندن آب‌شستگی کودها از منطقه ریشه، و بهبود تهویه خاک تا حدودی جبران گردد؛
- نه برای همه گیاهان: کم‌آبیاری بعضی محصولات ارزشمند که به تنش آبی بسیار حساس هستند هیچ‌گاه توجیه‌پذیر نیست. برای مثال کیفیت محصول سیب‌زمینی که در اوایل فصل رشد دچار تنش آبی شده باشد، کاهش یافته و باعث کاهش قیمت آن شود؛
- بهبود خصوصیات کیفی میوه: کمبود آب ممکن است باعث بهبود کیفیت محصول شود. برای مثال کمبود آب باعث افزایش درصد پروتئین غلات، افزایش طول و استحکام الیاف پنبه و افزایش درصد قند چغندر قند گردد؛
- بهبود خواب زمستانی: کمبود آب در اواخر فصل رشد و همزمان با کاهش دما می‌تواند باعث آماده‌سازی بهتر برخی گیاهان برای خواب زمستانی شود.

توابع تولید

با بهینه‌سازی ریاضی می‌توان مقدار بهینه کم‌آبیاری را برای هر محصول مشخص نمود. برای این امر بایستی رابطه تولید محصول با نهاده‌های مورد نظر در قالب عبارات ریاضی تبیین شود. بدیهی است اگر مقایسه محصولات مختلف مطرح باشد، بایستی ارزش اقتصادی هر محصول (به‌جای وزن تولیدی آن) در بهینه‌سازی شرکت داده شود. شکل ۲۱-۵ الگوریتم محاسبه سود خالص را برای فعالیت‌های زراعی نمایش می‌دهد.

با کاربرد توابع «آب - محصول» و یا «شوری - آب - محصول» می‌توان حداکثر سود قابل اکتساب را در شرایط تنش آبی و/یا شوری به‌دست آورد. در هر حال، هدف بهینه‌سازی حداکثر سازی سود کشاورزان و شاید رفاه ایشان و پایداری محیط‌زیستی، خواهد بود. بایستی توجه نمود که تحت سناریوهای



شکل ۲۱-۵ الگوریتم محاسبه سود خالص.

مختلف بهینه‌سازی ترکیبی از شرایط مختلف با یکدیگر مقایسه شده و برترین آنها برگزیده خواهد شد. پرسش‌هایی که بایستی در بهینه‌سازی پاسخ‌یابند عبارتند از:

- اگر دو منبع آب (شور و شیرین) در دسترس است، کدام محصولات با چه نسبتی از آب شور و شیرین آبیاری شوند؟
- کدام محصولات کم‌آبیاری شوند؟ به چه میزان؟ و در چه زمان‌هایی تحت کم‌آبیاری قرار گیرند؟
- آبتجویی برای هر محصول تحت چه برنامه زمانی و با چه مقادیری صورت پذیرد؟
- مساحت زیر کشت هر محصول چه مقدار باشد؟ (مسلماً با رعایت پایداری معیشت کشاورزان)؛
- در تلاقی نیاز آبی محصولات با یکدیگر، کدام محصول اولویت دارد؟ و چه مقدار؟
- و ...

تعیین حد کم آبیاری به کمک توابع آب - محصول صورت می‌گیرد. این توابع واکنش گیاه را نسبت به کم آبیاری (کاهش تبخیر تعرق گیاه) برآورد می‌نمایند. دو نمونه از توابع تولید (آب - محصول) پیشنهاد شده در ذیل ارائه شده است. رابطه جنسن به صورت زیر است:

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ET}{ET_{\max}} \right)^{\lambda} \quad (5-22)$$

در این رابطه ET مجموع تبخیر تعرق واقعی در طول هر دوره رشد، ET_{\max} مجموع تبخیر تعرق پتانسیل در طول هر دوره رشد، λ فاکتور حساسیت نسبی گیاه به کمبود آب در هر مرحله رشد (بی‌بعد) و n تعداد مراحل رشد گیاه است. برای مثال؛ مقدار λ را برای سه مرحله رشد سورگوم دانه‌ای توسط جنسن به شرح زیر برآورد شده است:

| | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| $\lambda_1 = 0.5$ | $\lambda_2 = 1.5$ | $\lambda_3 = 0.5$ |
| جوانه‌زنی | گلدهی | مرحله شیری |
| | | برداشت |

در این صورت رابطه جنسن برای سورگوم دانه‌ای چنین بازنویسی خواهد شد (زیرنویس‌ها نشانگر دوره رشد هستند):

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \left(\frac{ET}{ET_{\max}}\right)^{1/5} \left(\frac{ET}{ET_{\max}}\right)^{1/2} \left(\frac{ET}{ET_{\max}}\right)^{1/5} \quad (5-22-1)$$

علاوه بر رابطه فوق، جنسن با جایگزینی تعرق نسبی به جای تبخیر تعرق نسبی رابطه زیر را نیز پیشنهاد کرد:

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{T}{T_{\max}}\right)^{\lambda_i} \quad (5-23)$$

که در آنها؛ $\frac{T}{T_{\max}}$: تعرق نسبی گیاه در طول دوره‌های مختلف رشد گیاه، λ_i : فاکتور حساسیت وزنی عملکرد برای مراحل مختلف رشد، T : تعرق واقعی گیاه تحت شرایط کم آبیاری بر حسب میلی‌متر و T_{\max} تعرق گیاه وقتی که آب باعث محدودیت عملکرد نباشد (شرایط تبخیر تعرق پتانسیل) بر حسب میلی‌متر می‌باشند. مسلماً این معادله بر معادله اول ترجیح خواهد داشت، به شرط آنکه مقدار تعرق قابل محاسبه باشد.

دورنباس و کاسام رابطه بین عملکرد نسبی و تبخیر تعرق نسبی را به صورت زیر بیان کردند:

$$1 - \frac{Y}{Y_{\max}} = K_y \left(1 - \frac{ET}{ET_{\max}}\right) \quad (24-5 \text{ الف})$$

یا

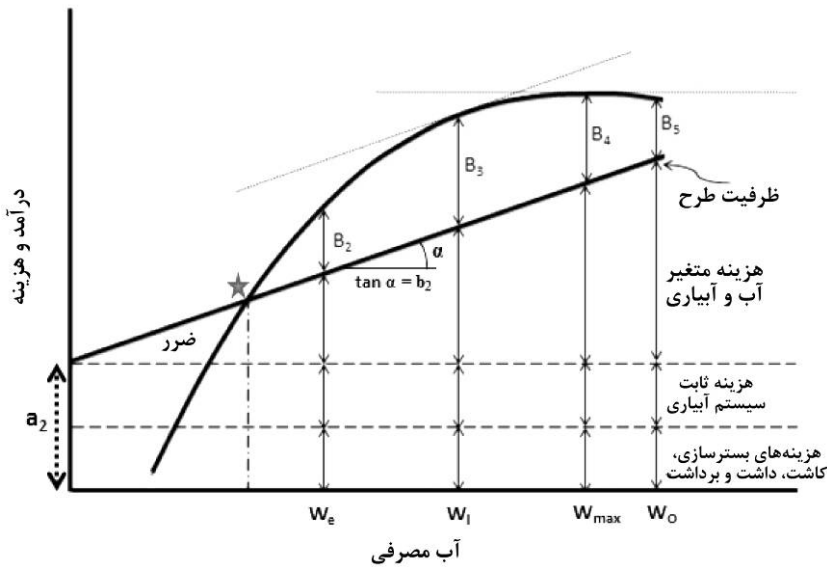
$$\frac{Y}{Y_{\max}} = (1 - K_y) + K_y \left(\frac{ET}{ET_{\max}}\right) \quad (24-5 \text{ ب})$$

که در آن Y_{\max} حداکثر عملکرد قابل حصول (بدون محدودیت آب یا وجود پتانسیل تبخیر تعرق) می‌باشد. اگر این رابطه با در نظر گرفتن مراحل مختلف رشد محصول بازنویسی شود به صورت زیر در می‌آید:

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \prod_{n=1}^m \left[1 - K_Y \left(1 - \frac{ET}{ET_{\max}}\right)\right]_n \quad (24-5 \text{ ج})$$

که n شماره مرحله رشد و m تعداد کل مراحل رشد گیاه است. مقدار فاکتور حساسیت عملکرد محصول بسته به دوره رشد و شرایط محلی، اقلیم، خاک، محصول، مدیریت زراعی و برنامه آبیاری متفاوت است. به طوری که مقدار آن را فائو بین ۰٫۲ تا ۱٫۱۵ و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی بین ۰٫۸ تا ۱٫۷۵ گزارش نموده است.

شکل ۵-۲۲ توابع تولید و هزینه را به طور مثال برای یک واحد زمین نشان می‌دهد. برای سادگی، در اینجا فرض می‌گردد توابع تولید (Y) و هزینه (C) به شرح زیر باشند (در حالت کلی تر تابع هزینه به صورت منحنی است):



شکل ۲۲-۵ توابع تولید و هزینه.

$$Y(w) = a_1 + b_1 \times W + c_1 \times W^2 \quad (۵-۲۵)$$

$$C(w) = a_2 + b_2 \times W \quad (۵-۲۶)$$

برای یک واحد زمین هزینه به دو نوع ثابت و متغیر تقسیم می‌شود. هزینه‌های ثابت کشت (a₂)، خود شامل دو بخش مجزا است: (۱) هزینه‌های ثابت آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت (به‌جز آب و آبیاری) و برداشت؛ (۲) هزینه‌های ثابت آب و آبیاری (مثلاً حفر چاه). همچنین، هزینه‌های متغیر (b₂) شامل اندازه سیستم انتقال و توزیع آب، انرژی، کارگر، نگهداری سیستم آبیاری، ... و نهایتاً هزینه آب می‌گردد. تابع هزینه شامل سه ویژگی مهم می‌باشد. اولین ویژگی، تلاقی آن با محور عمودی است که بیانگر تمام هزینه‌های ثابت تولید می‌باشد. دومین ویژگی، شیب آن است که بیانگر هزینه‌های متغیر تولید می‌باشد. بدیهی است در این تصویر سایر هزینه‌های متغیر قابل ارائه نیستند؛ لذا هزینه‌هایی که با تغییر عملکرد نسبت به آب داده‌شده تغییر می‌کنند نیز در شیب خط لحاظ شده‌اند. برای مثال، ممکن است مصرف کود بر حسب میزان آبیاری تنظیم شود و یا ممکن است هزینه‌های برداشت بسته به عملکرد تغییر کند. سومین ویژگی، حد فوقانی آن است که به‌عنوان «نقطه ظرفیت طرح» نشان داده شده و بیانگر حداکثر ظرفیت تأمین آب برای هر واحد زمین می‌باشد.

تفاضل منحنی‌های هزینه و درآمد نشان‌دهنده سود است. در این شکل، W₀ نمایانگر حالتی است که کشاورز تمامی ظرفیت آب را برای آبیاری به کار می‌گیرد که سود آن معادل B₅ است. مقدار W_{max} با هدف حداکثر نمودن درآمد (شیب صفر، مماس منحنی بر خط افقی) به‌دست می‌آید؛ و معمولاً معادل مقدار آبیاری است که عملکرد را به حداکثر می‌رساند. سود در این حالت بیشتر از حالت قبلی خواهد بود

$(B_4 > B_5)$. با کاهش آب آبیاری به کمتر از W_{max} گرچه کاهش عملکرد وقوع می‌یابد، اما سود بیشتر (B_3) عاید می‌گردد؛ زیرا هزینه‌های متغیر سریعتر از درآمدها کاهش می‌یابند. در این حالت حداکثر بازده اقتصادی حاصل می‌شود، یعنی هزینه یک واحد اضافی آب درست برابر ارزش افزایش ناشی از عملکرد است. این نقطه همیشه در سمت چپ نقطه حداکثر عملکرد قرار دارد و نقطه‌ای است که در آن شیب تابع هزینه با شیب منحنی درآمد برابر می‌شود (W_1). مقدار آب آبیاری W_e نشانگر جایی است که در آن درآمد خالص درست معادل درآمد خالص در W_{max} ($B_2 = B_5$) می‌شود. در دامنه‌ی W_{max} تا W_e کم آبیاری سودمندتر از آبیاری کامل خواهد بود. نهایتاً، ناحیه واقع شده در سمت چپ محل تلاقی دو تابع (\star) ، جایی که منحنی درآمد زیر خط هزینه قرار دارد، نشان‌دهنده محدوده زیان‌دهی سیستم است.

وقتی آب عامل محدودکننده باشد، نقطه بهینه با اختصاص دادن آب صرفه‌جویی شده (با روش‌های کم آبیاری) به آبیاری اراضی دیگر به دست می‌آید (مقدار آبیاری برابر W_w). یعنی با افزایش سطح زیرکشت، درآمد مزرعه می‌تواند فزونی یابد. در چنین شرایطی افزایش سود مزرعه وقتی وقوع می‌یابد که هزینه زیرکشت بردن اراضی جدید کمتر از درآمد آن باشد. در غیر این صورت «کم آبیاری و صرفه‌جویی آب برای زیرکشت بردن اراضی بیشتر» مقرون به صرفه نخواهد بود. در هر حال روشن است که راهکار منطقی «آبیاری به مقدار بهینه» می‌باشد؛ یعنی آبیاری به مقدار W_1 و یا W_w ، بسته به اینکه زمین یا آب کدامیک عامل محدودکننده باشند. بدیهی است با قبول این راهبرد می‌توان از سیستم آبیاری با ظرفیت کمتر (لوله‌ها، چاه‌ها و پمپ‌های کوچکتر) استفاده کرد، که متعاقباً هزینه‌های اولیه آن نیز کمتر خواهد بود.

برنامه‌ریزی

فرایند برنامه‌ریزی آبیاری شامل تصمیم‌گیری درباره چگونگی تخصیص آب به ترکیبی از محصولات مورد نظر می‌گردد. در این فرایند مقادیر آبی که باید داده شود و تاریخ تقریبی نوبت‌های آبیاری هر محصول باید تعیین گردد به نحوی که همه‌ی این موارد با محدودیت‌های ظرفیت سیستم تأمین آب مطابقت داشته باشند. راهکارهای برنامه‌ریزی کم آبیاری می‌تواند شامل این موارد گردد: (۱) اختصاص آب کمتر به محصولات مقاوم‌تر به تنش؛ (۲) طراحی برای شرایط متوسط آب‌وهوایی (بارش متوسط، ...؛ (۳) انتخاب محصولات و تاریخ‌های کاشت به گونه‌ای که دوره‌های بحرانی تقاضای آب همزمان نشوند؛ (۴) توجه خاص به آبیاری محصولات در طی مراحل بحرانی رشد.

آبیاری تکمیلی معمولاً برای رفع نیازهای آبی محصول در دوره‌های کوتاهی که گیاه با تنش روبرو گشته، در نظر گرفته می‌شود. برای مثال ممکن است یک سیستم طوری طراحی شود که حداکثر بتواند تقاضای دو هفته‌ای را در ۸۰٪ از سال‌ها (در هر ۱۰ سال، دوبار رخ خواهد داد) پاسخگو باشد. چنین سیستم‌هایی در اکثر اوقات با کمتر از ظرفیت کامل کار می‌کنند. به‌ویژه در سال‌های مطلوب از نظر آب‌وهوایی، جزء قابل توجهی از آب موجود یا ظرفیت انتقال ممکن است بدون استفاده بماند یا به‌طور

جدول ۱۵-۵ مراحل بحرانی محصولات مختلف.

| محصول | مرحله بحرانی |
|------------|---|
| یونجه | درست پس از هر چین برای علوفه و در آغاز مرحله گل‌دهی برای تولید بذر |
| جو | اوایل مرحله دکمه‌ای < مرحله خمیری نرم < آغاز مرحله پنجه‌زنی یا رسیدگی |
| لوبیا | دوره گل‌دهی و تشکیل غلاف < دوره قبل از آن < دوره رسیدگی |
| کلم | در طی تشکیل و بزرگ شدن رأس |
| مرکبات | مراحل گلدهی و تشکیل میوه؛ با توقف آبیاری درست پیش از مرحله گل‌دهی می‌توان باعث گل‌دهی انبوه شد (لیمو) |
| پنبه | گل‌دهی و تشکیل غوزه < مراحل اولیه رشد < پس از تشکیل غوزه |
| ذرت | دوره لقاح از کاکل‌دهی تا مرحله آماس دانه‌ها < پیش از کاکل‌دهی < دوره‌های پر شدن دانه؛ دوره لقاح |
| سیب زمینی | مقادیر زیاد آب در خاک؛ پس از تشکیل غده‌ها، شکفتن تا زمان برداشت |
| سورگم | مرحله ریشه‌دهی ثانویه و پنجه‌زنی تا ساقه‌دهی < گل‌دهی و تشکیل دانه < دوره پر شدن دانه |
| آفتابگردان | در طی بذردهی و گل‌دهی - مرحله تکامل بذر |
| توت‌فرنگی | تکامل میوه تا رسیدگی |
| چغندرقد | سه تا چهار هفته پس از سبز شدن |
| نیشکر | دوره حداکثر رشد رویشی |
| گوجه‌فرنگی | وقتی که گل‌ها تشکیل شده‌اند و میوه‌ها به سرعت بزرگ می‌شوند |
| هندوانه | شکفتن تا زمان برداشت |
| گندم | در طی ساقه رفتن و ظهور گل‌ها و دو هفته قبل از لقاح |

مؤثر از آن استفاده نشود. برای رفع این مشکل، می‌توان سیستم را برای یک سال مطلوب‌تر (بالا‌تر از متوسط به لحاظ آب و هوایی) طراحی نمود. در این صورت، نیازهای آبی پیش‌بینی شده کاهش خواهد یافت و می‌توان زمین بیشتری را تحت پوشش آبیاری تکمیلی قرار داد و در سال‌هایی که نیاز به آبیاری تکمیلی کم است می‌توان استفاده بیشتری از منابع محدود آب کرد بدین ترتیب عملکرد در سال‌های خشک تا حدی کاهش خواهد یافت و به سبب استفاده از این راهکار تغییرات بیشتری خواهد داشت، اما میانگین درآمد در درازمدت می‌تواند افزایش یابد.

تأثیرات کمبود آب در دوره‌های بحرانی طی مراحل رشد ممکن است کاملاً جدی باشد. محصولات مقاوم به تنش آبی که معمولاً در شرایط کم‌آبیاری کشت می‌شوند نسبت به محصولات حساس، حساسیت کمتری به تنش آبی در مراحل رشد دارند. جدول ۱۵-۵ مراحل بحرانی را برای چند محصول مختلف ارائه کرده است. سه مرحله عمده‌ی فیزیولوژیکی در رشد محصولات مقاوم به خشکی عبارتند از: «اوایل رشد رویشی تا آغاز گلدهی»، «گلدهی» و «رشد زایشی».

عامل مهم دیگر در برنامه‌ریزی آبیاری توجه به رشد تدریجی ریشه و دستیابی آن به رطوبت ذخیره‌شده در اعماق بیشتر خاک می‌باشد. تحت شرایط کم‌آبیاری، جذب آب از بخش‌های پایینی منطقه توسعه ریشه بیشتر از حالتی است که گیاه تحت آبیاری کامل قرار دارد. برای مثال درحالی که عموماً چنین تصور می‌شود که عمق مؤثر ریشه گندم فاریاب حدود ۰٫۶ متر است، ریشه این گیاه تحت کم‌آبیاری ممکن است حتی تا عمق ۱ متر نیز رشد نموده و مقادیر قابل توجهی آب را از اعماق پایین‌تر جذب کند.

استفاده از آب شور

در به کارگیری آب شور برای آبیاری، مسائل متعددی بایستی مورد توجه قرار گیرند. از جمله: (۱) در دسترس بودن منابع آب آبیاری (هم شور و هم غیرشور)، (۲) توپوگرافی و خصوصیات مکانی، (۳) گیاه زراعی مناسب، و نیز (۴) روش‌های مدیریتی. شواهد تاریخی نشان می‌دهند که در طراحی و اجرای بسیاری از طرح‌های آبیاری، این عوامل کم‌وبیش مورد توجه کافی قرار نگرفته‌اند. در ذیل برای هر کدام از عوامل ذکر شده توضیح ارائه می‌شود.

منابع آب آبیاری

علاوه بر کیفیت منبع آب شور، بهترین حالت کاربرد آن برای تولید محصولات زراعی فراهم بودن یک منبع آب دیگر با کیفیت خوب می‌باشد. در دسترس بودن آب به اندازه‌ی کیفیت آن مهم است، به ویژه اگر منبع آب (چه شور و چه غیرشور) در اوقات مشخصی از سال در دسترس نبوده یا قابل اعتماد نباشد. برای مثال، وقتی که یک منبع کافی و مناسب از آب با کیفیت خوب حداقل در اوایل فصل در دسترس باشد و آب شور با کیفیت مناسب در اواخر فصل موجود و در دسترس قرار گیرد، استفاده از آب شور آسان می‌شود. یعنی مانند RDI، بایستی کاربرد آب شور در مدتی از دوره‌ی رشد که گیاه حساسیت کمتری به تنش شوری دارد محدود گردد.

ملاحظات مکانی

انتخاب مکان کشت شاید تنها و مهمترین عاملی باشد که پایداری بلندمدت کشاورزی فاریاب را در منطقه‌ای رقم می‌زند. اولین ملاحظه مکانی مربوط به توپوگرافی می‌باشد. نبود زهکش طبیعی یا مصنوعی برای تخلیه زه آب، با هیچ اقدام مدیریتی قابل جبران نیست. مثلاً، دوام بدون وقفه آبیاری در دلتای نیل برای هزاران سال به دلیل محل آن بوده و نه مدیریت آب در سطح مزرعه. آبیاری در حوضه‌های بسته که هیچگونه خروجی ندارند در نهایت منجر به شوری و تخریب خاک و منابع آب می‌گردد. دومین ملاحظه مکانی مربوط به لایه‌های محدودکننده نفوذ (لایه‌های سخت، لایه‌های رسی و غیره) به ویژه در نزدیکی سطح خاک است. وجود چنین لایه‌هایی ممکن است باعث ماندابی و متعاقباً شوری خاک (ظرف مدت چندین سال) شوند. مسلماً وقوع توأم هر دو حالت، موجب تشدید مخاطره ماندابی و شوری خواهد گردید. متأسفانه امروزه بسیاری از طرح‌های آبیاری براساس عوامل سیاسی و نه معیارهای مهندسی اجرا می‌شوند. در این گونه طرح‌ها، به ندرت مخاطرات بالقوه بلندمدت (که بر گروداران آب و یا محیط‌زیست تأثیر سوء می‌گذارند) مدنظر قرار می‌گیرند.

در برخی موارد، حتی آبخویی هم راه‌حلی قطعی برای مشکلات شوری نیست. به کارگیری آب شور برای آبیاری محصولات فاریاب در جایی که سطح ایستابی بالایی دارد، مواجه با محدودیت‌های زیادی

است. در چنین شرایطی افزایش آبتویی باعث خواهد شد که سطح ایستابی خیز بیشتری یافته و به سمت منطقه توسعه ریشه پیشروی کند. همچنین، در موقعیت‌هایی که به دلایل محیط زیستی و یا سیاسی امکان تخلیه زه آب نباشد، امکان به کارگیری آب شور نیز وجود نخواهد داشت.

با فرض اینکه هیچ‌یک از دو محدودیت فوق وجود نداشته باشند، کنترل سطح ایستابی و شوری خاک با ایجاد شبکه زهکشی ممکن می‌باشد. اما و به هر حال، این کار مستلزم تخلیه زه آب شور از منطقه است. اگر زه آب موجب مشکلاتی در پایین دست شود، تخلیه آن با محدودیت کامل / نسبی مواجه می‌گردد. در چنین حالتی، برنامه آبتویی و طراحی شبکه زهکشی باید براساس «حداقل سازی حجم زه آب» صورت پذیرد.

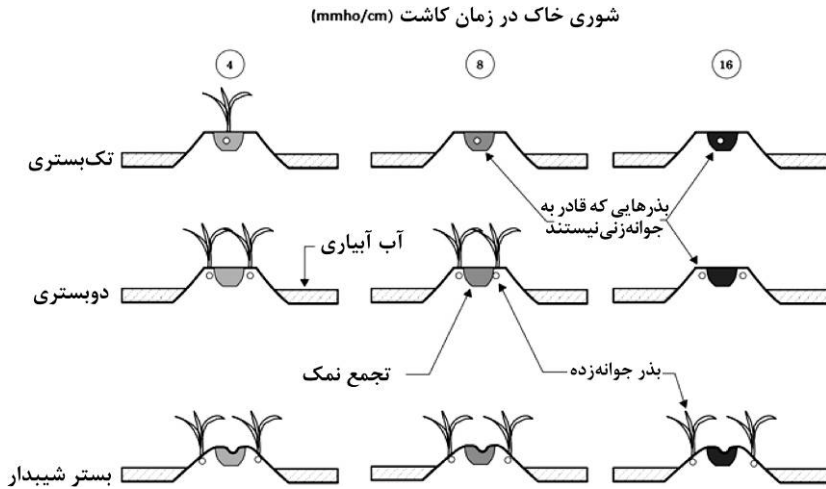
انتخاب گیاه زراعی

انتخاب گیاه زراعی یک تصمیم مهم مدیریتی برای به حداکثر رساندن سودآوری است. مطلوب‌ترین گیاهان برای آبیاری با آب شور بایستی دارای خصوصیاتی به شرح زیر باشند: (۱) بازار خوب و تقاضای بالا، (۲) ارزش اقتصادی بالا، (۳) سهولت مدیریت، (۴) مقاومت به شوری و یون‌های خاص، و نیز (۵) پتانسیل پایین در جذب و تجمع عناصر کمیاب. البته، کمتر گیاهی یافت می‌شود که تمامی این مشخصات را تماماً دارا باشد. برای مثال، معمولاً ارزش اقتصادی در واحد سطح کشت شده همبستگی منفی با تحمل محصول به شوری دارد، و بسیاری از محصولات با ارزش نسبت به شوری و/یا مسمومیت یون‌های خاص حساسند. با این حال، کشاورز باید تمامی این عوامل را متوازن کرده و دسته محصولاتی را انتخاب کند که در مجموع مطلوب‌ترین بهره‌وری را به دست آورد.

عامل دیگر در انتخاب نوع محصول نیاز آبی فصلی آن است. اگر منبع تأمین آب برای آبیاری دچار کمبود باشد، کاهش نیازهای آبیاری به هر طریق بایستی مد نظر باشد. با انتخاب گونه‌هایی که دوره عمر کوتاهی دارند یا آنهایی که دوره رشدی منطبق بر دوره بارش دارند می‌توان نیاز آبی مزرعه را کاهش داد. از آنجا که شرایط شوری هم باعث کاهش رشد گیاه و هم کاهش تبخیر تعرق فصلی می‌شود، به دست آوردن اطلاعات در مورد توابع «شوری- آب- محصول» حائز اهمیت است. در شرایط محدودیت آب از یک منبع آب شور، با داشتن این توابع برای محصولات مختلف، می‌توان ترکیب کشت بهینه (حداکثر سود) را مشخص نمود.

روش‌های مدیریتی

اقدامات مدیریتی مزرعه در خصوص بستر کشت، آبیاری، آبتویی و استفاده از مالچ‌ها می‌تواند کمک بزرگی در کاربرد آب شور برای آبیاری باشد. برای مثال آبیاری زیرسطحی قطره‌ای (Subsurface Drip Irrigation: SDI) روشی است که به منظور کاهش تبخیر، در آن تحویل آب به گیاه در زیر زمین (عمق



شکل ۲۳-۵ الگوهای تجمع نمک و تأثیر آن بر جوانه‌زنی بذر در موقعیت‌های مختلف بستر کشت.

مناسب) صورت می‌پذیرد. کاربرد توأم این سیستم آبیاری و مالچ می‌تواند تبخیر از سطح خاک را به صفر برساند. حذف تبخیر سطحی، به‌ویژه در آبیاری با آب شور بسیار مطلوب می‌باشد؛ زیرا از تجمع نمک‌ها در سطح خاک جلوگیری می‌نماید. مثال دیگر آماده‌سازی بستر کشت به روشی است که خسارت شوری را بر محصول کاهش دهد. شکل ۲۳-۵ برخی از گزینه‌های مطلوب که موجب تجمع نمک‌ها در محلی با فاصله از گیاه می‌شوند را نمایش می‌دهد.

مورد دیگر، مدیریت کوددهی تحت شرایط شوری است. اغلب کودها موجب افزایش شوری خاک و فشار اسمزی می‌شوند؛ لذا بایستی برنامه کوددهی به‌نحوی تنظیم گردد که کمترین خسارت را ایجاد نمایند. آبیاری از مهمترین راهکارهای کنترل شوری است. برنامه آبیاری می‌تواند مستقل از برنامه آبیاری تنظیم گردد؛ گرچه به‌صورت توأم اجرا می‌گردند. در هر حال، هدف عملیات آبیاری کنترل نمک‌ها با بهترین راندمان آبیاری و مصرف کمتر آب می‌باشد. توجه به مراحل حساس رشد گیاه نیز می‌تواند خسارات شوری را محدود نماید. شناخت درجه حساسیت گیاهان به شوری در مراحل مختلف رشد، کمک می‌نماید تا برنامه آبیاری با توجه به این حساسیت تنظیم گردد. گاهی شوری آب آبیاری کم ولی در دوره سالانه تجمع آن قابل توجه می‌گردد. به‌عنوان مثال، در جایی که تجمع نمک‌ها طی یک سال زراعی به آستانه شوری می‌رسد، عملیات آبیاری می‌تواند در طی فصل بارش (پاییز و زمستان، وقتی که آب اضافی موجود است) و بلافاصله پس از وقوع یک بارش کافی صورت پذیرد.

مدیریت خشکسالی

نوع گیاهان، راهبردهای مدیریتی و روش‌های آبیاری در هر منطقه معمولاً براساس الگوهای آب‌وهوایی مورد انتظار تعیین می‌گردند. خشکسالی یک انحراف از الگوی مورد انتظار به‌شمار می‌رود. در وقوع

خشکسالی شیوه‌های مرسوم و معمول آبیاری، ممکن است برای رویارویی با کمبود آب ناکافی باشند. بسته به شدت و مدت خشکسالی و اثر آن بر منابع آب کشاورزی، ممکن است کشاورزان در قبال «منابع آب کاهش یافته» و «تقاضای رو به افزایش» به چندین شکل واکنش نشان دهند. از آنجایی که معضل خشکسالی پدیده‌ای کم‌وقوع و پیش‌بینی‌ناپذیر است، جامعه تمایل دارد که با این مسأله مانند «سقف ترک خورده» برخورد نماید: وقتی باران می‌بارد که نمی‌توان سقف را تعمیر کرد و وقتی که باران نمی‌بارد نیازی به تعمیرش نیست!

آب یک منبع همگانی است و لذا معیار «مصرف بهینه» آن، به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی، به حداکثر رساندن منافع آبخیزنشینان است. تصمیمات تک‌تک افراد (مبتنی بر منفعت فردی) ممکن است همیشه این هدف را تأمین نکند. به‌طور مثال در طی خشکسالی با استفاده از یک منبع مشترک آب سطحی، توزیع آب میان آب‌بران به‌همان نسبت مقرر (از قبل تعیین شده)، خسارت خشکسالی را تشدید می‌نماید؛ زیرا موجب کاهش بهره‌وری همه تولیدکنندگان می‌شود. درحالی‌که با مشارکت گروه‌های کوچک آب‌بران (تجمیع سهم آب) می‌توان حداقل در بعضی مزارع بهره‌وری بالای آب را تضمین و از محل سود آن همه را بهره‌مند ساخت. مثال دیگر در ارتباط با زیان‌های ناشی از تصمیمات فردی می‌تواند افزایش بازده آبیاری در خشکسالی‌ها باشد. اگرچه افزایش بازده، راهبرد جذابی برای تولیدکنندگان بالادست (در برداشت آب اولویت دارند) می‌باشد، اما این اقدام می‌تواند سبب انتقال مشکلات از مصرف‌کنندگان بالادست به مصرف‌کنندگان پایین دست شود. در واقع، افزایش بازده موجب کاهش سهم «آب برگشتی» در مزارع بالادست می‌گردد، که خود منبع آبی برای پایین دست به‌شمار می‌رود. برای پیشگیری از این موارد و مانند آن، بایستی برنامه مدیریت خشکسالی (چارچوب‌های قانونی و سازمانی برای مدیریت و تقسیم آب) از قبل تدوین و اعلام شده باشد.

درعین حال، در وقوع کم‌آبی (مانند خشکسالی) واکنش‌های فردی کشاورزان به کمبود آب نیز حائز اهمیت است. خشکسالی در حقیقت خراب شدن وضعیتی است که انتظار خوب بودنش می‌رفته است؛ بنابراین یک وضعیت بحرانی است. از آنجاکه سیستم تأمین آب و مدیریت آبیاری برای شرایط مطلوب تنظیم شده‌اند، لازم است تمهیدات مناسب برای رویارویی با خشکسالی در نظر گرفته شود. گزینه‌های مدیریتی و فنی برای مقابله/سازگاری با خشکسالی بستگی به فرصت موجود برای آماده شدن و طول دوره آن دارد. عامل زمان می‌تواند برای سازگاری با منابع آب محدود با ارزش باشد. گزینه‌های موجود برای کشاورز، محدود به ظرفیت‌های موجود در هر دو حوزه فناوری و مدیریت آبیاری می‌باشد. در دامنه گزینه‌ها، واکنش‌های کشاورزان به خشکسالی را می‌توان به دو دسته تطبیق‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم کرد.

کوتاه مدت

وقتی آب کمیاب‌تر می‌شود، منطقی است که برای آب اولویت بیشتری (نسبت به سایر نهاده‌ها) لحاظ

گردد. شیوه‌ی کوتاه‌مدت مبتنی بر دو اصل صرفه‌جویی و کم‌آبیاری است. از آنجا که کم‌آبیاری قبلاً شرح داده شده، در اینجا موارد مرتبط با صرفه‌جویی مطرح می‌گردند. در یک سیستم ایده‌آل آبیاری آب را می‌توان بدون تلفات، ذخیره، منتقل و مصرف نمود. اما در دنیای واقعی این ایده‌آل به دلایل فنی و اقتصادی به ندرت به حقیقت می‌پیوندد. وجود هر گونه تلفات آب (مصرف آب بیش از حد)، فرصتی بالقوه برای صرفه‌جویی و بهبود بهره‌وری خواهد بود. برای افزایش بازده آبیاری، فهم روابط میان محصولات، خاک‌ها و سیستم‌های آبیاری ضروری و لازم به نظر می‌رسد. با دانستن عمق معمول ریشه برای محصولات تحت آبیاری و قابلیت نگهداشت آب خاک می‌توان مقدار آب آبیاری را در هر نوبت به دقت برآورد نمود. برآورد دقیق این کمیت و پخش صحیح آب در مزرعه موجب کاهش نفوذ عمقی و همچنین کاهش رواناب می‌شود.

مدت تحویل آب (به‌طور پیوسته) به هر قطعه زمین «مدت آبیاری» آن و فاصله زمانی بین هر دو آبیاری تعیین‌کننده «مدار آبیاری» است. این دو زمان بر حسب نوع محصول، خاک، فراهم بودن آب، و نیز روش آبیاری تغییر می‌کنند. متأسفانه در بسیاری موارد مدت آبیاری بدون در نظر گرفتن نیازهای دقیق مزرعه تعیین می‌شود. تا وقتی که آب به فراوانی عرضه شده و کالایی کم ارزش تلقی شود، کشاورزان تمایل چندانی به جلوگیری از تلفات و صرفه‌جویی آب نداشته و بازده پایین آبیاری را می‌پذیرند. در چنین شرایطی ممکن است کشاورزان به گونه‌ای آبیاری کنند که هیچ بخشی از مزرعه دچار تنش آبی نگردد (کفایت آبیاری ۱۰۰٪). اگرچه تحت شرایط عادی این رفتار کشاورزان کاملاً منطقی به نظر می‌آید، اما هنگام خشکسالی جلوگیری از این تلفات یک فرصت برای تأمین آب تلقی می‌شود.

یکنواختی آبیاری عاملی است که با داشتن کنش متقابل با کفایت آبیاری بر راندمان آبیاری تأثیر می‌گذارد. معمولاً پخش آب در مزرعه توسط سیستم‌های آبیاری به یکنواختی ۱۰۰٪ نمی‌رسد. در این زمینه، روش‌های ثقلی عموماً بدترین کارکردها را دارند. البته یکنواختی متأثر از مدیریت آبیاری نیز می‌باشد. در مواقع خشکسالی با متعادل ساختن یکنواختی و کفایت، می‌توان در صرفه‌جویی آب کوشید. مثلاً در آبیاری جویچه‌ای می‌توان سرعت پیشروی در جویچه را با جریان بیشتر افزایش داد و سپس بعد از آنکه آب به انتهای مزرعه رسید از شدت جریان ورودی کاسته و موجب کاهش رواناب شد؛ یا رواناب را می‌توان جمع‌آوری کرد و دوباره در قطعه دیگری مورد استفاده قرار داد. کاهش طول مزرعه نیز به بهبود یکنواختی آبیاری کمک می‌کند. در سیستم‌های بارانی کلاسیک و چرخ‌دار، بهبود یکنواختی با توجه بیشتر به شرایط باد ممکن می‌گردد.

بلندمدت

کمبود (Shortage) آب وقتی است که ناکافی بودن آب عارضه‌ای کوتاه‌مدت یا موقتی باشد. هرگاه کمبود آب در دوره‌های طولانی و یا مکرر وقوع یابد، از آن به‌عنوان کمیابی (Scarcity) آب یاد می‌شود

که می‌تواند دوره‌ای یا مزمن باشد. کمیابی ناشی از گذر مصارف از منابع بوده که می‌تواند در دو حالت وقوع یابد. اول: تغییر اقلیم موجب کاستن منابع آب شده باشد؛ و دوم: توسعه بی‌قاعده موجب افزایش غیرمعقول مصارف گردیده باشد. در هر حال، برای سازگاری با کمیابی آب (به‌صورت دوره‌ای یا مزمن) تغییر در زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری‌های تأمین، توزیع و کاربرد آب ضروری است. وقوع خشکسالی‌های با تواتر بیشتر و همچنین کاهش منابع در دسترس (در نتیجه اضافه‌برداشت‌ها) در بسیاری از نقاط کشور کمیابی دوره‌ای یا مزمن پدید آورده است. بنابراین ایجاد تغییراتی در زیرساخت‌های مزرعه مورد نیاز است. تغییراتی که اختصاصاً در واکنش به مخاطرات خشکسالی صورت می‌پذیرند مسلماً برای همیشه بر کارکرد شبکه و سیستم آبیاری (بازده، یکنواختی، کفایت، ...) تأثیر خواهد گذاشت. اگر بهبود بازده آب به‌صورت دائمی کشاورزان را در زمان خشکسالی یاری می‌کند می‌توان در ایجاد سیستم‌های آبیاری با راندمان بیشتر سرمایه‌گذاری نمود. تغییر در ترکیب محصولات برای همیشه، از جمله محصولات چند ساله، می‌تواند روش دیگری برای کاهش خطر تلفات در طی دوره‌ی خشکسالی باشد. اما از آنجا که خشکسالی بر حسب تعریف دائمی نیست باید دقت نمود که صرفاً به دلیل کاهش خطر تلفات در طی دوره خشکسالی از درآمد بلندمدت مزرعه کاسته نشود.

مسائل

۱. روش صحرائی تعیین دقیق بافت خاک را شرح دهید؟
۲. منظور از ترکیب و تراکم محصول چیست؟
۳. ضریب گیاهی به چه عواملی بستگی دارد؟
۴. مراحل انجام محاسبات برای تعیین نیاز خالص آبیاری با گام ماهانه را شرح دهید؟
۵. تأثیر شوری بر تولید محصولات کشاورزی را بیان نمایید؟
۶. مشکلاتی که ممکن است در حین اجرای برنامه آبیاری روی دهد شامل چه مواردی است؟
۷. کم آبیاری چگونه می‌تواند موجب ارتقاء بهره‌وری در تولید محصول گردد؟
۸. راهکارهای برنامه‌ریزی کم آبیاری شامل چه مواردی است؟
۹. مسائل مهمی که در به‌کارگیری آب شور برای آبیاری باید مورد توجه قرار گیرد را بیان نمایید؟
۱۰. واکنش‌های کشاورزان به خشکسالی به چند دسته تقسیم می‌شوند؟

بهره‌برداری شبکه‌های اصلی آبیاری

این فصل با یک مقدمه در مورد ارتباط مراحل قبل از ساخت و مرحله بهره‌برداری آغاز می‌شود. آن‌گاه، به تشریح اصول بهره‌برداری از شبکه اصلی پرداخته و فرایندها و دستورالعمل‌ها برای چگونگی بهره‌برداری از آن را پوشش می‌دهد. مطالب این فصل سپس، با بحث در مورد شکل‌های مختلف برنامه‌ریزی و زمان‌بندی آبیاری ادامه یافته و چارچوبی را برای طبقه‌بندی شکل‌های مختلف زمان‌بندی ارائه می‌دهد. بحث بعدی در مورد سیستم‌های کنترل شبکه است؛ زیرا شبکه‌ها تحت این سیستم‌های کنترلی بهره‌برداری می‌شوند. سپس، اندازه‌گیری جریان بحث خواهد شد. آن‌گاه، چگونگی تنظیم جریان برای جلوگیری از نوسانات سطح آب در کانال‌ها (و لذا بهبود تحویل آب) تشریح می‌شود. سپس فهرستی از فرایندها برای طرح‌ریزی، پایش و توزیع آب در سطح شبکه اصلی به‌همراه مثال‌های مختلف از روش‌های بهره‌برداری از شبکه اصلی، آورده شده است.

بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند به سه سطح تقسیم شود: (۱) شبکه‌های اصلی، تشکیل شده از کانال‌های درجه یک و دو؛ (۲) واحدهای درجه سه (مزارع)، تشکیل شده از کانال‌های درجه سه و چهار؛ (۳) قطعه زراعی، تشکیل شده از کانال‌ها و جوی‌های میان قطعات آبیاری. شبکه زهکشی، برعکس شبکه آبیاری، از مجاری کوچک آغاز شده و به انهار بزرگ منتهی می‌گردد. از آنجاکه در شبکه‌های زهکشی موضوعات/مسائل زیادی برای مدیریت نگهداری و بهره‌برداری ندارند (به‌جز وقتی که از پمپ استفاده شود) در این فصل به آنها پرداخته نشده است.

دلیل تقسیم‌بندی بهره‌برداری به این سه سطح در نوع مدیریت متفاوت آنها، هم‌به‌لحاظ «ترکیب سازمان‌ها و مردم درگیر» و هم‌به‌لحاظ «فرایندها و دستورالعمل‌های هر سطح» می‌باشد. در حال حاضر

اغلب شبکه‌های اصلی توسط دولت مدیریت می‌شوند، البته در برخی نقاط فرایند انتقال مدیریت به انجمن‌های آب‌بران در دست بررسی و/یا اقدام است. اگرچه اغلب، مدیریت واحدهای درجه سه و یا درون مزرعه بر عهده آب‌بران و یا انجمن آب‌بران (به صورت گروهی) می‌باشد. به هر حال، پایین‌ترین سطح مدیریت در سطح قطعه زراعی است. در این سطح، کشاورز آب تأمین شده تحت مدیریت دو سطح بالاتر را دریافت می‌دارد، و کاربرد آب آبیاری به زمین را خود مدیریت می‌نماید.

برای بهره‌برداری در سطح شبکه اصلی، رویکردهای معدودی در جهان وجود دارد. مسلماً آنچه در مرحله طراحی سازه‌های شبکه مشخص و سپس اجرا می‌شود موجب محدودیت‌هایی برای بهره‌برداری از شبکه می‌گردد. لذا، بسیار مهم است تا در زمان طراحی به مسائل دوره بهره‌برداری توجه جدی و کافی شود. در واقع، فرایندها و دستورالعمل‌های بهره‌برداری تابع موارد زیر می‌شوند:

- تعداد، توانایی/مهارت و هزینه نیروی انسانی موجود (در دسترس) برای مدیریت شبکه؛
 - منابع مالی در دسترس برای ساخت شبکه آبیاری و زهکشی؛
 - منابع مالی پیش‌بینی شده برای مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری؛
 - ماهیت خاک و آب (کمی و کیفی) و دسترسی به منابع آب؛
 - سطح فناوری موجود در کشاورزی و توانمندی کشاورزان (با آموزش و ترویج، تا حدی قابل جبران است)؛
 - منافع و بازگشت سرمایه کشاورزی فاریاب.
- عامل دیگر، «مکتب مهندسی آبیاری» است. مکاتب موجود، عمدتاً بر پایه تجارب حاصله در اروپا، هند، روسیه، و آمریکا پدید آمده‌اند. آشنایی و تبعیت مهندسیین طراح از هر کدام از این مکاتب خود محدودیت دیگری برای مرحله بهره‌برداری ایجاد می‌نماید.

فرایندهای بهره‌برداری از شبکه اصلی

هدف از بهره‌برداری شبکه اصلی، تطابق «عرضه آب در نقاط تحویل آب» با «تقاضای آب‌بران در همان نقاط» طبق زمان‌بندی معین می‌باشد. در سیستم‌های حسب تقاضا، تقاضای آب ممکن است براساس فناوری‌های پیشرفته (شامل حسگرهای رطوبت خاک) تعیین شود؛ و یا ممکن است صرفاً بر حسب تخمین کشاورزان (بدون هیچگونه محاسباتی از نیاز آبی واقعی گیاه) برای آبیاری قطعات مشخص، معلوم و تقاضا گردد. سه متغیر که عرضه آب آبیاری به آن بستگی دارد عبارتند از: «شدت جریان»، «مدت جریان»، و «تناوب عرضه» (یا فاصله بین دو عرضه). مدیریت عرضه آب (یا کنترل این متغیرها) در سطح شبکه اصلی تابع نوع، تعداد و موقعیت سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری و همچنین، مهارت کارکنان بهره‌برداری از شبکه می‌باشد. برای تعیین مقادیر این متغیرهای کلیدی (شدت، مدت و تناوب) نیاز به فرایندها و دستورالعمل‌های تدوین شده می‌باشد که در این قسمت تشریح شده است.



شکل ۱-۶ فرایندهای بهره‌برداری از شبکه اصلی.

فرایندهای بهره‌برداری از شبکه اصلی، شامل طرح‌ریزی «پیش-دوره»، بهره‌برداری «درون-دوره» و نیز ارزیابی «پس-دوره» می‌باشند (همان‌طور که در فصل ۳ معرفی شده‌اند؛ شکل ۱-۶).

قبل از دوره رشد، داده‌های اولیه از برنامه کاشت اراضی، آب قابل عرضه و در دسترس، بودجه تخصیصی، و نیز نیازهای عملیات نگهداری، جمع‌آوری می‌شوند. طی دوره رشد، برنامه‌های زمان‌بندی آبیاری بایستی تنظیم گردند، آب در شبکه توزیع شده، و داده‌های لازم برای پایش جمع‌آوری شوند. در دوره رشد، برای تداوم جریان آب در شبکه، عملیات نگهداری بایستی براساس برنامه مقرر و پیش‌بینی شده انجام گردد؛ همچنین، پردازش‌ها از بدهکاران وصول شوند. در پایان دوره رشد، نتایج عملیات و طرح‌ریزی، براساس داده‌های جمع‌آوری شده (در طی دوره و در انتهای دوره رشد)، مقایسه و ارزشیابی شوند. هدف این ارزشیابی، شناسایی کاستی‌های طرح‌ریزی و/یا پیاده‌سازی، به‌منظور بهبود شرایط آینده است.

به‌طور کلی، برنامه‌ریزی آبیاری در دو سطح صورت می‌گیرد:

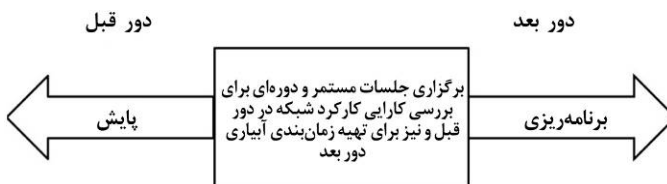
قبل از دوره کشت (قبل از آغاز آبیاری). در این دوره طرح‌ریزی براساس اطلاعات اخذشده از آب‌بران، که شامل ترکیب گیاهان و وسعت کشت اراضی و نیز نیازهای آبی ایشان می‌باشد، صورت می‌پذیرد. تخصیص‌های کلی آب آب‌بران در این مرحله مشخص می‌شوند.

در طول دوره رشد (همزمان با آبیاری). در این دوره و برای هر دور آبیاری، برنامه زمان‌بندی آبیاری (شدت، مدت، تناوب) برای هر نقطه تحویل آب، به‌طور دقیق مشخص می‌گردد. در واقع، به هر کشاورز براساس تخصیص‌های کلی، به‌تدریج آب تحویل می‌گردد.

طرح‌ریزی پیش از دوره رشد معمولاً برای شبکه‌هایی که مصارف و/یا منابع آنها از سالی به سال دیگر متغیر است ضرورت دارد. زیرا هر ساله قبل از شروع دوره رشد، بایستی از تطابق دبی مورد نیاز شبکه آبیاری با منابع پیش‌بینی‌شده اطمینان حاصل شود. چنین دستورالعمل‌هایی در میان کشورهای جماهیر شوروی سابق مانند آذربایجان و قرقیزستان رواج دارد. در این کشورها انجمن‌های آب‌بران شکل گرفته‌اند. هر ساله قبل از دوره رشد، آب‌بران تقاضای آبی خویش را همراه با جزئیات ترکیب کشت اراضی خود به انجمن‌ها ارائه می‌کنند. این تقاضاها توسط انجمن آب‌بران رسیدگی شده و قراردادی برای تأمین آب آبیاری (برطبق قواعد متناسب با ترکیب کشت هر مزرعه) بین انجمن و هر کدام از آب‌بران منعقد می‌گردد. همچنین پیش از دوره رشد، تقاضاهای تأمین آب آبیاری توسط انجمن‌ها جمع‌بندی و همراه با ترکیب کشت و نیازهای ماهانه آب برای مدیریت شبکه اصلی ارسال و نهایتاً قراردادی بین آنها برای فراهم کردن آب آبیاری امضا می‌شود.

برنامه‌ریزی درون-دوره برای هر شبکه آبیاری، اعم از آن که طرح‌ریزی پیش-دوره برای آن تهیه شده باشد یا خیر، ضروری است. اگر چه طرح‌ریزی پیش-دوره موجب تنظیم دامنه و رژیم جریان آب مورد نیاز می‌گردد، اما جزئیات کافی برای کنترل آب آبیاری را دربر ندارد؛ و لذا بایستی برنامه زمان‌بندی آبیاری تهیه گردد. علاوه بر این، برخی عوامل طی دوره رشد ممکن است تغییر یابند (نسبت به مقدار تخمین زده شده قبلی)؛ و لذا، موجب تمایز میان برنامه‌ریزی درون-دوره با طرح‌ریزی پیش-دوره شوند. نمونه‌هایی از این موارد عبارتند از: تغییرات ترکیب کشت توسط کشاورزان، تغییرات آب و هوا (گرم/سرد شدن هوا، کاهش/افزایش بارش)، تغییرات در مقدار آب قابل عرضه (خرابی شبکه یا پمپ‌ها، خشکسالی، ...). بنابراین، برنامه‌ریزی درون-دوره هم «زمان‌بندی دقیق تحویل آب» و هم «تنظیم مجدد برنامه بر حسب شرایط واقعی» را شامل می‌شود.

برنامه‌ریزی درون-دوره معمولاً در ابتدای هر دور آبیاری (۷، ۱۰ یا ۱۵ روزه) صورت می‌گیرد. برای این کار از اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به دور قبلی، شامل تقاضاهای آب آب‌بران و نیز دبی‌های واقعی عرضه‌شده، استفاده خواهد شد (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶ جلسات برنامه‌ریزی درون-دوره.

در یک شبکه با الگوی توافقی^۱، برنامه‌ریزی درون-دوره مهم بوده و باید با توجه به تقاضاهای آب‌بران و دبی‌های عرضه‌شده (از بالادست) برنامه زمان‌بندی آبیاری (تناوب) و تحویل آب (شدت و مدت) تنظیم شود. در شبکه با الگوی دور ثابت، برنامه‌ریزی درون-دوره بسیار ساده می‌باشد، زیرا عرضه (تناوب، شدت، مدت) ثابت بوده و این آب‌بران هستند که باید بر طبق عرضه صورت گرفته برنامه آبیاری خود را تنظیم کنند. در شبکه با الگوی تقاضا، برنامه‌ریزی و دستورالعمل‌های بهره‌برداری درون-دوره‌ای ساده‌ترین حالت را داراست. زیرا، تقاضای آب‌بران به صورت خودکار پاسخ داده می‌شود. این نوع توزیع آب مانند توزیع آب شهری، کاملاً در اختیار آب‌بران است که هرگاه تمایل به برداشت آب داشته باشند می‌توانند اقدام نمایند. مثال‌هایی از فرایندهای بهره‌برداری از شبکه‌ها برای این موارد در انتهای این فصل ارائه شده است.

عرضه آب در طول دوره آبیاری، در تطابق با نیاز آبی گیاه، دچار تغییراتی می‌گردد. در شبکه‌های توافقی، برای تشخیص و رفع این نیازهای متغیر، در هر دور آبیاری مدیریت شبکه اصلی به جمع‌آوری داده‌های تقاضای آب پرداخته و سپس برنامه‌ای برای تطبیق عرضه و تقاضا تنظیم می‌نماید. در برخی شمای‌ها، تقاضای آب آبیاری براساس ترکیب کشت کشاورزان برآورد می‌شود. در سایر شمای‌ها، تقاضاهای آبیاری توسط خود آب‌بران به مسئولین شبکه اعلان می‌شود. تناوب تغییرات در برنامه‌ریزی از شمایی به شمایی دیگر متفاوت می‌باشد. در برخی موارد برنامه‌ریزی‌ها به صورت روزانه و در سایر موارد ۷، ۱۰ یا ۱۵ روزه صورت می‌گیرد. برای مثال در شمای «گلبون-مورای» در استرالیا، آب‌بران درخواست‌هایشان را حداقل ۲ تا ۳ روز زودتر ثبت می‌نمایند. سپس، مسئولین شبکه برنامه‌ریزی مناسب را انجام داده و آب را مطابق درخواست به ایشان تحویل خواهند داد. در شمای «جاوه شرقی» در اندونزی، وضعیت ترکیب کشت هر ده روز یک‌بار ارزیابی می‌شود. سپس، برای ده روز آینده برنامه‌ریزی آبیاری صورت می‌گیرد. بنابراین، هرچند در شمای «گلبون-مورای» عرضه آب آبیاری روزانه تفاوت می‌یابد، اما در شمای «جاوه شرقی» دبی‌ها هر ده روز یک‌بار تغییر می‌کنند. اگرچه فرایندهای مشابهی در هر دو مورد به کار می‌رود، ولی اختلاف معنی‌داری بین تلاش مدیریتی مورد نیاز در این دو روش وجود دارد.

برای موارد زیر، ضروری است که آب تخصیصی در طی دوره آبیاری پایش و ثبت شود:

- دانستن مقدار آب تحویل‌شده؛ به خصوص اگر تخصیص از قبل طرح‌ریزی شده باشد؛
- تعیین پدازه آب‌بران (یا گروهی از آب‌بران) به‌ازای آب تحویلی؛
- بازخور دادن نتایج به فرایند طرح‌ریزی برای دوره بعد به منظور رفع ایرادات و بهبود برنامه؛
- پایش و ارزشیابی «کارایی کارکرد» فعالیت‌های بهره‌برداری.

در بسیاری از شبکه‌های آبیاری بخشی از وظیفه میراب‌ها ثبت و پایش دبی (در کانال‌ها و نقاط تحویل)

۱. شبکه‌های آبیاری از نظر نوع توزیع آب به دو گروه «متغیر» در مقابل «ثابت» تقسیم می‌گردند. در گروه اول، رویکردهای فرعی متعددی وجود دارند. از جمله رویکردهای توافقی (Arranged).

و کمک به فرایند جمع‌آوری پرده‌ها می‌باشد. پایش و ثبت اطلاعات برای ارزیابی کارایی کارکرد بهره‌برداری بسیار مهم می‌باشد. جداول ۱-۶ الف تا ۱-۶ ج جداگانه دستورالعمل‌های بهره‌برداری و پایش برای شبکه‌های مختلف، و همچنین رابطه میان سطح طراحی شبکه و سطح مدیریت بهره‌برداری مورد نیاز را ارائه می‌دهند.

ایجاد سیستمی مناسب برای ثبت دبی‌ها بسیار مناسب می‌باشد. معمولاً، برای این کار نیاز به فرم‌های استاندارد دارد. چنین فرمی دارای نمودار دبی-اشل یا جداول دبی برای سازه‌های اندازه‌گیری است. علاوه بر این، برای جلوگیری از اختلافات ناشی از اندازه‌گیری‌ها و ثبت اطلاعات، دستورالعمل‌هایی برای تعریف دقیق نقش هر کدام از آب‌بران، تأمین‌کنندگان خدمات و/یا کارکنان مزرعه تهیه می‌شود. مثالی از فرم استاندارد ثبت اطلاعات دبی در جدول ۲-۶ آورده شده است. در این فرم ثبت داده‌های مورد نیاز برای برنامه‌ریزی زمانی آبیاری با توجه به دور آبیاری (ده روزه، ۲۴-۱۵ تیر)، برای ۱۵ واحد درجه سه ذیل یک کانال درجه دو (B3) با چهار انجمن آب‌بران را نشان می‌دهد. داده‌های اصلی عبارتند از: مساحت اراضی فاریاب و تقاضای دبی (شدت و مدت) آن. سپس زمان‌بندی تحویل آب برای این دوره ۱۰ روزه، با توجه به آب در دسترس، برنامه‌ریزی می‌شود. در این مثال آب به اندازه کافی وجود داشته و برنامه تنظیم شده توانایی تأمین نیازها را دارد. ستون‌های ۱ تا ۴ جدول ۲-۶ از قبل پر شده‌اند. برای هر دور آبیاری و براساس تقاضای کشاورزان ستون‌های ۵ تا ۷ تکمیل می‌شوند. اکنون از انتهای شبکه (آخرین آبگیر) با جمع زدن دبی هر انجمن و تلفات آب در طول کانال مقدار دبی رهاشدنی از نقطه کنترل بالادستی مشخص می‌شود. برای مثال ۳۳۱ لیتر بر ثانیه جمع ۱۹۴ (نیاز آبیاری انجمن آب‌بران سی‌یال) و تلفات مسیر انتقال (از کنترل بالادستی تا محل آبیاری این انجمن) است. راندمان کلی توزیع آب در این بخش از شبکه ۷۰٪ بوده، گرچه به سمت بالادست کانال B3 مقادیر راندمان بیشتر از این می‌باشد (افزایش دبی منجر به بهبود راندمان شده است). این محاسبات تا نقطه آبیاری از رودخانه ادامه یافته و به عدد ۱۲۸۲ لیتر بر ثانیه منجر می‌شود. وقتی که زمان دوره به پایان رسید، متوسط دبی واقعی (تحویل شده) و مدت آن برای هر آبگیر (نقطه برداشت) ثبت شده و نسبت‌های «کارایی کارکرد تحویل» محاسبه می‌شود (ستون‌های ۱۱ تا ۱۳، جدول ۲-۶). شکل ۳-۶ بر روی یک نقشه شماتیک از شبکه، اطلاعات مربوط به یک دور آبیاری را همراه با DPR نشان می‌دهد. در این شکل، دبی برنامه‌ریزی شده، دبی واقعی (اندازه‌گیری شده) و DPR در جعبه‌های مربوطه قرار گرفته‌اند. چنین تصویری کمک می‌کند تا کارایی کارکرد شبکه و توزیع آن در یک نگاه ارزیابی شود. مسلماً بررسی و تحلیل بیشتر، معلوم می‌کند که انحرافات از برنامه چرا به وجود آمده و چگونه قابل کنترل است. نمونه‌های دیگری از فرم‌های ثبت عملکرد در انتهای این فصل آورده شده است.

جدول ۱-۱- الف. موانع‌های بهره‌برداری در روش عرضه «سبکی»

| شرح | نمونه مکان | سازه کنترلی | سازه اندازه‌گیری | گشت | نیازمندی | | برنامه پایش |
|---|---|--|---|---|---------------------|-------------|---|
| | | | | | فناوری نیروی انسانی | داده برداری | |
| توزیع به نسبت سطح مقطع آبیگر (مقدار ثابت، تناوب ثابت) آب به نسبت مجاری توزیع می‌گردد | ایبری دانه‌ها در تپال | مجاری آبیگر بدون دریچه یا بنداز | مکانی مطلق مشخص | کشتاورزان ترکیب گشتی متناسب با رژیم جریان آب دارب | کم | کم | پایش سازه‌های کنترول و اسمینان از عدم گرفتگی کامل و جزئی مجاری آبیگر. -حجم آب تحویل با توجه به سطح مقطع (در زمان ساخت) تثبیت شده است. -با کاهش جریان در کانال‌های اصلی به‌همان نسبت به میزان آب دریافتی آب‌بران کاهش می‌یابد. |
| | | | | | متوسط | متوسط | |
| توزیع آب در کانال اصلی بر اساس سطح آبیگر گشت شده تخصصی آب در واحد واریندی در شمال پاكستان و هند، در گت بر اساس تناوب آبیاری معین (در طول دوره رشد تغییر می‌کند) | ششگه‌های وابندی در شمال پاكستان و هند، در گت بر اساس تناوب آبیاری معین (در طول دوره رشد تغییر می‌کند) | دریچه آبیگر قابل تنظیم در محل تحویل آب به واحد آبیگر مزاحمتی در پار و بسته | استفاده از قنوم‌های متناسب با میزان متوسط عرضه آب سه‌ساله و رژیم جریان انتخابی می‌کند | کم | متوسط | متوسط | پایش سازه‌های کنترول و اسمینان از عدم گرفتگی کامل و جزئی مجاری آبیگر. -حجم آب تحویل با توجه به سطح مقطع (در زمان ساخت) تثبیت شده است. -با کاهش جریان در کانال‌های اصلی به‌همان نسبت به میزان آب دریافتی آب‌بران کاهش می‌یابد. |
| | | | | متوسط | متوسط | محدود | |

جدول ۱-۱- ب. موانع‌های بهره‌برداری در روش عرضه «توالفی»

| شرح | نمونه مکان | سازه کنترلی | سازه اندازه‌گیری | گشت | نیازمندی | | برنامه پایش |
|---|---|------------------|------------------|-------|---------------------|-------------|---|
| | | | | | فناوری نیروی انسانی | داده برداری | |
| توزیع و تخصصی آب بر اساس سطح زیر گت و به تناسب نیاز آبی گت (در طول دوره رشد تغییر می‌کند) | جازه شرقی در اندووری | چسبازی در یخچادر | لازم دارد | مختلف | بالا | بالا | برنامه زمانی توزیع آب هفتگی یا ۱۰ روزه و بر اساس نیاز آبی گیاهان و سطح گت‌شده به‌انجام می‌رسد اگر ششگه یا گت‌های مواجهه شده به‌همان میزان از آب تحویل می‌شود. -دریچه‌ها در کانال اصلی، درجه دو و آبیگرهای درجه سه باستانی اندازه‌گیری شوند و با مقادیر برنامه مقایسه می‌گردد. هدف تحویل سطح برنامه و اندازه آب می‌باشد. |
| | | | | مختلف | بالا | بالا | |
| توالفی با شدت و مدت محدود توزیع آب بر اساس تقاضای آب کشاورزان (بر اساس تقاضای گت‌بازان) تنظیم می‌شود. | گت‌بازان در استان‌ها مانند بیلان و خاکی | چسبازی در یخچادر | لازم دارد | مختلف | بالا | بالا | برنامه زمانی تحویل آب به‌طور منظم (روزانه هفتگی یا ۱۰ روزه) بر اساس تقاضای گت‌بازان تنظیم می‌شود. توزیع آب با هدف تامین تقاضا ضمن توجه به حجم آب موجود است. |
| | | | | مختلف | بالا | بالا | |

توالفی با شدت محدود

جدول ۱-۶ مولفه‌های بهره‌برداری در روش عرضه «تقاضا»

| شرح | نمونه مکان | سازه کنترلی | سازه اندازه‌گیری | کشت | نیازمندی | | | برنامه پایش |
|--|--------------|----------------|------------------|-------|-----------|----------------------|--------------|--|
| | | | | | فناوری | نیروی انسانی | برنامه زمانی | |
| تقاضا | | | | | | | | |
| توزیع آب به تناسب بازشدن شئیر برداشت توسط کشاورز | اکسین فرانسه | خودکار/ هوشمند | لازم دارد | مختلف | خیلی بالا | تعداد کم، مهارت بالا | کم | پایش مستمر تراز آب و دی‌ها، عکس‌العمل سریع به درخواست آب آبیاری، پایش سیستم‌های خودکار و اطمینان از صحت کارکرد آنها. برنامه‌ریزی دقیق برای اطمینان از کفایت آب عرضه‌شده. |

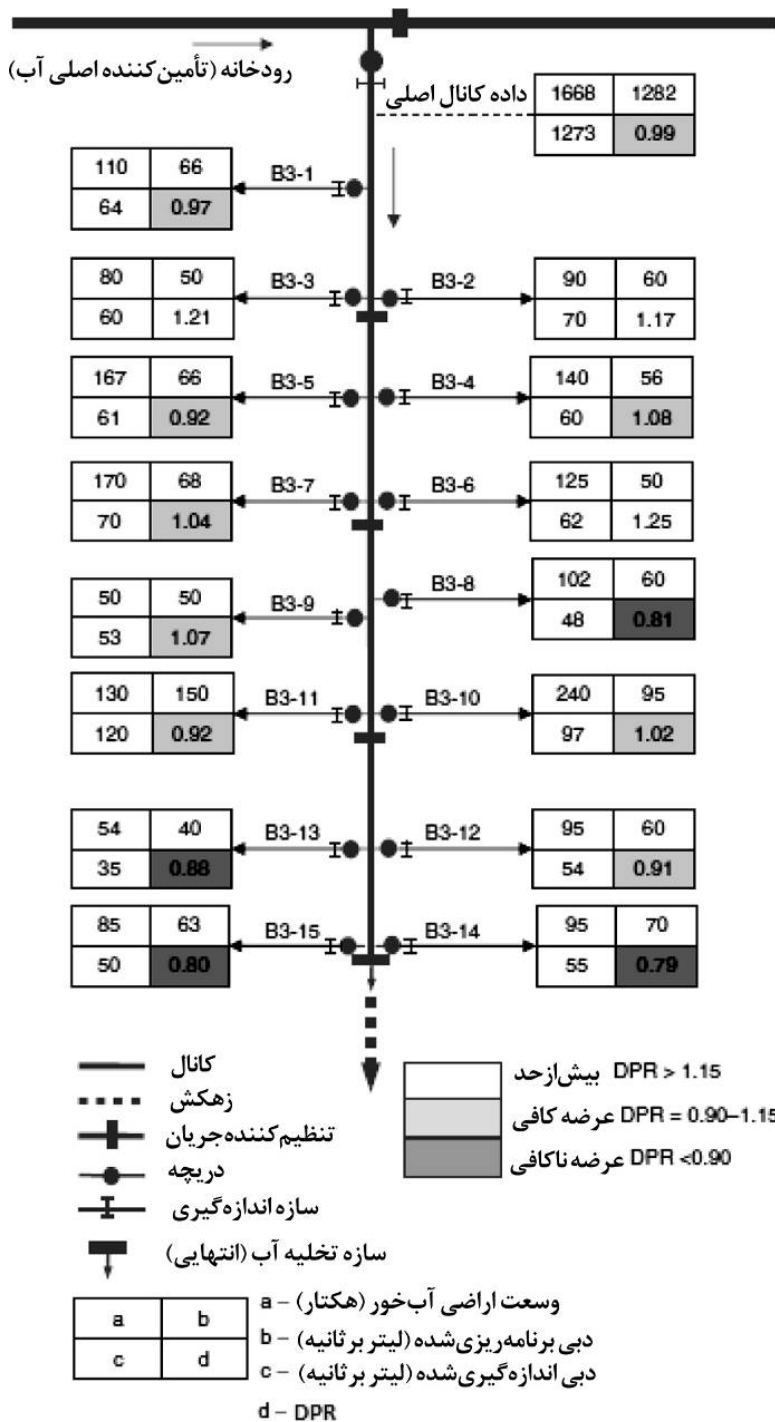
جدول ۲-۶ یک نمونه فرم پردازش و تحلیل تخصیص آب با دوره ۱۰ روزه

| شماره فرم: 08 | عنوان فرم: ثبت تقاضا، برآورد تخصیص و ارزیابی تحویل آب | | | | | | | | | | نام کانال: B3 | |
|---------------|---|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------------------|---------------|--------------|
| | نام شبکه: کانال | نام کانال درجه دو یا سه | مساحت آبخور (ha) | ظرفیت طراحی شده (l/s) | مساحت آبیاری (ha) | شدت (l/s) | مدت (h) | شدت (l/s) | مدت (h) | تخصیص برنامه‌ریزی شده | واقعی | شاخص ارزیابی |
| شماره ستون‌ها | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ |
| - | B3 | ۱۶۶۸ | ۲۸۵۲ | ۴ | - | ۵ | - | - | - | ۱۲۸۲ | ۱۲ | ۰.۹۹ |
| کانال | B3-1 | ۱۱۰ | ۱۳۲ | ۲۰ | ۶۶ | ۶۶ | ۲۴ | ۶۶ | ۲۴ | ۶۴ | ۲۴ | ۰.۹۷ |
| | B3-2 | ۹۰ | ۱۰۸ | ۱۸ | ۶۰ | ۶۰ | ۲۴ | ۶۰ | ۲۴ | ۷۰ | ۲۴ | ۰.۱۷ |
| | B3-3 | ۸۰ | ۹۶ | ۱۵ | ۵۰ | ۵۰ | ۲۴ | ۵۰ | ۲۴ | ۶۰ | ۲۴ | ۰.۲۱ |
| کل | B3-4 | ۲۸۰ | - | ۵۳ | ۱۷۵ | ۲۴ | ۱۷۵ | ۲۴ | ۱۷۵ | ۱۰۳۱ | ۲۴ | ۰.۱۱ |
| کجور | B3-5 | ۱۴۰ | ۱۶۸ | ۱۷ | ۵۷ | ۲۴ | ۵۷ | ۲۴ | ۵۷ | ۶۰ | ۲۴ | ۰.۰۸ |
| | B3-6 | ۱۶۷ | ۲۰۰ | ۲۰ | ۶۶ | ۲۴ | ۶۶ | ۲۴ | ۶۶ | ۶۱ | ۲۴ | ۰.۹۲ |
| | B3-7 | ۱۲۵ | ۱۵۰ | ۱۵ | ۵۰ | ۲۴ | ۵۰ | ۲۴ | ۵۰ | ۶۲ | ۲۴ | ۰.۲۵ |
| | B3-8 | ۱۷۰ | ۲۰۴ | ۲۰ | ۶۸ | ۲۴ | ۶۸ | ۲۴ | ۶۸ | ۷۰ | ۲۴ | ۰.۰۴ |
| کل | B3-9 | ۶۰۲ | - | ۷۲ | ۲۳۹ | ۲۴ | ۲۳۹ | ۲۴ | ۲۳۹ | ۶۸۹ | ۲۴ | ۰.۰۶ |
| مریان | B3-10 | ۱۰۲ | ۱۲۲ | ۱۸ | ۶۰ | ۲۴ | ۶۰ | ۲۴ | ۶۰ | ۴۸ | ۲۴ | ۰.۸۱ |
| | B3-11 | ۵۰ | ۶۰ | ۱۵ | ۵۰ | ۲۴ | ۵۰ | ۲۴ | ۵۰ | ۵۳ | ۲۴ | ۰.۰۷ |
| | B3-12 | ۲۴۰ | ۲۸۸ | ۲۹ | ۹۵ | ۲۴ | ۹۵ | ۲۴ | ۹۵ | ۹۷ | ۲۴ | ۰.۰۲ |
| | B3-13 | ۶۵ | ۷۸ | ۱۴ | ۴۶ | ۲۴ | ۴۶ | ۲۴ | ۴۶ | ۵۲ | ۲۴ | ۰.۱۲ |
| کل | B3-14 | ۴۵۷ | - | ۷۶ | ۲۵۰ | ۲۴ | ۲۵۰ | ۲۴ | ۲۵۰ | ۳۳۱ | ۲۴ | ۰.۰۰ |
| سی یال | B3-15 | ۹۵ | ۱۱۴ | ۱۸ | ۶۰ | ۲۴ | ۶۰ | ۲۴ | ۶۰ | ۵۴ | ۲۴ | ۰.۹۱ |
| | B3-16 | ۵۴ | ۶۵ | ۱۲ | ۴۰ | ۲۴ | ۴۰ | ۲۴ | ۴۰ | ۳۵ | ۲۴ | ۰.۸۸ |
| | B3-17 | ۹۵ | ۱۱۴ | ۲۱ | ۷۰ | ۲۴ | ۷۰ | ۲۴ | ۷۰ | ۵۵ | ۲۴ | ۰.۷۹ |
| | B3-18 | ۸۵ | ۱۰۲ | ۱۹ | ۶۳ | ۲۴ | ۶۳ | ۲۴ | ۶۳ | ۵۰ | ۲۴ | ۰.۸۰ |
| کل | B3-19 | ۳۲۹ | - | ۷۰ | ۲۳۲ | ۲۴ | ۲۳۲ | ۲۴ | ۲۳۲ | ۰ | ۲۴ | ۰.۸۴ |
| جمع کل | B3-20 | ۱۶۶۸ | - | ۲۷۱ | ۸۹۷ | ۲۴ | ۸۹۷ | ۲۴ | ۸۹۷ | ۸۹۱ | ۲۴ | ۰.۹۹ |

برنامه زمانی عرضه آب آبیاری

برنامه زمانی عرضه / تحویل آب آبیاری بخشی اساسی از بهره‌برداری هر شبکه آبیاری است. سه متغیر که در برنامه زمانی آبیاری کاربرد دارند عبارتند از: (۱) تناوب آبیاری، (۲) شدت جریان تحویلی، (۳) مدت تحویل آب.

تناوب نشان می‌دهد که فواصل عرضه آب به چه صورتی می‌باشد (برای مثال روزانه، هفتگی، هر دو هفته). شدت جریان، کمیت جریان تحویلی را نشان می‌دهد. مدت جریان، طول برقراری جریان (ثانیه‌ها، دقیق، ساعات، روزها) تحویلی را نشان می‌دهد. حاصلضرب شدت جریان در مدت آن، حجم



شکل ۳-۶ نمونه نمودار محاسبه و تحلیل کارایی کاربرد تحویل آب برای یک دوره زمانی معین.

آب تحویل شده برای هر واقعه آبیاری را نشان می‌دهد. در این بخش از کتاب مباحث برای شبکه‌های ثقلی مطرح شده است. تراز آب در این نوع شبکه‌ها، معادل فشار آب در شبکه‌های تحت فشار می‌باشد. بنابراین، خواننده می‌تواند براساس این شباهت مطالب کتاب را برای شبکه‌های تحت فشار بسط داده و تفسیر نماید. ترکیب‌های مختلف این متغیرها سه نوع اصلی عرضه آب آبیاری را در بر می‌گیرند: (۱) جریان دائمی، (۲) جریان چرخشی، (۳) جریان حسب تقاضا.

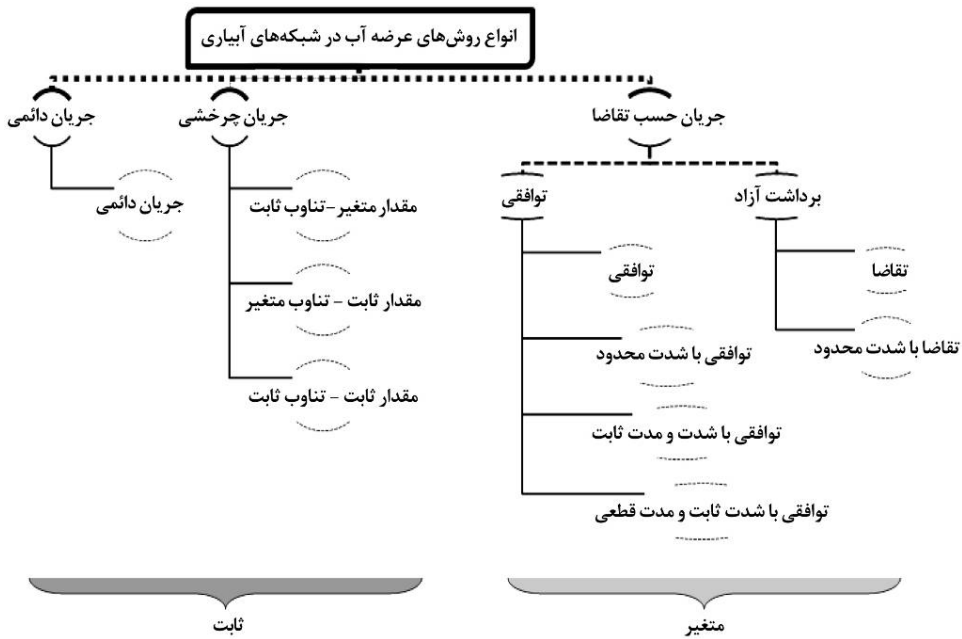
در نوع جریان دائمی، همان‌طور که از نامش برمی‌آید، کانال‌ها پیوسته از آب پر هستند (یعنی ۲۴ ساعت روز و ۷ روز هفته). متغیر اصلی در عرضه آب به روش جریان دائمی، شدت جریان بوده، و دو متغیر دیگر ثابت و از پیش تعریف شده‌اند. در آبیاری با جریان چرخشی، عرضه آب بین نقاط تحویل در چرخش می‌باشد. در این نوع، کانال‌ها در طول دوره آبیاری برخی مواقع پر، نیمه پر یا خالی هستند. تناوب و مدت جریان، در کنار شدت جریان، از متغیرهای کلیدی می‌باشند. در جریان حسب تقاضا عرضه می‌تواند دائمی یا چرخشی باشد، زیرا تماماً بر حسب تقاضای کشاورزان در نقاط تحویل است.

تصمیم‌گیری در مرحله طراحی برای تعیین شدت، تناوب و مدت جریان عرضه شده در نقاط مختلف یک شبکه آبیاری بستگی به سازه‌های کنترلی و اندازه‌گیری، ظرفیت کانال‌ها و دستورالعمل‌های بهره‌برداری دارد. برای مثال، برای تصمیم‌گیری در مورد چرخش عرضه آب آبیاری در محدوده‌ای از یک شبکه، باعث افزایش ظرفیت کانال‌های این محدوده شده و نیازمند وجود/ تأسیس سازه‌های کنترلی جریان (و سازه‌های اندازه‌گیری) برای تنظیم جریان می‌باشد. ایجاد این سازه‌های کنترلی نیازمند افرادی برای راهبری آنها و نیز نیازمند دستورالعمل‌های اندازه‌گیری مشخص برای چگونگی بهره‌برداری از این سازه‌ها می‌باشد.

این نکته را باید خاطر نشان کرد که ارتباط تنگاتنگی میان ذخیره‌سازی با تناوب، شدت و مدت جریان وجود دارد. ذخیره‌سازی بخش مهمی از عرضه آب آبیاری در شبکه می‌باشد. مخزن ذخیره‌سازی ممکن است در شبکه اصلی و یا در واحدهای درجه سه، قطعه زراعی و حتی در منطقه توسعه ریشه باشد. مقیاس زمانی ذخیره‌سازی معمولاً شبانه و/ یا برای چندین روز است.

به‌طور کلی با استفاده از این سه متغیر، اشکال مختلف برنامه زمانی عرضه آب عموماً به دو نوع تقسیم می‌شوند: (۱) برنامه زمانی ثابت، (۲) برنامه زمانی متغیر.

شکل‌های ۴-۶ و ۵-۶ خلاصه‌ای از برنامه‌های زمانی‌های مختلف را به‌لحاظ نحوه ترکیب این سه متغیر (تناوب، شدت و مدت جریان) نشان می‌دهد. در این شکل، برنامه کاملاً متغیر (تقاضا) در بالا- سمت چپ و برنامه کاملاً ثابت (مقدار ثابت، تناوب ثابت) در پایین- سمت راست، قرار گرفته است. برخی مثال‌هایی از انواع برنامه‌ریزی‌ها در کشورهای مختلف و شمای‌های مختلف هر کشور در جدول ۱-۶ قابل مشاهده است.



شکل ۴-۶ انواع روش‌های عرضه آب.

برنامه زمانی عرضه ثابت

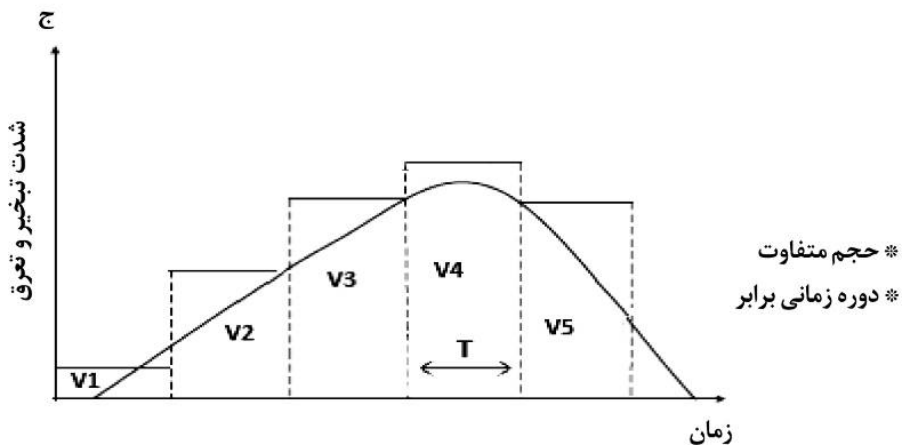
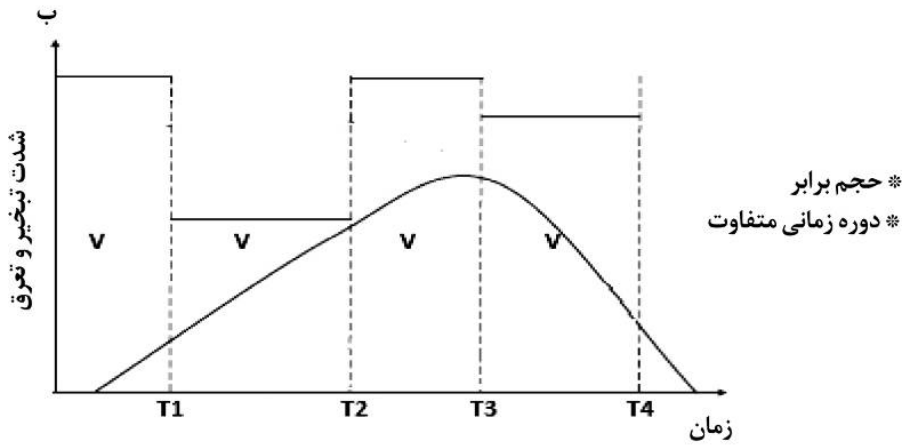
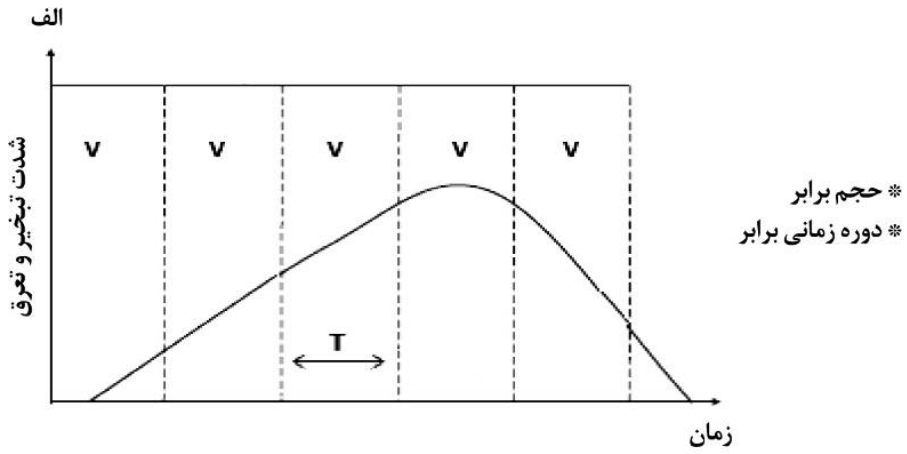
انواع برنامه‌های زمانی ثابت «از پیش تعیین شده» با «عرضه آب کنترل شده» شامل موارد ذیل هستند: (۱) مقدار ثابت-تناوب ثابت، (۲) مقدار ثابت-تناوب متغیر، (۳) مقدار متغیر-تناوب ثابت. تطابق این سه برنامه زمانی با دوره رشد گیاهان در نمودارهای رسم شده در شکل ۶-۶ به خوبی تشریح شده است. نمودارها، حجم آب تحویل داده شده در مقابل تقاضای آبیاری محصولات را نشان می‌دهند. مطابق قسمت الف این شکل، برنامه زمانی «مقدار ثابت - تناوب ثابت» توانایی کمتری برای تطبیق با تقاضای آب آبیاری دارد. این نوع برنامه، بسته به حجم واقعی آب تحویل داده شده در هر نوبت آبیاری، موجب کم یا زیاد شدن عرضه آب در برخی مراحل رشد می‌شود. نمونه آخر، «مقدار متغیر - تناوب ثابت» (قسمت ج در شکل ۶-۶) توانایی بهتری برای تطبیق آب آبیاری مورد نیاز دارد. اما، این نوع برنامه نیازمند داده‌های مدیریتی زیادتری (برای تشخیص مقدار آب مورد تقاضا) می‌باشد. بدیهی است تطبیق آبیاری بر نیاز آبی گیاه موجب افزایش بهره‌وری آب می‌گردد.

برنامه زمانی عرضه متغیر

برنامه زمانی عرضه متغیر (تقاضا) توسط آب بر کنترل می‌شود، اگرچه در برخی از انواع آن نیازمند توافق بین تأمین‌کنندگان خدمات آبیاری برای عرضه آب و تقاضای کشاورزان می‌باشد. انواع برنامه‌های زمانی مختلف مربوط به این قسمت در زیر تشریح شده‌اند.

| | | شدت * مدت = مقدار | | | ثابت | |
|--|--|---|---|--|--|--|
| متغیر | متغیر | | | | ثابت | |
| شدت: نامحدود مدت: نامحدود تناوب: نامحدود | تناوب یا شدت محدود شدت: محدود مدت: نامحدود تناوب: نامحدود | تناوب یا شدت محدود شدت: محدود مدت: نامحدود تناوب: نامحدود | | | مقدار ثابت - تناوب متغیر شدت: قطعی مدت: قطعی تناوب: قطعی (متغیر زمان) | |
| | تناوب: نامحدود تناوبی تناوبی | تناوبی یا شدت محدود شدت: محدود مدت: نامحدود تناوب: نامحدود | | | مقدار ثابت - تناوب ثابت شدت: قطعی مدت: قطعی تناوب: قطعی | |
| | تناوب: نامحدود تناوبی تناوبی | تناوبی یا شدت محدود شدت: محدود مدت: نامحدود تناوب: نامحدود | تناوبی یا شدت ثابت و مدت ثابت شدت: ثابت (یک آبیاری) مدت: ثابت (یک آبیاری) تناوب: تناوبی | | مقدار ثابت - تناوب ثابت شدت: قطعی مدت: قطعی تناوب: قطعی | |
| | تناوب: نامحدود تناوبی تناوبی | تناوبی یا شدت محدود شدت: محدود مدت: نامحدود تناوب: نامحدود | تناوبی یا شدت ثابت و مدت ثابت شدت: ثابت (یک آبیاری) مدت: قطعی یا توجه به ضوابط تناوب: تناوبی | | مقدار ثابت - تناوب ثابت شدت: قطعی مدت: قطعی تناوب: قطعی | |

شکل ۶-۵ طبقه‌بندی روش‌های عرضه آب بر اساس تناوب و مقدار عرضه آب.



شکل ۶-۶ نمودار برنامه‌های زمانی مختلف آبیاری در ارتباط با نیاز آبی گیاه. (الف) مقدار ثابت، تناوب ثابت؛ (ب) مقدار ثابت، تناوب متغیر. (ج) مقدار متغیر، تناوب ثابت.

تقاضا

در این نوع برنامه زمانی هیچگونه محدودیتی به لحاظ شدت، مدت و تناوب در برداشت آب وجود ندارد. در شبکه‌های ثقلی، اجرای اینگونه برنامه زمانی نیازمند اندازه مناسب کانال‌ها و خودکارسازی سیستم‌های کنترل بوده و نیز ذخیره‌سازی آب نقش بسیار مهمی را در آن ایفا می‌کند. علاوه بر این، نیازمند هیچگونه هماهنگی نیست و آب‌بران می‌توانند مستقلاً برای برداشت آب اقدام نمایند. بدیهی است که چنین سیستمی نیازمند قیمت‌گذاری دقیق آب به منظور جلوگیری از مصرف بی‌رویه آن می‌باشد.

تقاضا با شدت محدود

باتوجه به محدودیت ظرفیت انتقال و توزیع آب در برخی شبکه‌ها، به‌عنوان یک روش مدیریتی، می‌توان شدت جریان در نقاط برداشت را در سقف معینی محدود نمود. اگرچه تغییر شدت زیرحد معین شده مجاز بوده و محدودیتی برای تناوب و مدت وجود ندارد. برای اجرای این نوع برنامه زمانی نیز خودکارسازی شبکه ضرورت پیدا می‌کند. سایر موارد مذکور در مورد «تقاضا» برای این مورد نیز صدق می‌کند.

توافقی

هیچگونه محدودیتی به لحاظ شدت، مدت و تناوب برای برداشت وجود ندارد. اما، فقط قبل از زمان تحویل آب، بایستی توافق میان مدیریت شبکه و متقاضی صورت گیرد. تنظیم این نوع برنامه زمانی نیازمند ارتباطات کافی با آب‌بران، پایش دقیق و پردازش داده‌ها می‌باشد. معمولاً مدیریت شبکه متعهد به تأمین آب در پاسخ به تقاضاهای طی زمان معین می‌باشد. بدیهی است به‌منظور جلوگیری از مصرف بی‌رویه، قیمت‌گذاری دقیق آب ضروری است.

توافقی با شدت محدود

کاملاً مشابه روش قبلی است، به‌جز آنکه در این روش شدت جریان در سقف معینی محدود می‌باشد.

توافقی با شدت و مدت ثابت

این روش محدودیت بیشتری نسبت به روش‌های قبلی دارد، و تفاوت اصلی آن با موارد قبل در ثابت بودن شدت و مدت دبی می‌باشد. توافقات بر روی تاریخ نوبت‌های آبیاری و شدت و مدت تحویل آب بین دوطرف از قبل صورت می‌گیرد و زمانی که توافقات صورت پذیرفت، امکان تغییر وجود ندارد. این برنامه زمانی نیازمند سطح مدیریتی بالا توسط کشاورزان می‌باشد. لذا، داده کافی/صحیح و برنامه‌ریزی به‌موقع برای آینده نتایج مفیدی برای آب‌بران خواهد داشت. نیازی به خودکارسازی شبکه نیست، اما اگر شبکه خودکار شود کارآمدتر خواهد بود.

توافقی با شدت ثابت و مدت قطعی

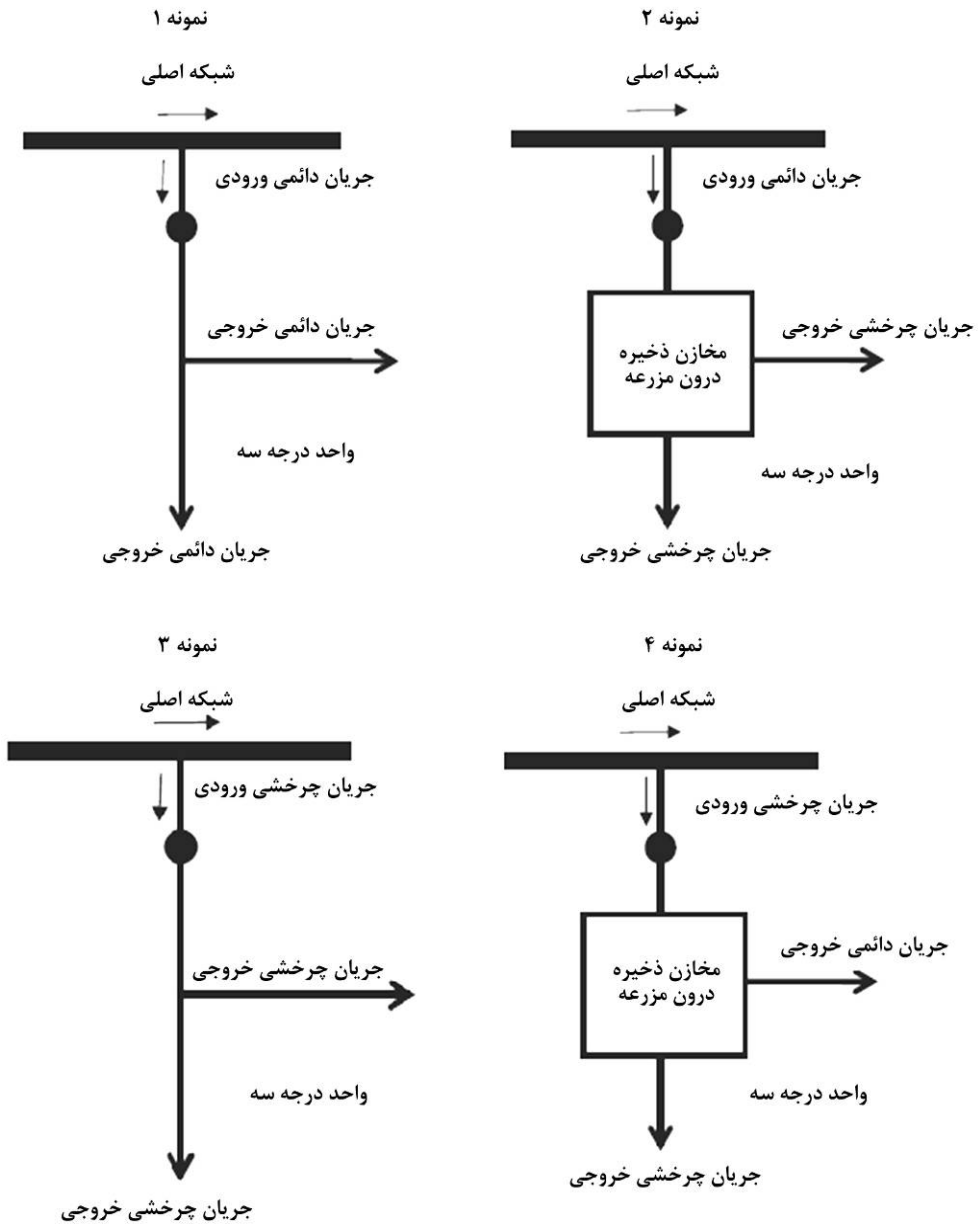
در این روش مدت تحویل آب براساس ضوابط شبکه مشخص و معین (قطعی) است؛ معمولاً ۲۴ ساعت. سپس، در مورد شدت و تاریخ هر نوبت آبیاری توافق می‌شود. این برنامه زمانی به میراب‌ها این امکان را می‌دهد که امور خود را بهتر برنامه‌ریزی کنند. این نوع برنامه زمانی نیازی به خودکارسازی سیستم نداشته و روش معمول در ایالات متحده آمریکا است.

پیاده‌سازی برنامه زمانی آبیاری

برنامه‌های زمانی فوق می‌توانند به روش‌های مختلفی در شبکه آبیاری پیاده‌سازی شوند. تحویل آب می‌تواند براساس «جریان دائمی» یا «چرخشی» در شبکه اصلی باشد، و توزیع آب در واحد درجه سه نیز به هر دو صورت امکان‌پذیر است. بنابراین همان‌طور که در شکل ۷-۶ نشان داده شده، چهار حالت پدید می‌آید. در نمونه اول، آب به‌طور مداوم در شبانه‌روز به واحد درجه سه تحویل می‌شود، و به‌همان ترتیب در درون واحد نیز توزیع می‌گردد. در حالی که در نمونه دوم، توزیع آب در درون واحد به‌صورت چرخشی بوده و مستمراً قطع و وصل می‌شود. تحت این شرایط وجود مخازن تعادلی (درون واحد درجه سه) ضروری است. گاهی اوقات، ذخیره‌سازی برای جلوگیری از آبیاری شبانه است. این مخازن به‌نام «مخازن ذخیره شبانه» نامیده می‌شوند. چنین آرایشی بسیار رایج می‌باشد که آب، شبانه در این مخازن ذخیره‌سازی شده و سپس در طول روز توسط آب‌بران واحد درجه سه، آب از آن برداشت می‌شود. در یک آرایش فیزیکی دیگر، جریان چرخشی در تحویل آب به واحد درجه سه می‌تواند با یک جریان چرخشی در واحد درجه سه ترکیب شود (نمونه سوم). در حالی که در نمونه چهارم، جریان چرخشی تحویلی به کمک مخازن ذخیره در درون واحد درجه سه به یک جریان دائمی تبدیل شده است.

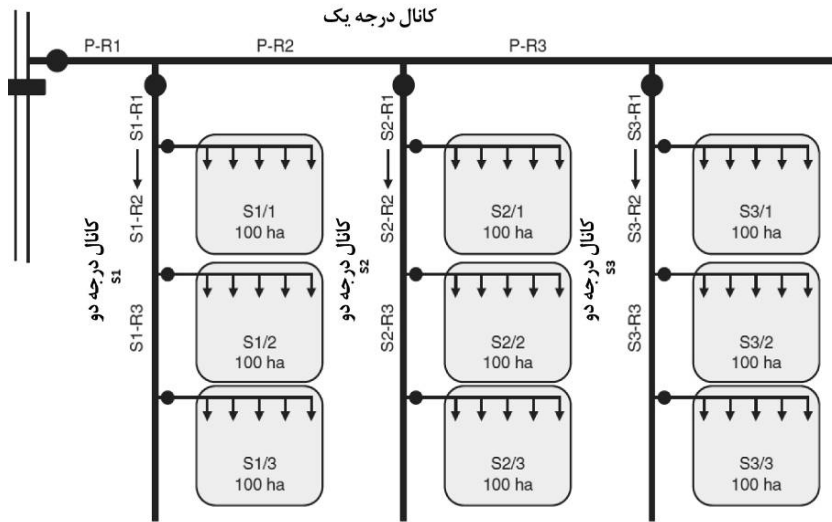
توجه به این نکته مهم ضروری است که در آرایش‌های نشان‌داده‌شده از مخازن برای تغییر ویژگی‌های جریان تأمین آب (شدت، مدت، تناوب) استفاده می‌شود. بدیهی است همین آرایش و ترتیب می‌تواند در رده بالاتر، بین کانال درجه یک و آبگیر کانال‌های درجه دو و/یا در رده پایین‌تر، بین کانال درجه چهار و قطعه زراعی ایجاد شود. عواقب ناشی از پیاده‌سازی جریان چرخشی (در مقابل جریان دائم) در سطح شبکه اصلی در شکل ۸-۶ نشان داده شده و حداکثر جریان مورد نیاز برای هر بازه کانال در رژیم جریان دائم با دو رژیم مختلف جریان چرخشی مقایسه شده است. همان‌طور که در گزینه اول مشاهده می‌شود (جدول ۳-۶)، در رژیم جریان دائمی حداکثر ظرفیت کانال‌های درجه یک و دو در نقاط میانی و پایین‌تر بازه کاهش می‌یابد. در حالی که برای گزینه سوم، تحویل همزمان جریان چرخشی به تمام واحدهای درجه سه تحت یک کانال درجه دو، نیازمند حداکثر ظرفیت کانال‌های درجه یک و دو است. این مثال اهمیت مرحله طراحی را در دوره بهره‌برداری به‌وضوح نشان می‌دهد. همانگونه که مشهود است، تحت انواع برنامه‌های توزیع آب، ظرفیت برخی کانال‌ها می‌تواند تا سه برابر افزایش یابد. بنابراین، تصمیم‌گیری برای

انتخاب برنامه زمانی آبیاری در شبکه بستگی به تصمیمات مرحله طراحی، انواع سازه‌های کنترلی و اندازه‌گیری، تعداد نیروی انسانی و مهارت‌های آنها، و نیز وجود دستورالعمل‌های بهره‌برداری دارد.



شکل ۶-۷ نمونه‌هایی از تحویل و توزیع آب.

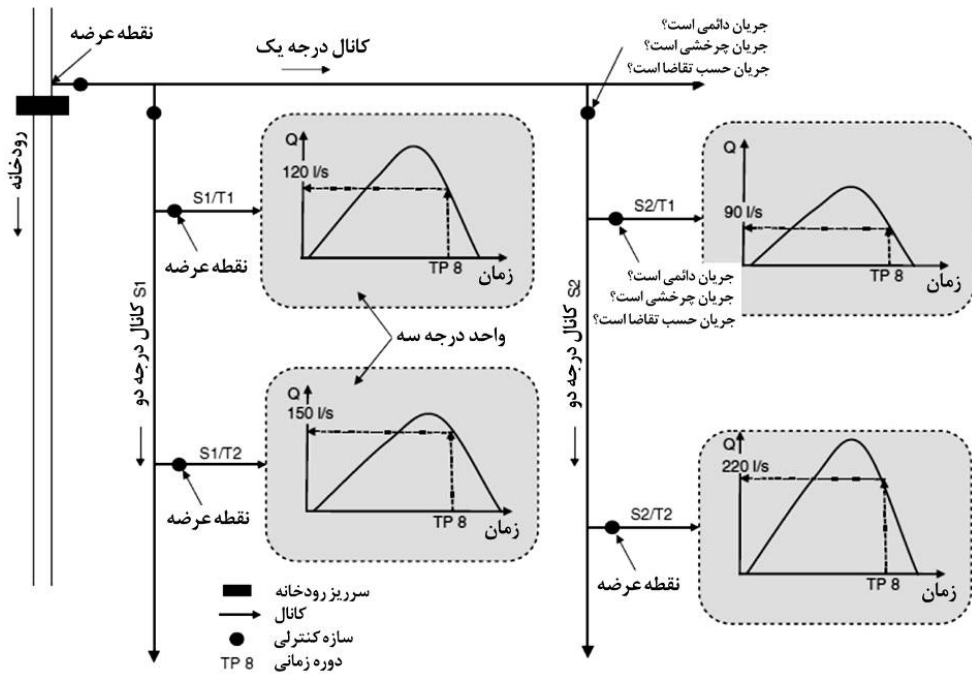
- داده: ظرفیت کانال برای جریان دائم 1 l/s/ha
 گزینه‌ها: ۱. جریان دائم برای تمامی واحدهای درجه سه
 ۲. تناوب سه‌روزه برای یک واحد درجه سه در هر کانال درجه دو
 ۳. تناوب سه‌روزه برای تمامی واحدهای درجه سه در یک کانال درجه دو



شکل ۸-۶ شبکه تمثیلی برای جدول ۳-۶

جدول ۳-۶ تغییرات دبی تحت رژیم‌های مختلف تحویل/ توزیع آب در یک شبکه تمثیلی (شکل ۸-۶).

| نام بازه کانال | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| گزینه ۱ | | | گزینه ۲ | | | گزینه ۳ | | |
| روز ۱ | روز ۲ | روز ۳ | روز ۱ | روز ۲ | روز ۳ | روز ۱ | روز ۲ | روز ۳ |
| دبی l/s | | | | | | | | |
| ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ |
| ۰ | ۹۰۰ | ۹۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ | ۶۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۹۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ |
| ۹۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ |
| ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۶۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ |
| ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۹۰۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ |
| ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۶۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ |
| ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۹۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۶۰۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۳۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |



شکل ۶-۹ وضعیت را با دقت بیشتری نشان می‌دهد. برای مثال، در هشتمین دوره زمانی (براساس نوبت آبیاری از شروع دوره) آب مورد تقاضای آبیاری برای هر واحد درجه سه با توجه به مساحت اراضی آبخور، ترکیب کشت و دوره رشد گیاه، نوع خاک، و ... متفاوت است. مدیریت شبکه اصلی باید تقاضاها را برای هر واحد درجه سه در طول این دوره تعیین و سپس تطبیق آن با جریان ورودی از رودخانه را بررسی نموده و در صورت لزوم تقاضاهای آب را تعدیل نماید. درپچه‌های کنترل در کانال درجه یک برای عبور دادن دبی مورد نیاز به کانال‌های درجه دو؛ و به‌همین ترتیب درپچه‌های واحدهای درجه سه برای عبور دبی مورد نیاز به واحد درجه چهار بایستی به‌موقع و به‌اندازه باز شوند. تحویل صحیح این دبی‌ها و ثابت ماندن جریان در طول مدت عرضه آب، نیازمند تنظیم دقیق درپچه‌ها است. اجرای درست و کامل این فرایند نیازمند حصول اطمینان از تقاضاها، تدوین برنامه زمانی توزیع آب، تنظیم و اندازه‌گیری جریان در کانال‌ها بوده و با تهیه گزارش به اتمام می‌رسد. عدم بهره‌برداری مناسب از درپچه‌ها (بازشدگی به‌موقع و به‌اندازه) به‌ویژه در کانال اصلی، موجب کمبود آب در برخی نقاط و عرضه بیش‌ازحد در نقاط دیگر می‌شود.

تدوین برنامه زمانی عرضه آب در شبکه

برنامه‌های زمانی عرضه آب در هر شبکه آبیاری تابع مشخصات آن شبکه است. بنابراین برای جلوگیری از

مشکلات در دوره بهره‌برداری، در هنگام طراحی سه عامل اصلی که بر ابعاد شبکه عرضه تأثیر می‌گذارد (عبارتند از: شدت جریان، مدت تحویل، تناوب آبیاری) بایستی به درستی تعیین و لحاظ گردند. در واقع نیاز آبی بیشینه به صورت ظرفیت ناخالص آبیاری (حجم مورد نیاز برای یک دوره زمانی معین) بیان می‌شود. بسیاری از شبکه‌ها با فرض یک «شدت جریان نرمال» و یا «شدت جریان تحویلی» (برای آبیاری قطعات) طراحی می‌شوند. شدت جریان تحویلی می‌تواند از ۱۰ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه برای سیستم‌های آبیاری سطحی، موضعی و یا بارانی در یک مزرعه، و حتی تا ۱۰۰۰ لیتر بر ثانیه برای یک کرت مسطح بزرگ متغیر باشد. معمولاً مقدار شدت جریان تحویلی به نحوی تعیین می‌شود که به راحتی قابل مدیریت باشد. بدین ترتیب، متصدیان شبکه و آبیاران، هر دو، به دلیل ثابت بودن شدت جریان از آن مطلع و آگاهند. مساحت آبخوری که با این شدت جریان می‌تواند آبیاری شود، به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$A_t = \frac{(Q_t H_r)}{24 W_u} \quad (6-1)$$

که در آن: A_t مساحت اراضی آبخور (ha)، Q_t شدت جریان تحویلی (Lit/s)، H_r دوام روزانه عرضه آب (hr/d) و W_u بیشینه شدت آبیاری مورد نیاز (Lit/s /ha) (میانگین دبی مورد نیاز در دوره پیک مصرف) می‌باشند. A_t مساحت آبخوری است که در شرایط عرضه متوالی و هر روزه آب (سیستم کاملاً چرخشی) آبیاری می‌شود. برای هر قطعه، ارتباط مساحت آبخور، عمق ناخالص آبیاری، شدت و مدت جریان با یکدیگر به شرح زیر است:

$$t_i = \frac{1/16 \times A_i \times F_g}{Q} \quad (6-2)$$

که در آن: t_i مدت آبیاری هر قطعه (روز)، A_i مساحت قطعه آبخور (هکتار)، F_g عمق ناخالص آبیاری (سانتی‌متر) و Q شدت جریان تحویلی به سیستم آبیاری (لیتر بر ثانیه) می‌باشند.

مثال: در پروژه‌ای به منظور آبیاری ذرت از روش جویچه‌ای با راندمان ۸۰٪ استفاده می‌شود. بافت خاک مزرعه لوم‌سیلنتی و آب قابل دسترس در آن ۱۶/۷ سانتی‌متر بر متر می‌باشد. عمق توسعه ریشه در بیشترین حالت مصرفی ۱۲۲ سانتی‌متر و تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) آن ۵۰٪ می‌باشد. شدت جریان تحویلی ۱۱۶ لیتر بر ثانیه در طول ۲۴ ساعت روز می‌باشد (ظرفیت خالص شبکه ۰/۵۶ سانتی‌متر بر روز می‌باشد). حداکثر مساحت آبخور با سیستم جریان چرخشی را برای این مزرعه به دست آورید.

$$W_u = 1/16 \times \frac{C_n}{E_a} = 1/16 \times \frac{0/56}{0/8} = 0/812 \text{ Lit/s /ha}$$

$$\text{تخلیه مجاز} = 0/5 \times 1/22 \times 16/7 = 10/2 \text{ cm}$$

$$A_t = \frac{(Q_t H_r)}{24 W_u} = \frac{116 \times 24}{24 \times 0/812} = 143 \text{ ha}$$

تناوب آبیاری (f)، عکس فاصله زمانی بین دو آبیاری متوالی می‌باشد. برای مثال دور آبیاری ۱۰ روزه،

معادل تناوب 0.1 day^{-1} است. تناوب آبیاری را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود (متغیرهای این رابطه قبلاً معرفی شده‌اند):

$$f = \frac{W_u}{(18.76 F_g)} \quad (6-3)$$

در روش عرضه جریان دائمی، تناوب برابر یک است (هر روز آبیاری ادامه دارد). تحت این روش، با فرض نبود مخزن ذخیره در مزرعه و به دلیل کوچک بودن جریان تحویلی، کشاورز مجبور است مستمراً بخش‌های کوچکی از مزرعه را یکی پس از دیگری آبیاری نماید. به‌طور کلی این سیستم ناکارا و نیازمند نیروی کارگری زیاد می‌باشد. بدیهی است تحت این دبی کوچک و مستمر، تناوب کمتر (یا فاصله بیشتر) بلافاصله باعث تنش به محصول می‌شود.

به‌منظور بهبود مدیریت در شبکه‌های آبیاری بزرگ مقیاس، روش جریان چرخشی استفاده می‌گردد. با استفاده از این روش عرضه آب، اراضی آبخور به قطعاتی تقسیم شده و به‌نوبت هر قطعه در یک زمان مشخص شدت جریان تحویلی را دریافت می‌کند. برنامه زمانی عرضه برای سیستم‌های چرخشی در مثال زیر تشریح شده است.

مثال: با استفاده از اطلاعات مثال قبل و با فرض اینکه پروژه به ۱۰ قطعه ۱۵ هکتاری تقسیم شود. ظرفیت عرضه برای هر یک از این قطعات را محاسبه کنید.

برای ۱۰ قطعه، تناوب آبیاری برابر 0.1 بوده و لذا فاصله زمانی آبیاری هر قطعه ۱ روز می‌باشد. عمق ناخالص آبیاری به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$F_g = \frac{W_u}{1.16f} = \frac{0.812}{1.16 \times 0.1} = 7 \text{ cm}$$

از آنجایی که تخلیه مجاز رطوبتی 10.2 سانتی‌متر می‌باشد، این عمق قابل قبول می‌باشد.

$$Q = \frac{1.16 \times A_i \times F_g}{t_i} = \frac{1.16 \times 15 \times 7}{1} = 121.8 \text{ Lit / s}$$

برنامه زمانی عرضه آب درون مزرعه

دو نوع برنامه زمانی برای عرضه آب درون مزرعه نیاز می‌باشد. اول، نیاز به طراحی عرضه برای مزرعه که براساس عرضه مورد نیاز هر قطعه به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود. برنامه زمانی با عرضه خوب اطلاعات با ارزشی را برای افرادی که تجربه کمتری دارند فراهم می‌کند. برنامه زمانی عرضه مزرعه بستگی به شدت جریان طراحی، فاصله زمانی و تناوب آبیاری برای هر قطعه دارد. برای هر قطعه باید تناوب، شدت جریان و طول دوره عرضه تعیین شود و با ظرفیت مورد نیاز برای عرضه هر بخش ترکیب شود. نیاز آبیاری برای هر قطعه در تمامی طول دوره عرضه شبکه باید تعیین شود و از آن طریق ظرفیت عرضه بیشینه در شبکه عرضه مشخص شود.

دومین برنامه زمانی عرضه برای مزرعه، برنامه زمانی واقعی در مزرعه می‌باشد. در شرایط واقعی مزرعه برنامه زمانی آبیاری دقیقاً مشابه برنامه زمانی طراحی نمی‌باشد. لذا مدیر آبیاری باید برای هر آبیاری برنامه زمانی مشخصی در مزرعه تعیین نماید. درحالتی این وضعیت بحرانی می‌شود که آب براساس برنامه زمانی عرضه توافقی صورت پذیرد. برنامه زمانی لازم برای مدیریت مزارع بزرگ باید شامل تصمیمات و شرایطی باشد تا این برنامه مؤثر جلوه کند و یا برنامه زمانی باشد که باعث بهبود وضع استفاده از کارگران در مزرعه شود.

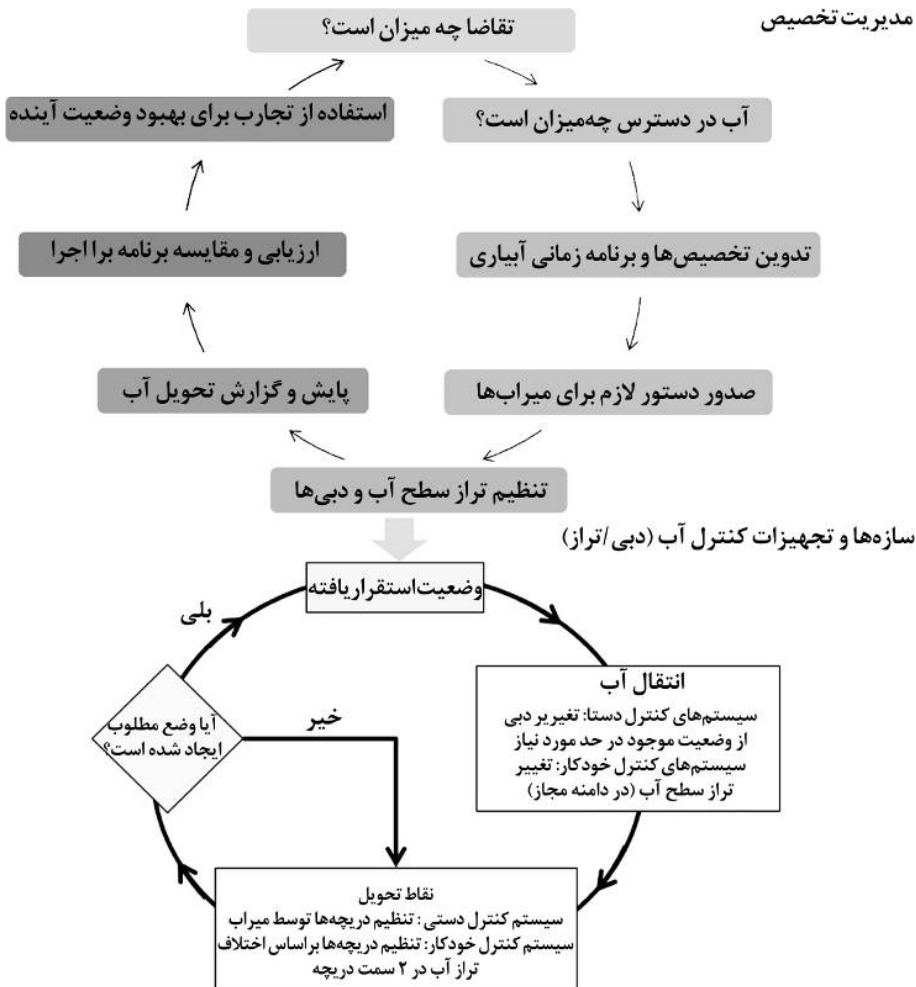
سیستم‌های کنترلی

سیستم‌ها و سازه‌های کنترلی مدیران شبکه را در انتقال، توزیع و اندازه‌گیری آب آبیاری توانمند می‌سازند. کنترل ضعیف آب آبیاری ممکن است باعث عرضه ناموزون (بیش از حد به برخی بخش‌ها و کمبود آب در سایر بخش‌ها) در شبکه شود. سیستم‌ها و سازه‌های کنترلی توان مدیریت را با تنظیم تناوب، شدت و مدت عرضه آب آبیاری افزایش می‌دهند. متغیر کلیدی دیگر تراز آب می‌باشد. سازه‌های کنترلی، این تراز را به منظور حفظ تسلط کافی آب بر اراضی آبخور، به‌ویژه در نقاط کلیدی شبکه‌های آبیاری برعهده دارند. نوع، تعداد و پراکندگی سازه‌های کنترلی و اندازه‌گیری در مرحله طراحی تعیین می‌شوند. اما، در طول عمر پروژه بر فرایندهای بهره‌برداری و نگهداری تأثیر بسزایی دارند. البته، سیستم‌های کنترلی و اندازه‌گیری موجود همواره ممکن است در صورت نیاز افزایش و ارتقاء یافته و یا به‌روز شوند (برای مثال تبدیل دریچه‌های دستی به دریچه‌های کنترل از راه دور).

در این قسمت، انواع روش‌های ممکن برای سیستم‌های کنترلی و مزایا و معایب هر یک بحث می‌شود. دانستن این موارد به انتخاب صحیح در مرحله طراحی برای شمای جدید و یا برای به‌روز کردن سیستم‌های موجود کمک خواهد نمود. به‌عنوان نمونه، سیستم‌های کنترلی طراحی شده اولیه در شمای گنگ-کوباداک در بنگلادش بعدها تغییر داده شدند. شمای آبیاری مذکور به‌صورت پمپاژ عمل می‌کند و سطح آبخوری معادل ۱۱۶۰۰۰ هکتار را در بر دارد. طراحی اولیه براساس روش «تقاضا» با کنترل تراز آب از پایین دست بوده است. متأسفانه کشاورزان در پایاب، حتی زمانی که به آب نیازی نداشتند دریچه‌های واحد درجه سه را نمی‌بستند و آب اضافی به زهکش‌ها تخلیه و تلف می‌شد. این امر موجب پمپاژ بیش از حد آب آبیاری در برخی دوره‌ها شده و هزینه هنگفتی را بر شبکه بار می‌نمود. در پیشگیری از این مورد، سیستم کنترلی، به کنترل تراز آب از بالادست تغییر یافت. گرچه تغییرات مهندسی برای تبدیل به کنترل از بالادست نسبتاً ساده بود؛ اما از آن پس، تلاش مدیریتی زیادی برای تنظیم برنامه زمانی و عرضه آب در حالت جدید مورد نیاز می‌باشد. البته راهکار دیگر، می‌توانست نصب کنتورهای حجمی و دریافت پرده‌ای آب، آن‌هم با قیمت تصاعدی برای مصارف بیش از حد مجاز باشد (بدون تغییر کنترل تراز آب).

چرخه‌های کنترل

شکل ۱۰-۶ نشان‌دهنده چرخه‌های مدیریت تخصیص و کنترل (و ارتباط این دو) در یک شبکه آبیاری «توافقی» می‌باشد. چرخه مدیریت تخصیص با برآورد و محاسبه تقاضا شروع می‌شود. سپس برآورد مقدار آب در دسترس برای عرضه، و تطبیق آن با تقاضا صورت می‌پذیرد. بر این اساس، برنامه زمانی آبیاری برای یک دوره (۳، ۵، ۷ یا ۱۰ روزه) و نیز دستورهایی برای میراب‌ها تدوین و صادر می‌گردد. برای اعمال شرایط موردنظر (تحویل آب به موقع و به مقدار معین) در شبکه بایستی سازه‌های کنترلی مجدداً تنظیم شوند. از نقطه نظر مدیریتی، این فعالیت با پایش و گزارش کامل می‌گردد. اطلاعات حاصل از پایش (تجارب گذشته)، مبنایی برای ارزیابی هر دور آبیاری و بهبود مدیریت تخصیص در آینده خواهد شد.



شکل ۱۰-۶ چرخه مدیریت تخصیص و کنترل.

چرخه کنترل (شکل ۱۰-۶) چگونگی تغییر تنظیمات از وضعیت حاضر به تنظیمات مورد نیاز، به کمک سازه‌های کنترلی، را نشان می‌دهد؛ خواه توسط تنظیمات دستی یا خودکار. تحت روش «توافقی»، برای هر تغییر ابتدا دبی لازم در کانال‌ها تنظیم می‌شود. سپس، به‌طور هماهنگ، عرضه آب در نقاط تحویل با تنظیم دریچه‌ها صورت می‌گیرد. این کار تا حصول اطمینان از تثبیت دبی‌های تخصیص داده‌شده ادامه یافته و شرایط تثبیت‌شده تا پایان آبیاری واحدها (دریافت دستورهای جدید توسط میراب‌ها) برقرار می‌ماند.

سازه‌ها و تجهیزات شبکه‌ها

سیستم‌های کنترلی متفاوت از سازه‌های کنترل می‌باشند. انواع مختلفی از سازه‌ها ممکن است برای یک نوع سیستم کنترل به کار روند و متقابلاً ممکن است یک سازه کنترل مشابه برای سیستم‌های کنترلی متفاوت به کار گرفته شود. زمانی که نوسازی/بهرسازی (به‌روز نمودن) سیستم کنترلی مدنظر باشد، بایستی معلوم نمود برای سازه‌های کنونی بهبود یا جایگزینی، کدام یک نیاز است. تجهیزات ضروری برای کنترل آب در شبکه‌های ثقلی عبارتند از:

- دریچه‌های دستی یا موتوری؛ شامل: دریچه‌های سرریزی (Overflow) به‌عنوان تنظیم‌کننده ارتفاع و دبی؛ دریچه‌های روزنه‌ای (Undershot) به‌عنوان تنظیم‌کننده ارتفاع و دبی؛ منبع تأمین برق، کنترلرهای برقی، موتورهای برقی، و ...
- کنترل خودکار تراز آب؛ شامل: دریچه خودتنظیم‌کننده (بدون موتور)؛ دریچه‌های موتوری خودکار؛ و ...
- کنترل شدت جریان؛ شامل: تقسیم به تناسب مجاری، ثابت یا قابل تنظیم؛ دستی (قطع - وصل، کم - زیاد)؛ خودکار (قطع - وصل، کم - زیاد)؛ و ...
- تجهیزات اندازه‌گیری؛ شامل: حسگر بازشدگی دریچه؛ حسگر تراز آب؛ اندازه‌گیر جریان (سرریز، فلوم، و...)
- وسایل الکترونیک برای نمایش، پردازش یا انتقال داده‌ها/اطلاعات.

سیستم‌های کنترلی کانال‌ها

سیستم‌های کنترلی بر طبق اینکه «از بالادست» و بر مبنای عرضه باشند یا «از پایین دست» و بر مبنای تقاضا باشند، به دو گروه عمده تفکیک می‌شوند. سیستم‌های کنترلی مختلف برای بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری اصلی (درجه یک و دو) در جدول ۴-۶ فهرست شده‌اند.

سیستم کنترلی لزوماً تعیین‌کننده روش تحویل آب (تدوین برنامه زمانی توزیع آب در شبکه) نیست؛ اگرچه سیستم کنترلی ارتباط زیادی با برنامه زمانی دارد. برای مثال، کنترل از پایین دست انعطاف‌پذیرتر بوده و مبنای برنامه زمانی «تقاضا» می‌باشد. برعکس، کنترل از بالادست کم‌انعطاف‌تر بوده و برای انواع برنامه‌های زمانی که مبتنی بر عرضه ثابت آب هستند، مناسب می‌باشد.

جدول ۴-۶ خصوصیات کلیدی سیستم‌های کنترلی کانال‌ها.

| روش کنترل کانال | کنترل آب | تحویل آب | خودکارسازی | نوع | تجهیزات کنترل |
|-----------------------------------|-------------------------|----------|---------------------|-------|---|
| کنترل ثابت بالادست | سطح آب بالادست | C | - | - | مقسم تناسبی (سرریزها) |
| کنترل دستی بالادست | سطح آب بالادست | C.R.A | - | محلی | دریچه‌های دستی یا مکانیکی (کشویی، شعاعی، ...) |
| کنترل خودکار-الکتریکی بالادست | سطح آب بالادست | C.R.A | الکتریکی | محلی | دریچه‌های سرریزی/ روزنه‌ای با کنترل الکتریکی |
| کنترل خودکار-هیدرولیکی بالادست | سطح آب بالادست | C.R.A | هیدرولیکی | محلی | دریچه‌های سرریزی/ روزنه‌ای با کنترل هیدرولیکی |
| خودکار-هیدرولیکی (کانال لیه‌تراز) | سطح آب پایین‌دست | D | هیدرولیکی | محلی | دریچه‌های خودکار با کنترل هیدرولیکی |
| خودکار-الکتریکی (کانال لیه‌تراز) | سطح آب پایین‌دست | D | الکتریکی | محلی | دریچه‌های خودکار با کنترل الکتریکی |
| کنترل ترکیبی | سطح آب بالا و پایین‌دست | A | الکتریکی/ هیدرولیکی | محلی | هر ترکیبی از موارد فوق (معمولاً هیدرولیکی) |
| کنترل مرکزی | سطح آب بالا و پایین‌دست | A | الکتریکی | مرکزی | دریچه‌های الکتریکی تحت کنترل رایانه مرکزی |

C: دائمی، R: چرخشی، A: توافقی، D: تقاضا

سطح فناوری مورد نیاز برای انواع سیستم کنترلی متفاوت می‌باشد. از طرفی، سیستم کنترل «ثابت از بالادست» (جریان دائمی با توزیع به نسبت مجاری) در مراحل ساخت، بهره‌برداری و نگهداری بسیار ساده است. از طرفی دیگر، «کنترل مرکزی» نیازمند تجهیزات رایانه‌ای پیشرفته، نگهداری منظم و سطح بالای مهارت بهره‌بردار است. در ادامه، انواع سیستم‌های کنترلی به اختصار تشریح گردیده‌اند.

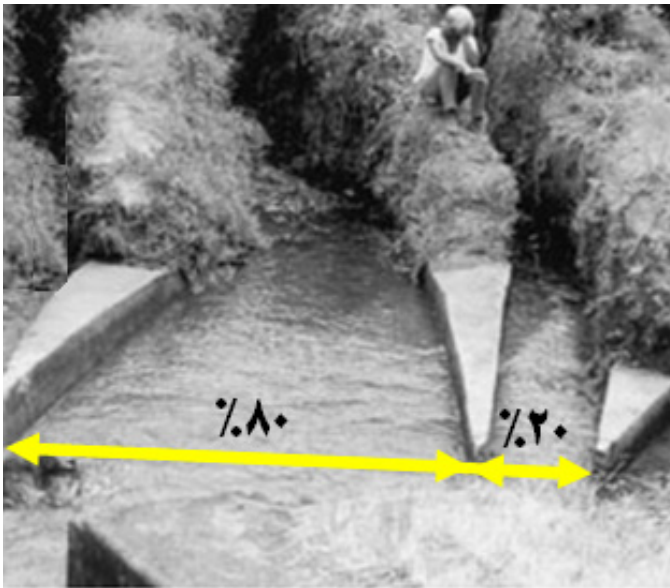
کنترل ثابت بالادست

خصوصیات فنی: در این شبکه‌ها، توزیع آب با تقسیم جریان ورودی به وسیله مقسم‌های نسبتی کنترل می‌شود. این نوع سازه‌ها برای تقسیم جریان ورودی (هر مقداری که باشد) بین چند خروجی، به نسبت گشودگی آنها، طراحی می‌شوند. انواعی از این سیستم در نقاط مختلف جهان مشاهده می‌شود؛ مانند شبکه وراپندی در شمال غربی هند و پاکستان و شبکه‌های با مدیریت سنتی کشاورزان در نپال، بالی و شمال تانزانیا. در شبکه وراپندی، جریان به نسبت مساحت اراضی آبخور (اندازه خروجی ثابت است) به واحد درجه سه تخلیه می‌شود. سپس به صورت چرخشی و براساس اندازه اراضی آبخور بین کشاورزان یک بلوک توزیع می‌گردد. شکل‌های ۱۱-۶ و ۱۲-۶ دو نوع از سازه‌های ساده تقسیم آب در کشورهای نپال و تانزانیا را نشان می‌دهد.

پیامدها: از آنجاکه سازه‌های تنظیم جریان در شبکه‌های «کنترل ثابت از بالادست»، قابلیت تنظیم شدن ندارند لذا نیاز به میراب‌ها و مدیریت تخصیص کاهش می‌یابد. مدیران شبکه می‌بایستی جریان ورودی به شبکه را کنترل نموده، بازدیدهای دوره‌ای انجام دهند، و نیازمندی‌های شبکه را شناسایی و رفع کنند. این موجب کاهش هزینه‌های بهره‌برداری شبکه می‌شود.



شکل ۶-۱۱ کنترل توزیع آب به روش «تقسیم به نسبت گشودگی مجاری» در نیال.



شکل ۶-۱۲ کنترل توزیع آب به روش «تقسیم به نسبت گشودگی مجاری» تانزانای شمالی، دامنه کوهستان کلیمانجارو.

سیستم به‌لحاظ تنوری آب را کاملاً منصفانه توزیع می‌کند. اگرچه در برخی مواقع ممکن است در یک طیف گسترده جریان (دبی‌های کم تا زیاد)، این سازه‌ها نتوانند به‌نسبت درستی جریان را تقسیم کنند. همچنین، طیف گسترده جریان می‌تواند موجب تغییرات تراز سطح آب شده که منجر به آسیب اراضی

مجاور کانال شود. اگرچه رسوبات در این نوع از کنترل محدود است، ولی تجمع آن در محل مقسم می‌تواند منجر به توزیع نامناسب آب گردد.

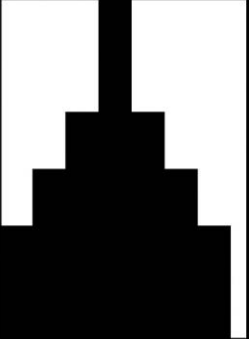
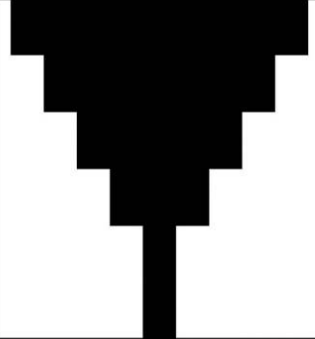
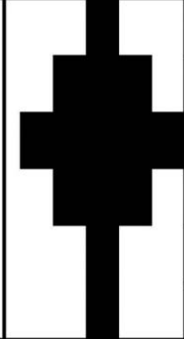
در مثال نشان داده شده (شکل ۱۱-۶)، اگر تجمع رسوب در بالادست سرریز کنترل حذف شود، یک حوضچه (pool) در بالادست مقسم ایجاد و از سرعت جریان در مقسم کاسته می‌شود؛ که به نوبه خود در دقت تقسیم آب بسیار مؤثر است. به دلیل عدم وجود حوضچه بالادست و سرریز، تقسیم کننده جریان در شکل ۱۲-۶ خوب کار نخواهد کرد. لذا، جریان در نهر به راحتی می‌تواند تحت تأثیر شرایط پایین دست قرار گیرد. بنابراین، در اینگونه از سازه‌ها، طراحی مناسب مقسم در کارکرد صحیح آن خیلی مؤثر است. به دلیل اینکه در این سیستم هیچ کنترل دیگری بر جریان صورت نمی‌گیرد، عکس‌العمل به حوادث ناگهانی (مانند خرابی منجر به فرار آب از کانال) در کانال‌های شبکه توزیع دشوار/ ناممکن می‌باشد. علاوه بر این، در شبکه‌ی تحت کنترل ثابت توانایی تنظیم جریان برای انطباق با شرایط گیاه و تقاضای کشاورزان، وجود نداشته و بهره‌وری آب در تولید (محصول به ازای هر واحد آب) بهینه نخواهد شد.

کنترل دریاچه بالادست

خصوصیات فنی: به منظور فراهم کردن جریان کافی به هر آبگیر فرعی، توزیع آب توسط دریاچه‌های موجود در شبکه تنظیم می‌شود. در نقطه ورودی به شبکه کانال‌ها، با تنظیم دریاچه‌ها اجازه ورود جریان مورد نیاز به شبکه داده می‌شود. سپس، همه دریاچه‌های موجود در پایین دست به عنوان کنترل کننده‌های تراز سطح آب تنظیم می‌شوند. به نحوی که تراز سطح آب در کانال اصلی (بلافاصله در بالادست هر آبگیر فرعی) در رقوم مناسب برای تحویل دبی مشخص به دریاچه‌های واحد درجه سه و یا مزرعه قرار گیرد. بسته به اینکه جریان‌ها چگونه تنظیم شوند ممکن است در هنگام تغییر جریان، نوساناتی در نقاط تقسیم ایجاد شود که می‌تواند موجب تغییرات دبی ورودی به آبگیرهای فرعی شود. کنترل این نوسانات و استقرار سریع وضعیت جدید بستگی زیادی به مهارت و تجربه متصدیان توزیع آب (میراب‌ها) دارد.

برخی دریاچه‌ها و سازه‌ها برای کاهش نیاز به تنظیم جریان و/ یا کاهش اثرات سوء در آبگیری (ناشی از تغییرات تراز سطح آب بالادست) در نقاط کنترلی طراحی می‌شوند. از آن جمله می‌توان به دریاچه‌های نیرپیک در آبگیرها و سرریزهای طولانی (شرح این سازه‌ها در فصل ۴ آمده است) در امتداد کانال‌های اصلی نام برد. طیف وسیعی از دریاچه‌های مختلف (دریاچه کشویی، دریاچه شعاعی، دریاچه روزنه‌ای، دریاچه سرریزی) برای تنظیم جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. انواع دریاچه‌ها ممکن است به صورت دستی، مکانیکی، موتوری یا خودکار تنظیم شوند.

پیامدها: این سیستم ممکن است برای دامنه وسیعی از برنامه‌های زمانی تحویل آب، به جز برنامه زمانی «تقاضا» استفاده شود. بهترین کاربرد این نوع کنترل در برنامه زمانی «توافقی» است. به طوری که بر طبق نیازهای از پیش تعیین شده کشاورزان، تنظیمات دریاچه‌ها برای تمامی شبکه در یک دور کامل توزیع آب،

| امکان مشارکت آب‌بران در بهره‌وری شبکه | مهارت مورد نیاز کارکنان | تعداد کارکنان | نوع سیستم کنترلی |
|---|---|---|------------------------|
|  |  |  | سیستم کنترل رایانه‌ای |
| | | | کنترل خودکار |
| | | | کنترل دستی قابل تنظیم |
| | | | کنترل دستی (قطع / وصل) |
| | | | مقسم نسبتی |
| | | | پخش سیلاب |

شکل ۱۳-۶ امکان مشارکت آب‌بران و نیاز به نیروی انسانی تحت سیستم‌های کنترلی مختلف.

از قبل معلوم و هماهنگ شده است. اگرچه، پیش‌نیاز آن وجود ارتباط کافی میان کشاورزان و متصدیان شبکه آبیاری می‌باشد. اگر بهره‌برداری دستی صورت گیرد، شبکه نیازمند تعداد زیادی کارکنان متخصص برای تنظیم دریچه‌ها دارد. هزینه‌های تجهیز شبکه به این نوع کنترل به نسبت ارزان است؛ اما سطح بالایی نیروی انسانی می‌تواند موجب گران‌شدن هزینه‌های بهره‌برداری شبکه شود (شکل ۱۳-۶). در نهایت، به کارگیری این تعداد از کارگران ممکن است موجب ناپایداری مالی شود. این سیستم کنترلی در صورتی که ارتباط خوبی بین مرکز کنترل و میراب‌ها برقرار باشد قادر خواهد بود به سرعت در مقابل تغییرات ناگهانی پاسخگو باشد. از آنجا که دریچه‌ها مستقلاً بهره‌برداری می‌شوند، ممکن است باز یا بسته نمودن یک قسمت از شبکه آبیاری تأثیری بر سایر قسمت‌ها نگذارد.

برای اعمال کنترل از بالادست، برآورد دبی شبکه بر اساس شدت جریان مورد نیاز آبیگرها ضروری است. اما، افزایش جریان ورودی به شبکه (در پاسخ به نیاز کشاورزان) ساعات و روزها طول می‌کشد تا به نقطه مورد نظر برسد. بنابراین، تطبیق دقیق عرضه و تقاضا کار مشکلی بوده و نیازمند سعی و خطا و تجربه کافی است. هرگونه خطا در تنظیم دریچه‌های آبیگر در بالادست، به صورت کمبود آب تحویلی به آبیگرها و یا اتلاف آب اضافی به سیستم زهکشی در قسمت‌های انتهایی شبکه و پایاب کانال‌ها به‌طور برجسته نمودار خواهد شد.

برای استقرار وضعیت جدید در سیستم کنترل از بالادست، تنظیمات کوچک برای دستیابی به سطح آب مورد نظر بایستی بارها صورت گیرد. به همین دلیل خودکارسازی برای این نوع سیستم کنترلی توصیه می‌شود، زیرا تنظیم دریچه‌ها به صورت خودکار دقیق‌تر از تنظیم دستی می‌باشد. البته، دریچه‌های خودکار نیازمند درجات بالاتری از نگهداری در مقایسه با دریچه‌های دستی هستند. برای بهره‌برداری و نگهداری از دریچه‌ها و سازه‌های خودکار کارکنان باید به خوبی آموزش دیده باشند. یک منبع تغذیه برق غیرقابل اعتماد و یا یک برنامه نگهداری ضعیف، موجب کاهش جدی کارایی کارکرد شبکه می‌شود. اگرچه

هزینه‌های اولیه (تجهیز شبکه) سیستم کنترلی خودکار بالا بوده؛ اما هزینه نیروی انسانی آن کمتر از کنترل دستی است.

کنترل پایین دست با کانال‌های لبه‌تراز

خصوصیات فنی: کنترل پایین دست با کانال‌های لبه‌تراز (Level-Top) کاملاً مبتنی بر نیاز آبی مزارع پایین دست است. زمانی که یک آبیگر مزرعه باز/ بسته می‌شود، موجب تغییرات سطح آب و یا شدت جریان در کانال بالادست شده، که موجب باز/ بسته شدن خودکار دریچه‌های بالادستی می‌شود. این سری واکنش‌های پیوسته آنقدر ادامه می‌یابد که به دریچه سرآب (منشأ تأمین آب) شبکه رسیده و موجب عکس‌العمل آن می‌شود (شکل ۱۴-۶). بنابراین، سازه‌های کنترل و تنظیم جریان در کانال‌ها نیازمند حسگرهایی در پایین دست هستند که توانایی دریافت تغییرات سطح یا شدت جریان (چه هیدرولیکی و چه الکتریکی) را دارا باشند. برای هر سازه یک سطح هدف خاص، بلافاصله در پایین دست آن، مقرر می‌گردد و تراز سطح آب به‌طور خودکار تنظیم می‌شود.

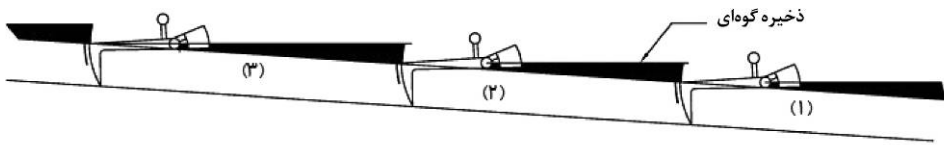
در برخی از انواع برنامه زمانی توافقی، کشاورزان هر زمان که بخواهند می‌توانند جریان را قطع کنند. تحت چنین برنامه زمانی، که تقاضا در هر زمان بتواند تغییر کند، همه سازه‌های کنترل جریان باید خودکار باشند. به‌منظور توانایی تنظیم شدت جریان صفر (آب راکد)، رقوم لبه کناره‌های کانال باید یکسان و تراز بوده باشد، اگرچه کف کانال معمولاً دارای شیب است.

پیامدها: اگرچه تغییر وضعیت هر سازه کنترلی براساس تقاضای پایین دست صورت می‌گیرد، اما این بدان معنی نیست که حتماً باید از برنامه زمانی «تقاضا» استفاده شود. ممکن است ظرفیت کانال‌ها حتی برای برنامه زمانی تقاضا با شدت محدود پاسخگو نباشد. با این حال، قطع جریان ورودی به مزرعه توسط کشاورز، بدون ریسک آسیب به سیستم کانال می‌باشد.

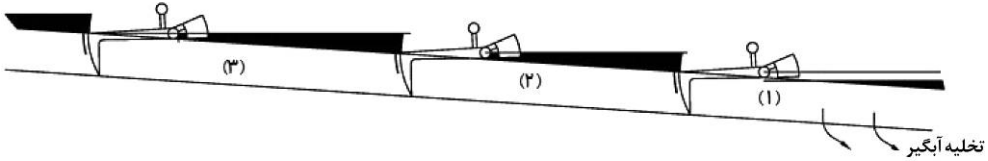
با توجه به اینکه کانال‌ها «لبه‌تراز» می‌باشند، شیب کف (بین هر دو سازه کنترل متوالی) باید تا حد ممکن کاهش یابد. هزینه‌های بالای عملیات خاکبرداری، مانع ساخت کانال‌های لبه‌تراز در شیب‌های تند می‌شود. به‌دلیل ماهیت خودکار و عکس‌العملی بودن سیستم‌های کنترل پایین دست، لزومی به محاسبه دقیق شدت جریان‌های واقعی و مدت تحویل نمی‌باشد. این امر موجب کاهش نیاز به جمع‌آوری داده و پردازش آن و نیز کاهش نیاز به ارتباط با آب‌بران می‌شود، که موجب کاهش هزینه‌های کارکنان خواهد شد. کنترل «لبه‌تراز» نیازمند ارتباط الکترونیکی سیستم‌ها برای قطع و وصل نیست زیرا ارتباط سازه‌ها به‌صورت هیدرولیکی برقرار می‌باشد.

کنترل ترکیبی (بالادست و پایین دست)

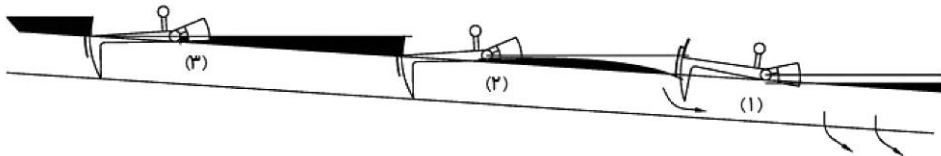
خصوصیات فنی: کنترل ترکیبی، «کنترل از بالادست» را برای تأسیسات سراب و کانال اصلی به‌کار



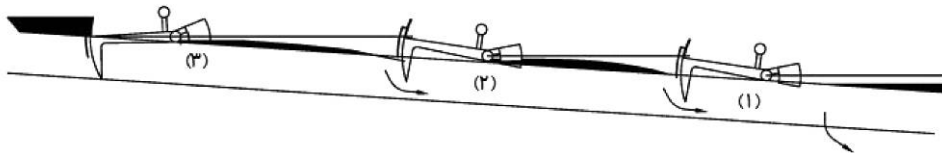
(الف) آبگیرها و دریچه‌های پایین دست بسته هستند، آب در کانال راكد (کانال لبه تراز)



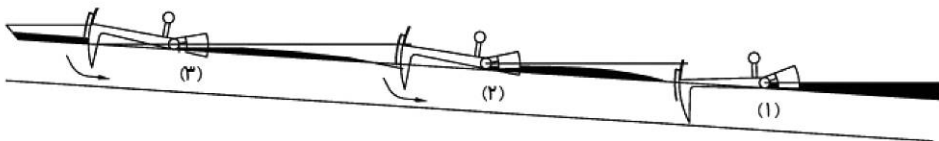
(ب) آبگیرها باز شده‌اند، ذخیره گوه‌ای بازه (1) در حال تخلیه می باشد



(ج) سطح آب در بازه (1) کاهش یافته، دریچه آمیل باز می شود، ذخیره گوه‌ای در بازه (2) شروع به تخلیه می نماید.



(د) دریچه‌های بیشتری به سمت بالادست باز می شوند و ذخیره گوه‌ای خود را تخلیه می نمایند



(ه) آبگیرها بسته شده‌اند، در بازه (1) سطح آب بالا می آید و دریچه آمیل بسته می شود

شکل ۱۴-۶ نحوه عمل خودکار دریچه‌ها در کانال لبه تراز.

می گیرد. در محل های تغییر کنترل از بالادست به پایین دست نیاز به مخازن ذخیره می باشد. پس از این مخازن، سیستم کنترلی «از پایین دست» با روش عرضه «توافقی» یا «تقاضا» توسط آب بران استفاده می شود. برای جلوگیری از (و/ یا کاهش) رسوب گذاری در مخازن تنظیم کننده، معمولاً این مخازن در کنار کانال اصلی (و نه بر روی آن) ایجاد می شوند. البته در شمال آبیاری «جزیره» در سودان با کنترل ترکیبی، برای ذخیره سازی آب در طول شب (فقط برای یک شب) از کانال های درجه دو که بزرگتر از اندازه معمول

ساخته شده‌اند، استفاده می‌شود. صرفاً با ذخیره آب به اندازه ۱ تا ۲ روز عرضه، فرصت کافی برای مدیریت شبکه به منظور کنترل نوسانات جریان در شبکه اصلی فراهم می‌آید. معمولاً در کنترل ترکیبی حداکثر ذخیره مورد نیاز کمتر از دو روز است، که به کمک مخازن «کنار کانالی» تنظیم می‌گردد.

پیامدها: سیستم کنترل ترکیبی به خصوص برای شرایطی مناسب است که توپوگرافی و شیب تند اراضی اجازه استفاده از کانال‌های لبه‌تراز را نمی‌دهد؛ اما کنترل پایین دست مطلوب باشد. این سیستم، در عین حال که در پایین دست بر اساس تقاضا اختیار کامل را به آب‌بران می‌دهد، در بالادست نیازی به ظرفیت بالا در کانال‌های بزرگتر نداشته و هزینه اضافی ایجاد نمی‌کند. گرچه، هزینه‌های ساخت مخازن ذخیره وجود دارد، اما با تحلیل اقتصادی و انتخاب اندازه مناسب برای مخازن، مجموع هزینه‌های ساخت شبکه کمتر از هزینه ساخت سیستم کنترل پایین دست خواهد شد.

پایش دقیق و ارتباط خوب بین آب‌بران و متصدیان شبکه به منظور تضمین جریان کافی در شبکه اصلی ضروری است. پیش‌بینی تقریبی تقاضا در کنار توجه به نوسانات مخازن تنظیم‌کننده توسط متصدیان شبکه، می‌تواند میان عرضه و تقاضای مورد انتظار و واقعی تعادل برقرار نماید. مبنای پیش‌بینی‌ها، داده‌ها و تجارب گذشته است.

کنترل مرکزی

خصوصیات فنی: همه‌ی روش‌های کنترل مرکزی از یک نقطه مرکزی کنترل می‌شوند؛ جایی که همه داده‌ها جمع‌آوری و پردازش شده و دستورات لازم برای تنظیم همه دریچه‌ها صادر می‌شود. پایین‌ترین نوع کنترل مرکزی، برنامه‌های زمانی ثابت (بدون عکس‌العمل به تقاضا) است. در این روش، بر طبق طرح‌های از پیش تنظیم‌شده تغییر تنظیمات دریچه‌ها بدون هیچگونه داده ورودی از طرف آب‌بران، توسط متصدیان شبکه (به صورت الکترونیکی، مکانیکی، یا دستی) به انجام می‌رسد.

اما اغلب، کنترل مرکزی به کمک پایش و بر طبق نیازهای آب‌بران، برای برنامه زمانی توافقی به کار گرفته می‌شود. معمولاً، دریچه‌ها به صورت الکتریکی باز و بسته می‌شوند. تنظیمات کنترل مرکزی بر اساس پایش سطح آب در نقاط پایش در طول کانال یا پایش حجم آب در نقاط تحویل آب و نیز بر طبق نیاز آب‌بران صورت می‌گیرد. ممکن است برای تنظیم دریچه‌ها از نرم‌افزارها/مدل‌های رایانه‌ای استفاده شود.

پیامدها: در سیستم‌های کنترل مرکزی، متصدیان شبکه آبیاری قادر می‌گردند تا در کوتاه‌ترین زمان هماهنگی‌های لازم را به عمل آورند. زیرا دریچه‌ها مستقل نبوده و لذا مجموعه تنظیمات دریچه‌ها با هماهنگی صورت می‌گیرد؛ و لذا زمان عکس‌العمل شبکه کانال‌ها کاهش می‌یابد و دیگر نیاز به ۲ یا ۳ روز وقت برای ایجاد تغییر نخواهد بود. مگر اینکه تقاضای آب‌بران به طور قابل توجهی بیشتر از ذخیره مخازن شبکه باشد، که در این صورت انتقال «تغییرات جریان» از سراب تا نقطه تحویل آب زمان می‌گیرد. می‌توان

به کمک مدل‌های رایانه‌ای ابتدا شرایط را شبیه‌سازی نموده و سپس بهترین تنظیمات دریچه‌ها را پیش‌بینی و به کار برد. به‌ویژه برای شبکه‌هایی که کاملاً خودکار نمی‌باشد، داده‌ها به کمک «نرم‌افزار شبیه‌سازی» پردازش می‌شوند و سپس برای دستورات تنظیم به متصدیان دریچه‌ها داده می‌شود. موفقیت این سیستم (تضمین دقت شدت، مدت و تناوب) نیاز به کارکنانی با انگیزه، ماهر و آموزش دیده دارد.

کنترل مرکزی ممکن است دارای سیستم رایانه‌ای خودکار باشد، که خود نیازمند منبع تغذیه مطمئن و با توان کافی برای هر دریچه، تجهیزات الکترونیک پیشرفته و مهارت کارکنان نگهداری و بهره‌برداران است. خود کاربودن شبکه، «تیغ دولبه‌ای» است که از یک طرف می‌تواند موجب ارائه خدمات ایده‌آل به آب‌بران شود؛ گرچه از طرف دیگر، عدم توجه کافی به نگهداری می‌تواند موجب ایجاد مشکلات بسیاری شود. در واقع، برای تضمین کارایی کارکرد بالا در این سیستم استفاده از راهبرد «پیشگیری بهتر از درمان» ضروری است؛ به دلیل آنکه جبران خرابی سیستم الکترونیکی و خودکار با عملیات دستی به‌سادگی مقدور نخواهد بود.

سیستم‌های حسب تقاضا در کانال‌های شیب‌دار

خصوصیات فنی: این سیستم‌ها نیازمند پایش مرکزی می‌باشند. دریچه‌ها ممکن است به‌صورت مستقل کنترل شوند و یا با هماهنگی به حرکت درآیند. اندازه‌گیری‌ها نزدیک به هم (هر چند ثانیه یا دقیقه) صورت گرفته و پیش‌بینی میزان تقاضا (آب مصرفی) به‌روز می‌شود. یک برنامه رایانه‌ای سطح آب را در مقاطع تنظیم جریان بررسی کرده و شدت جریان واقعی با تقاضای پیش‌بینی شده مقایسه می‌شود. سپس، بر این اساس فرمان‌های باز و بسته شدن دریچه‌ها از قسمت مرکزی صادر می‌شود.

پیامدها: با وجود آنکه سیستم‌های حسب تقاضا می‌توانند انعطاف‌پذیری زیاد داشته باشند؛ اما این سیستم خاص، نیازمند برنامه زمانی «توافقی» است. زیرا در چنین سیستمی، اگر سطح عملیات نگهداری، عملکرد کارکنان، منبع تغذیه برق، کیفیت تجهیزات و ارتباطات پایین باشد، ریسک شکست بالا بوده و مخاطرات ناشی از آن نیز می‌تواند گسترده باشد. لذا، متصدیانی مهارت یافته و محیط بهره‌برداری با راندمانی بالا برای عکس‌العمل سریع و مؤثر در مقابل مشکلات نیاز خواهد بود.

در این سیستم، دخالت انسانی در بهره‌برداری از شبکه کانال‌های ثقلی به حداقل می‌رسد. سطح بالای خودکارسازی می‌تواند اقدامات (فاصله تصمیم تا پیاده‌سازی) را سرعت بخشیده و عکس‌العمل مؤثرتری در پاسخ به نیازهای آب‌بران داشته باشد. این حالت، ترکیبی از مزایای «کنترل پایین‌دست» و «سیستم هماهنگ‌کننده مرکزی» را فراهم می‌نماید. از آنجایی که نیازی نیست تا کانال‌ها مانند کانال‌های «لبه‌تراز» بزرگ و یا تراز باشند، ممکن است این سیستم کنترلی برای توپوگرافی شیب‌دار استفاده شود. تجهیزات مورد نیاز برای ایجاد این سیستم، پیچیده، پیشرفته و گران بوده، اما طراحی و ساخت کانال کوچک‌تر و عدم نیاز به مخازن در نهایت موجب صرفه‌جویی مالی خواهد شد.

تنظیم کانال‌ها

هدف از تنظیم کانال‌ها حفظ پایداری^۱ جریان در شبکه آبیاری می‌باشد. پایداری جریان از سه مؤلفه اصلی تشکیل می‌شود: دبی‌ها، ترازها، و حجم آب ذخیره‌شده در هر بازه.

حالت پایدار در یک کانال زمانی ایجاد می‌شود که جریان ورودی و خروجی برابر بوده، و حجم ذخیره‌شده در کانال ثابت بماند. در حالت جریان متغیر تدریجی، تفاضل جریان ورودی و خروجی برابر با تغییرات ذخیره است. برای تغییر از وضعیت پایدار اولیه (با دبی ورودی و خروجی مشخص) به وضعیت پایدار جدید (با دبی ورودی و خروجی مشخص)، در شبکه کانال لزوماً جریان متغیر تدریجی وقوع می‌یابد. برای تثبیت جریان و دستیابی مجدد به پایداری (وضعیت جدید) در کوتاه‌ترین زمان ممکن؛ «تنظیم کانال» طی یک سری اقدامات منسجم و پیوسته به‌وسیله دریچه‌ها برای کنترل دبی‌ها صورت می‌گیرد.

مثال شکل ۱۵-۶ نشان می‌دهد که چگونه پس از تغییر جریان ناشی از تقاضا در مقطع سازه تنظیم، جریان در کانال و آبگیرها تثبیت شده و جریان پایدار مجدداً برقرار می‌گردد.

با اجرای متوالی تنظیم جریان در مقاطع کنترل، موج جریان به تدریج تعدیل و محو خواهد شد و مجدداً جریان پایدار برقرار می‌گردد. البته، وجود قدری نوسانات طبیعی بوده که در طی آن آب تحویلی به آبگیرها نیز نوسان خواهد داشت. در صورتی که تنظیم جریان به‌طور دقیق صورت نگیرد، تغییرات حجم آب و دبی منظم نبوده و منجر به تشدید نوسانات سطح آب در شبکه کانال خواهد شد.

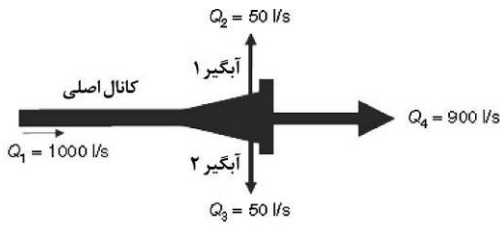
در این سیستم تنظیم جریان (از بالادست به پایاب)، متغیر اصلی «سرعت موج آب» می‌باشد. معمولاً میراب‌ها زمان طی مسیر موج آب در کانال‌های هر شبکه را به تجربه می‌دانند. برای مثال دفترچه راهنمای میراب‌ها مربوط به کمسیون عرضه آب و رودخانه‌های استرالیا سرعت موج ۱۳ کیلومتر در ساعت را به‌منظور تخمین زمان طی مسیر موج پیشنهاد نموده است. روش‌ها و دستورالعمل‌های پیشنهادشده در این دفترچه راهنمایی برای تنظیم جریان از بالا به پایین و از پایین به بالا برای یک شبکه با تنظیم دستی، در زیر تشریح شده‌اند.

روش رو به پایین

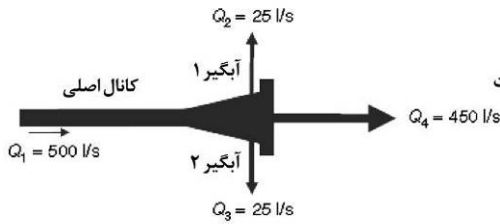
در این روش موج آب قسمت به‌قسمت به سمت پایین دست عبور کرده و یک میراب آن را همراهی می‌کند (شکل ۱۶-۶).

قبل از اینکه دریچه‌های ورودی به کانال باز شوند سطح آب در همه نهرها باید در رقوم هدف قرار داشته باشند. منظور از رقوم هدف، رقومی است که تحت آن آب تحویلی به آبگیرها با دبی کافی جریان می‌یابد. با باز شدن دریچه ورودی (یا تغییر دبی ورودی) به شبکه، موج آب شروع به حرکت در امتداد

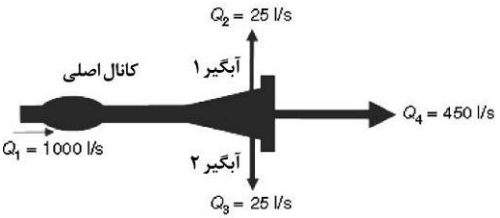
1. Steady state



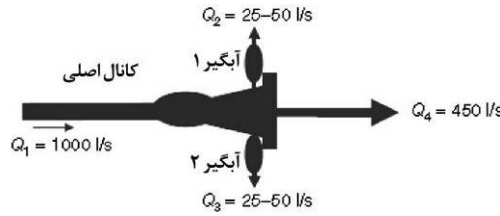
برنامه: مقرر است دبی آبیگرها از ۲۵ به ۵۰ و دبی در امتداد کانال اصلی از ۴۵۰ به ۹۰۰ تغییر کند.



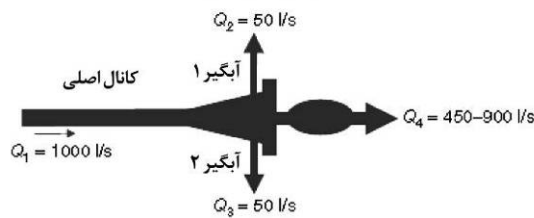
وضعیت موجود، جریان در وضعیت پایدار قرار داشته و دبی‌ها (به صورت نشان داده شده) تحت اثر ارتفاع آب بلافاصله بالادست سازه تنظیم، تقسیم می‌شوند.



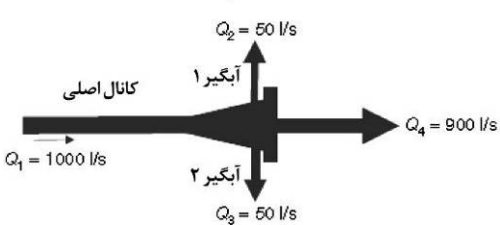
گام اول، دریچه بالادستی به اندازه‌ای تنظیم می‌شود که دبی عبوری از آن از ۵۰۰ لیتر در ثانیه به ۱۰۰۰ لیتر در ثانیه افزایش یابد، تا رسیدن موج جریان ۱۰۰۰ لیتر بر ثانیه به نقطه مورد نظر صبر کنید.



گام دوم، وقتی که تغییر جریان به نقطه مورد نظر (مقطع سازه تنظیم) رسید، دریچه‌های آبیگر را به اندازه‌ای باز کنید تا دبی آنها از ۲۵ لیتر بر ثانیه به ۵۰ لیتر بر ثانیه افزایش یابد. بازشدگی دریچه‌ها بایستی با توجه به DWL تنظیم شود.



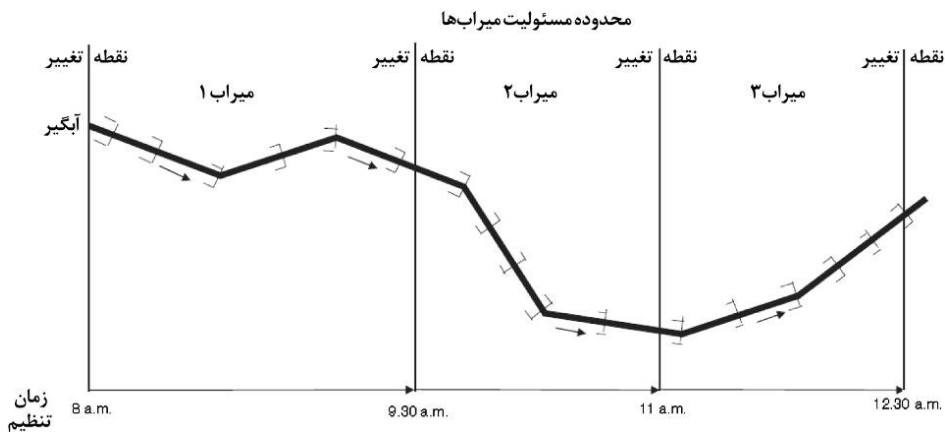
گام سوم: دریچه تنظیم‌کننده را آن قدر باز کنید تا دبی گذری پایین‌دست به ۹۰۰ لیتر بر ثانیه افزایش یابد. مجدداً دریچه با توجه به DWL صورت پذیرد.



گام چهارم: تغییرات کوچکی در دریچه سازه تنظیم و دریچه‌های آبیگر انجام دهید تا جریان گذری به پایین‌دست و مزارع و نیز DWL تثبیت شوند.

* سطح آب طراحی شده برای توزیع آب معین

شکل ۱۵-۶ نمونه‌ای از چگونگی انجام یکسری اقدامات منسجم به وسیله دریچه‌ها برای افزایش دبی عبوری از کانال.



شکل ۱۶-۶ تنظیم کانال به روش رو به پایین.

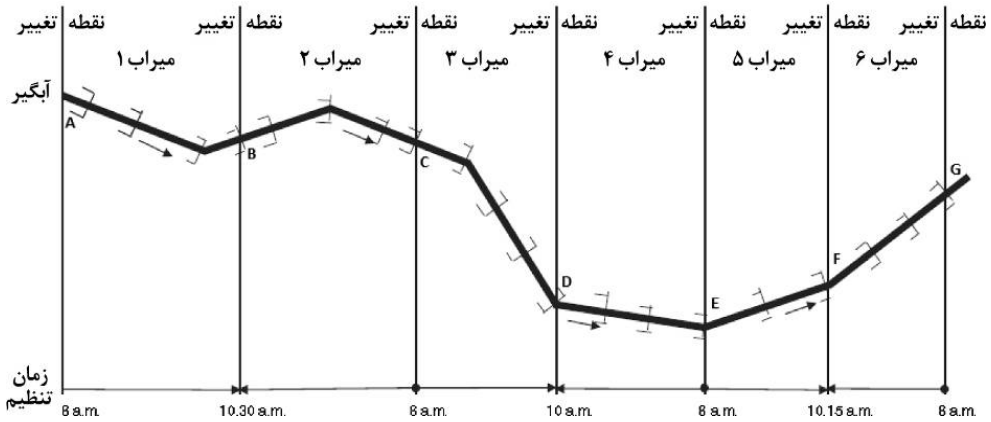
کانال‌ها می‌نماید. به محض نزدیک شدن آن به اولین آبگیر مزرعه، میراب دریاچه آبگیر را برای تحویل آب تنظیم می‌نماید. همچنین او با تنظیم سازه کنترل در مسیر کانال اصلی، به سرعت موج آب را در بازه اول کانال کنترل نموده و دبی را به پایین دست (بازه دوم) هدایت می‌کند. این فرایند به صورت متوالی توسط میراب در تمامی مقاطع سازه‌های کنترلی صورت می‌گیرد. به این ترتیب موج آب به پایان محدوده مسئولیت میراب اول می‌رسد و به میراب بعدی واگذار می‌شود.

اگر این فرایند به درستی انجام نشود باعث ایجاد نوسانات در کانال شده و رقوم سطح آب نمی‌تواند به درستی تنظیم گردد. اگر سازه کنترلی قبل از رسیدن موج آب تنظیم شود، موج آب فروکش و سطح آب کاهش پیدا می‌کند. در چنین حالتی دستیابی مجدد به «رقوم هدف» زمان‌بر خواهد شد. اگر سازه کنترلی بعد از افزایش جریان، با تأخیر تنظیم شود، یک جریان سریع اولیه آب (بزرگتر از دبی مورد نیاز) به سمت پایین دست ارسال شده و متعاقباً نوسانات شدید جریان در کانال پایین دست وقوع خواهد یافت. وقوع اینگونه نوسان جریان چه زود و چه دیر هنگام، اثرات سوء بر تنظیم آب در پایین دست می‌گذارد که میراب‌ها باید به مقابله با آن پردازند. در واقع، در هر شبکه میراب‌ها به تدریج (با آموختن و تجربه) با یکدیگر هماهنگی می‌یابند (یعنی، روش اقدام همدیگر را می‌شناسد و بدان عادت می‌نمایند).

روش رو به بالا

در این روش، هر میراب برای تنظیم جریان، ابتدا با باز نمودن پایین دست‌ترین سازه کنترل (در محدوده مسئولیت خویش) به مقدار معین، اجازه جاری شدن آب به محدوده پایین دستی را می‌دهد. سپس، میراب برای جایگزینی آب تخلیه شده از این بازه به سرعت به سازه تنظیم بالادستی بعدی رفته و با باز نمودن آن اجازه ورود آب از بازه بالادستی را فراهم می‌کند. این فرایند تا نقطه ورود آب در ابتدای کانال تکرار می‌شود. نحوه و اندازه باز و بسته نمودن سازه‌های کنترل با توجه به حجم آب ورودی، خروجی و نیز آب

محدوده مسئولیت میراب‌ها



شکل ۱۷-۶ تنظیم کانال به روش پایین-بالا.

تحويل شده به آب‌بران در این ناحیه انتخاب می‌شود. مسلماً در صورتی که در این ناحیه برداشتی صورت نگیرد، آب دریافتی از بالادست باید عیناً جایگزین آب تخلیه‌شده از پایین‌دست‌ترین سازه تنظیم گردد. برای به حداقل رساندن نوسانات در این روش، سرعت عمل میراب نقش اصلی و کلیدی دارد.

تفاوت اصلی این دو روش در «همراهی میراب با موج» در روش رو به پایین، در مقابل «حرکت سریع میراب به بالادست» در روش رو به بالا می‌باشد. اگرچه در روش دوم میراب می‌تواند وقت بسیار کمتری صرف نماید، اما نوسانات جریان در این روش بسیار بیشتر از روش اول است.

روش پایین-بالا

روش رو به پایین نیازمند زمان طولانی (برای همراهی موج آب به پایین دست شبکه) برای تنظیم جریان است. این نیاز را می‌توان با ترکیب دو روش قبلی کاهش داد. روش پایین-بالا نیاز هماهنگی بیشتر میان میراب‌ها نیز دارد. یک مثال به درک بهتر این روش کمک می‌نماید. در شروع تنظیمات، یک میراب در بالادست و میراب دیگر در پایین دست قرار داشته و این دو طوری حرکت می‌کنند تا یکدیگر را در زمان مشخص در مرز محدوده‌هایشان ملاقات نمایند. به طوری که در شکل ۱۷-۶ مشخص شده و بر حسب برنامه، ساعت ۸ صبح شش میراب رو به پایین و یا رو به بالا طوری حرکت می‌کنند تا دو به دو در ساعت و محل مشخص (نشان داده) موج آب را دست‌به‌دست نمایند.

میراب اول از نقطه A با حرکت پیوسته به پایین دست، سازه‌های کنترل خود را تنظیم می‌کند. در حالی که، در همان زمان میراب دو از نقطه C با حرکت به بالادست، سازه‌های کنترل خود را تنظیم می‌نماید. به این ترتیب، در زمان مقرر این دو در نقطه B دیدار خواهند نمود. فرایندی مشابه توسط میراب‌های سوم و چهارم و نیز میراب‌های پنجم و ششم صورت می‌گیرد. تعیین نقاط آغاز حرکت و دیدار

میراب‌ها از قبل براساس طول مسیر حرکت هر میراب، تعداد آبنگیرها و سازه‌های کنترل و نیز تجربه ایشان صورت می‌گیرد.

مزیت این روش نسبت به روش رو به پایین سرعت بیشتر، و نسبت به روش رو به بالا نوسانات کمتر، می‌باشد. اگر تغییرات جریان در کانال (براساس تقاضای آب‌بران) روزانه صورت گیرد، به حداقل رساندن زمان ایجاد تنظیم جریان (تنظیمات سازه‌های کنترل) ضروری است؛ تا میراب‌ها فرصتی برای رسیدگی به سایر امور شبکه نیز داشته باشند.

انعطاف‌پذیری سازه‌های کنترل

جریان در یک کانال به‌ندرت پایدار است. نوسانات به‌دلایل مختلفی رخ می‌دهند که برخی از آن‌ها شامل تغییر جریان در ورودی به شبکه، تغییر تنظیمات دریچه‌ها و یا ورود زه‌آب به کانال‌ها می‌باشد. اگر در مرحله طراحی و ساخت، آرایش سازه‌های کنترل به‌خوبی پیکربندی نشده باشند، اثرات سوء این نوسانات بر جریان عبوری از کانال و توزیع آب تشدید می‌گردد. برای تعیین شدت اثرات سوء این نوسانات از اصطلاح «انعطاف‌پذیری» استفاده می‌شود.

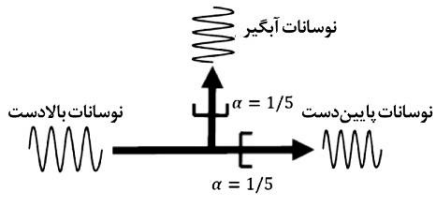
$$F = \frac{\text{نرخ تغییرات دبی در آبنگیر فرعی}}{\text{نرخ تغییرات دبی در کانال اصلی}} = \frac{dQ_o/Q_o}{dQ_{ds}/Q_{ds}} \quad (6-4)$$

دو سازه تنظیم‌کننده مهم انواع روزنه و سرریز می‌باشند (شکل ۱۸-۶). دبی روزنه‌ها تابعی از بارآبی روی سازه (فاصله مرکز روزنه تا سطح آب بالادست در حالت آزاد و فاصله سطوح آب پایین و بالادست در حالت مستغرق) با توان ۰/۵ است. در حالی که برای سرریزها، توان مذکور برابر ۱/۵ می‌باشد. لذا با توجه به تعریف، شکل عمومی رابطه انعطاف‌پذیری را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$F = \frac{\alpha_o}{\alpha_p} \times \frac{\Delta h_p}{\Delta h_o} = \frac{\alpha_o}{\alpha_p} \times \frac{\Delta h_p}{\Delta h_o} \quad (6-5)$$

که در آن نماد α مربوط به آبنگیر و p مربوط به کانال اصلی، α همان توان معادله دبی است که برای سرریز ۱/۵ و برای روزنه ۰/۵ می‌باشد و Δh فاصله مرکز جریان (در روزنه یا سرریز) تا سطح آب بالادست (با فرض جریان آزاد) است. بدیهی است برای جریان مستغرق در روزنه، Δh برابر با تفاضل سطوح آب در بالا و پایین دست خواهد بود.

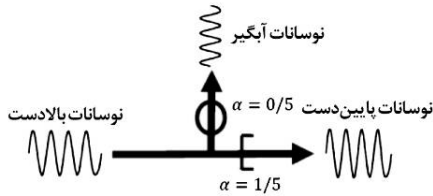
با توجه به معادله فوق، هنگامی که از یک نوع سازه و با Δh های برابر در مسیر فرعی (مزرعه) و اصلی استفاده شود F برابر یک به‌دست می‌آید. بهترین حالت (کوچک‌ترین F) وقتی وقوع می‌یابد که روزنه با Δh بیشتر در مسیر آبنگیر و سرریز با Δh کمتر در مسیر کانال اصلی باشند. مثال‌هایی از حالت‌های مختلف در شکل ۱۸-۶ ارائه شده است. البته، F بزرگ نیز در برخی موارد کاربرد دارد؛ از جمله در جایی که یک سرریز حفاظتی بایستی جریان مازاد را از کانال به زهکش‌ها (طبیعی یا ساخته‌شده) تخلیه نماید.



(الف) سرریز در آبیگیر و سرریز در کانال اصلی

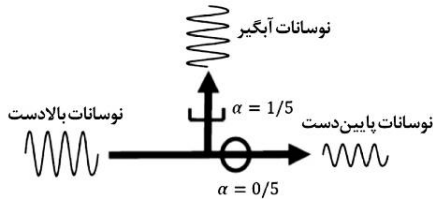
$$F = 1$$

در حالت روزنه در آبیگیر و روزنه در کانال اصلی نیز F برابر ۱ خواهد شد



(ب) روزنه در آبیگیر و سرریز در کانال اصلی

$$F = \frac{1}{3}$$



(ج) سرریز در آبیگیر و روزنه در کانال اصلی

$$F = 3$$



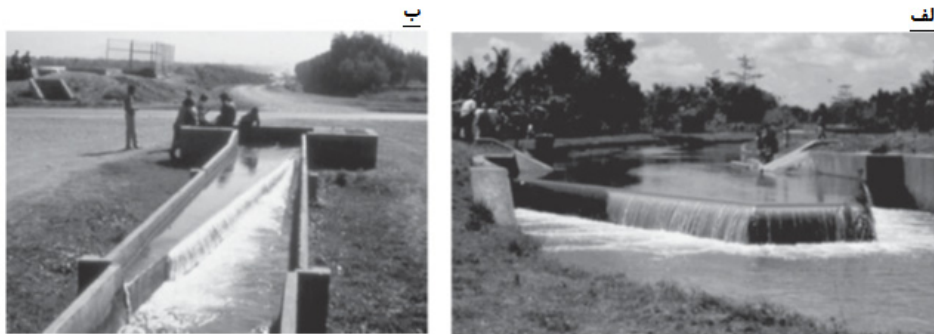
شکل ۱۸-۶ انتقال نوسانات جریان به مزرعه و پایین دست با دو نوع سازه کنترل (سرریز و روزنه) در یک مقطع تنظیم جریان و آبیگر (تقسیم آب): فرض شده است تغییرات بار آبی (Δh) در هر دو مسیر یکسان است.

شکل ۱۹-۶ الف یک نمونه سرریز نوک اردکی به عنوان تنظیم کننده، مربوط به شبکه‌ای در سریلانکا را نشان می‌دهد. سرریزهای طویل، مانند نوک اردکی و اریب معمولاً در مسیر کانال اصلی و برای حفظ سطح آب استفاده می‌شوند. این سازه‌ها به دلیل تاج طویل، می‌توانند تغییرات زیاد دبی را با تغییر ناچیز در بار آبی از خود عبور دهند. دریچه‌های مدول نیرپیک اغلب در کنار سرریزهای طویل به عنوان سازه آبیگیر مزرعه استفاده می‌شوند. این دریچه‌ها، اولاً به حالت روزنه‌ای عمل نموده و ثانیاً به دلیل شکل خاص خود (به فصل ۴ مراجعه کنید) نسبت به نوسانات آب در کانال اصلی حساسیت کمی از خود بروز می‌دهند.

مثال‌های فرایند بهره‌برداری از شبکه اصلی

توزیع ساده نسبی

ساده‌ترین روش سیستم توزیع آب مقسم نسبی می‌باشد. در این روش، تقسیم آب در نقاط تقسیم با سازه‌های کنترل ثابت در شبکه صورت می‌گیرد. رایج‌ترین مبنای تقسیم آب مبتنی بر «سطح اراضی آبخور» است. برای مثال، در کانالی که آب ۱۰۰ هکتار زمین را تأمین می‌کند، عرض آبیگر مزرعه‌ای



شکل ۱۹-۶ دو نمونه از سرریزهای طولی (الف: سرریز نوک اردکی و ب: سرریز اریب).

به‌وسعت ۱۰ هکتار برابر ۰/۱ از عرض کل مقسم نسبتی خواهد بود. چنین سیستم‌هایی با مدیریت کشاورزان در شمال‌های نپال و در دامنه‌های رشته کوه کلیمانجارو در شرق آفریقا دیده می‌شود. اکثراً این سیستم‌ها در شبکه‌های آبیاری سنتی با عرض بازشدگی ثابت مشاهده می‌شوند. اما، در برخی شبکه‌های آبیاری مدرن (غیرسنتی) مقسم‌های نسبتی با صفحه تقسیم متحرک ساخته می‌شوند. به‌طوری که با جابجایی افقی این صفحه نیازمندی‌های پایین دست تأمین می‌شود. استفاده از این نوع دریچه‌ها به‌عنوان تقسیم‌کننده جریان در محل انشعاب کانال اصلی به دو کانال دیگر و برای تخصیص آب معمول است. هیچ دستورات عمل خاصی برای بهره‌برداری از سیستم‌های نسبتی ثابت وجود ندارد، و تنها برای اطمینان از عدم وجود مانع در مقابل جریان در این سازه‌ها بازدید و کنترل باید صورت پذیرد.

روش نوبتی برای توزیع و تخصیص آب

توسعه کشاورزی فاریاب در دشت‌های شمالی هند (در مسیر رودخانه‌های گنگ و سند) به‌صورت جدی از سال ۱۸۵۰ آغاز شد. در آن زمان دو گزینه برای توسعه بهره‌برداری از زمین، آب و نیروی کار در دسترس بود. در گزینه اول، بایستی سطح اراضی آبخور کاسته می‌شد تا نیاز آبی گیاهان با آب عرضه‌شده تطبیق یابد. در این حالت، تولید در واحد سطح (محصول بر هکتار) اراضی آبخور افزایش می‌یافت. هدف گزینه دوم، توسعه اراضی فاریاب تا جای ممکن (براساس حداکثرسازی محصول بر متر مکعب آب) بود. در این حالت سعی می‌شد تا اشتغال و معاش کشاورزان بیشتری تضمین شود. در نهایت گزینه دوم به‌همراه یک روش توزیع و تخصیص آب به‌نام وراپندی^۱ (Warabandi) انتخاب شد. شکل مدرن روش وراپندی (نوبتی) شامل عرضه آب به‌صورت چرخشی از کانال درجه یک به شبکه کانال‌های درجه دو، و سپس توزیع آب از نهرها به کشاورزان (مزرعه) بر همین اساس می‌باشد. در واحد درجه ۳، تخصیص براساس زمان است. یعنی در هر دور کامل آبیاری و برای مدت معین به هر کشاورز (مزرعه)، کل جریان تحویل

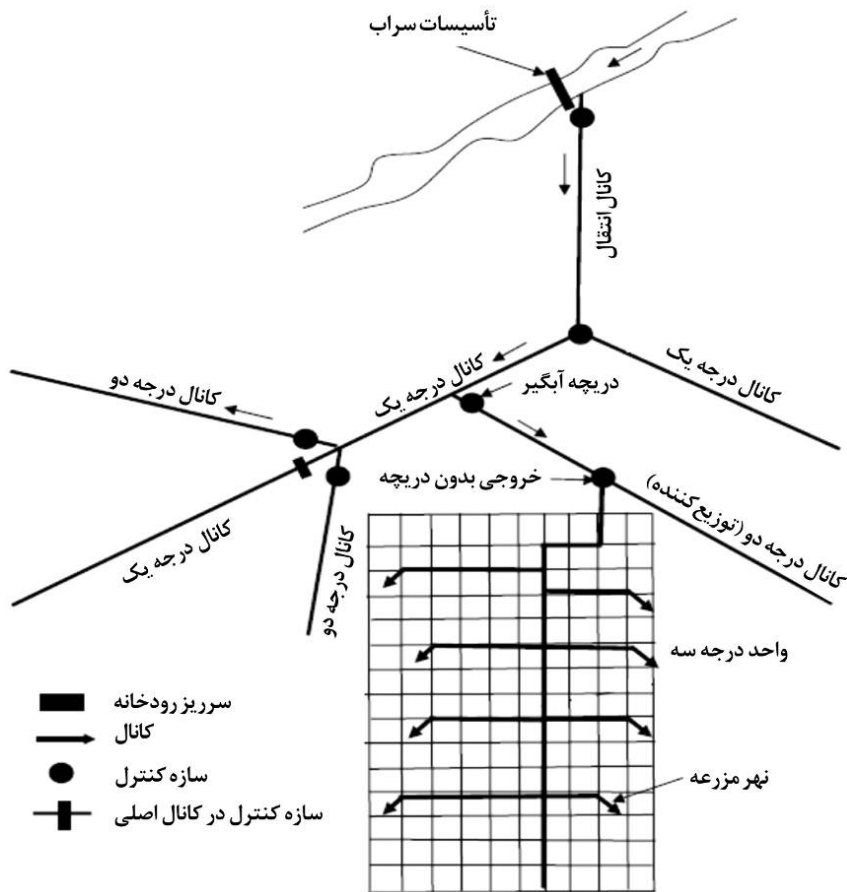
۱. وراپندی لفظی در زبان اردو و به‌معنی نوبت بعدی است. در این کتاب معادل فارسی این کلمه «نوبتی» مقرر شده است.

می‌شود. بدیهی است جمع مدت تحویل به تمامی کشاورزان برابر یک دور (تناوب) آبیاری است. این روش چنین تعریف می‌شود: «سیستم توزیع عادلانه آب موجود در میان آب‌بران یک شمای آبیاری که در آن براساس یک برنامه زمانی از قبل تعیین شده، روز و ساعت عرضه آب برای هر مزرعه مشخص بوده و مدت تحویل آب متناسب با وسعت زمین آبخور تحت مالکیت آن مزرعه می‌باشد». تخصیص آب در این روش، اولاً براساس «آب قابل دسترس» است و نه براساس تقاضای آب کشاورزان؛ و ثانیاً متناسب با «مساحت اراضی آبخور» تحت مالکیت هر آب‌بر می‌باشد. بر این اساس، این روش سعی بر تضمین «توزیع عادلانه» دارد. مزیت‌های دیگر روش نوبتی عبارتند از: کم هزینه بودن ساخت، بهره‌برداری آسان، و درک آن توسط کشاورزان. به نظر می‌آید این روش احتمالاً مناسب‌ترین روش ممکن برای مدیریت آب در شمای‌های بزرگ آبیاری واقع در دشت‌های گنگ - سند می‌باشد. زیرا، در مقابل روش‌های پیچیده‌تر تخصیص و توزیع آب آبیاری، روش نوبتی تحت شرایط اجتماعی و آب و هوایی منطقه و بدون نیاز به جمع‌آوری داده و تنظیم دریچه‌ها، به‌عنوان یک الگوی پایدار و عادلانه برای توزیع آب موفق بوده است.

جزئیات روش

شکل ۲۰-۶ یک نمونه آرایش از شبکه آبیاری نوبتی را نشان می‌دهد. کانال انتقال، به‌صورت چرخشی، دو یا چند کانال درجه یک را تغذیه می‌کند. مجموعه شبکه اصلی، در تمامی دوره رشد توزیع آب را بر عهده دارد؛ اگرچه مقدار عرضه آب ممکن است متفاوت باشد. از هر کانال درجه یک، تعداد زیادی کانال‌های درجه دو منشعب و به تناوب آبیاری می‌شوند. جریان در تمامی کانال‌های درجه ۲ در حالت «عرضه کامل» (Full Supply Level: FSL) می‌باشد. یعنی، جریان در این کانال‌ها یا قطع است و یا به‌طور کامل (منطبق بر ظرفیت طراحی شده) جاری است. در حالت جریان کامل، کانال دبی ثابتی را به هر آبیگیر عرضه می‌دارد. تحت چنین شرایطی سطح آب در کانال درجه ۲ در رقومی منطبق بر طراحی بوده و موجب آبیگیری صحیح و دقیق واحدهای درجه ۳ می‌شود. در واقع، توزیع آب از کانال‌های درجه ۲ به واحدهای درجه ۳ از طریق آبیگیرهای بدون دریچه (با دبی ثابت) صورت می‌گیرد. در محل هر آبیگیر درجه ۳ یک «مدول قابل تنظیم نسبتی» (Adjustable Proportional Module: APM) وجود دارد که با طراحی خاص خود موجب تنظیم نسبی سهم آبیگیری از کانال درجه ۲ می‌شود. تا آبیگیر واحدهای درجه ۳، متصدیان شبکه آبیاری مسئول توزیع صحیح آب در شبکه هستند و مدیریت آب پس از این نقطه بر عهده کشاورزان می‌باشد.

طراحی کانال‌ها با توجه به مساحت آبخور قابل کشت (Culturable Command Area: CCA) صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه کانال‌های درجه ۲ به‌صورت تناوبی آب دریافت کرده و توزیع می‌کنند؛ برای طراحی ظرفیت آنها بایستی روش خاصی معمول گردد. نسبت روزهای بهره‌برداری از هر کانال درجه ۲ به کل تعداد روزهای دوره رشد «ضریب ظرفیت» نامیده می‌شود. برای مثال در صورتی که در یک دوره



شکل ۲۰-۶ نمونه آرایش یک شبکه آبیاری نوبتی.

رشد ۱۲۰ روزه تعداد روزهای توزیع آب کانال ۸۰ روز باشد، آن‌گاه برای این کانال ضریب ظرفیت برابر ۰٫۶۷ به دست می‌آید. به‌عنوان مثالی دیگر، در یک شبکه که تناوب آبیاری در آن هشت روزه است، تمام کانال‌های درجه ۲ به صورت «عرضه کامل» آب را توزیع می‌نمایند. علاوه‌براین، هر کانال برای پر شدن و رساندن آب به نقطه مصرف نیاز به یک روز کامل دارد. بنابراین، برای تأمین آب اراضی آب‌خور فقط هفت روز فرصت دارد و لذا ضریب ظرفیت آن برابر با ۰٫۸۶ می‌باشد. از آنجاکه همه اراضی در یک زمان تحت کشت و آبیاری نیستند، معمولاً درصد سطح زیر کشت با نسبتی به نام «تراکم آبیاری» گزارش می‌گردد.

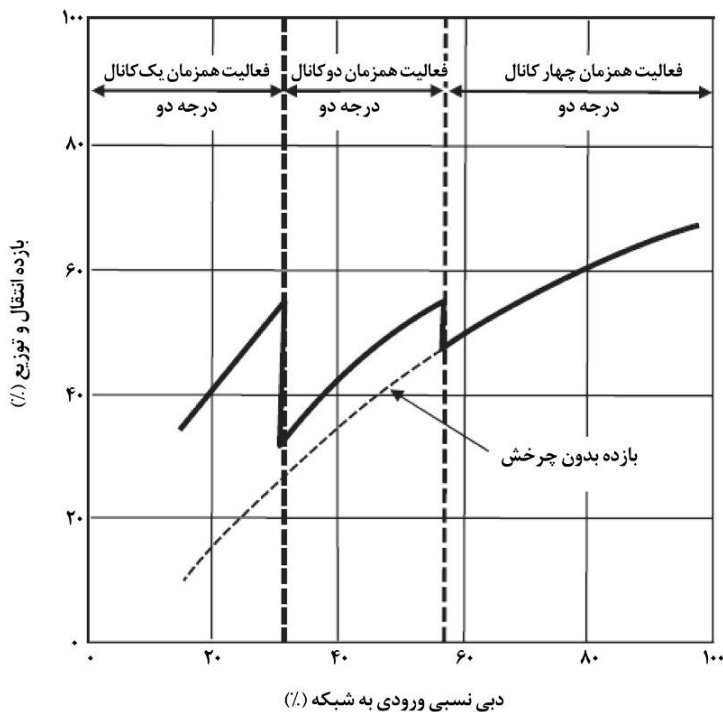
فهرست نوبت‌ها

این فهرست براساس برنامه زمانی و برای یک دوره کوتاه (۴، ۷، ۱۰ و یا ۱۵ روزه) تنظیم شده و ساعت دقیق باز یا بسته شدن آبگیرها را مشخص می‌نماید. مثلاً، در دوره یک هفته‌ای آبیاری ۱۶۸ ساعت برای

توزیع آب وجود دارد که دبی کانال طی این مدت بایستی به همه آب‌بران تحویل گردد. بنابراین، فهرست نوبت‌ها مشخص خواهد نمود که کشاورزان در چه زمان معین شده‌ای باید انتظار دریافت آب را داشته باشند. در تنظیم چنین فهرستی ضروری است که زمان لازم برای پر شدن کانال (رساندن آب به نقطه تحویل) و نیز زمان معادل برای تخلیه باقی‌مانده آب کانال در پایان آبیاری از شبکه به مزرعه (پس از بسته شدن دریچه بالا دستی) محاسبه شود. اگرچه، این آب فقط توسط کشاورزان مستقر در بازه‌های انتهایی کانال (در نقاط پایاب شبکه) قابل دریافت است. متوسط سرعت پیشروی آب در کانال‌های خاکی حدود ۷٫۵ دقیقه در هر ۱۰۰ متر در بیشتر خاک‌های کشاورزی می‌باشد. در روش توزیع آب نوبتی، هیچ مکانیزمی برای محاسبه کاهش ناشی از نشت وجود ندارد. معمولاً روش معینی برای محاسبات «مدت تحویل آب» به کشاورزان باید از قبل وجود داشته باشد. برنامه تنظیم شده دقیق، سپس به اطلاع کشاورزان می‌رسد و توافقات لازم با ایشان صورت می‌گیرد.

توزیع چرخشی

اگر هر دوره توزیع آب آبیاری ۸ روزه و جریان در کانال‌های درجه دو، همیشه به صورت عرضه کامل باشد، توزیع به آسانی صورت می‌گیرد. تنها علت برهم خوردن این برنامه، قطع و وصل جریان آب در کانال‌های بالادستی (به‌دلیل) می‌تواند باشد. چرخش (تناوب) تحویل آب بستگی به مقدار آب عرضه شده به شبکه و همچنین ظرفیت‌های (کمینه و بیشینه) کانال‌های شبکه دارد. توجه به این امر به‌ویژه در مواردی که تأمین آب مستقیماً از رودخانه صورت می‌گیرد مهم است. وقتی دبی دریافتی از رودخانه کم باشد، آب دریافتی به تناوب به کشاورزان داده می‌شود. با افزایش دبی ممکن است آب به‌طور دائم به کشاورزان داده شود. تجزیه و تحلیل صورت گرفته در سیستم آبیاری نوبتی در نپال نشان داده است که زمانی که عرضه آب کم بوده، به کمک روش چرخشی، بازده آبیاری ارتقاء چشمگیری یافته است (شکل ۲۱-۶). شبکه مورد نظر در این شکل دارای چهار کانال توزیع آب بوده است. زمانی که عرضه (آب دریافتی از رودخانه) در ورودی شبکه کاهش یابد، بهره‌برداری از دو کانال و به‌صورت تناوبی (به‌جای چهار کانال و دائم) آغاز می‌گردد. اگر کاهش جریان بیش از این ادامه یابد، در نهایت تنها یک کانال در هر زمان آب را توزیع خواهد نمود. به این ترتیب همواره سعی می‌شود تا دبی در کانال‌ها نزدیک به دبی طراحی باشد و از وقوع جریان‌های کم در کانال جلوگیری گردد. اصرار بر حفظ جریان کانال در سطح دبی طراحی به علت جلوگیری از رسوب‌گذاری در شبکه و نیز تأمین دبی کافی در مزرعه برای پیشبرد آب در کانال‌های خاکی و سطح قطعات آبیاری می‌باشد. مسلماً چرخش توزیع آب در کانال‌ها براساس دوره رشد محصولات و به‌منظور رساندن آب در دسترس کافی به هر کدام از مراحل رشد گیاه صورت می‌گیرد.



شکل ۲۱-۶ تأثیر تناوب در کانال‌های توزیع آب یک شبکه آبیاری. دبی نسبی ورودی به شبکه (%).

جمع‌آوری داده، پردازش و تجزیه و تحلیل آن

روش نوبتی نیاز محدودی به جمع‌آوری داده، پردازش و تجزیه و تحلیل آن دارد. میراب‌ها و متصدیان شبکه به جمع‌آوری داده‌های مربوط به مساحت و نوع محصولات تحت آبیاری در هر دوره رشد می‌پردازند. این داده‌ها مبنای محاسبه پردازش کشاورزان هستند، و در سازماندهی تناوب‌های توزیع آب نقشی ندارند.

در اینگونه سامانه‌ها، هیچ سازه اندازه‌گیری دبی وجود ندارد به‌جز یک فلوم در سراب (ابتدای) هر کانال توزیع‌کننده یا درجه دو. اصل اساسی این است که اگر در کانال آب جاری است، جریان باید به صورت «عرضه کامل» باشد (یا همان ظرفیت حداکثر کانال). برای اطمینان از برقراری عرضه کامل، در سراب هر کانال درجه دو رقوم مربوطه تعیین، علامت‌گذاری و پایش می‌شود. تحویل آب به صورت عادلانه به همه آب‌بران به‌ویژه کشاورزان مستقر در انتهای شبکه به معنای موفقیت شبکه در توزیع آب می‌باشد. یک روش ساده برای پایش کارایی کارکرد شبکه، بررسی مستمر داده‌های مساحت‌ها و ترکیب و تراکم محصولات کشت‌شده در زیربخش‌های شبکه است. اگر متوسط داده‌های اراضی در این زیربخش‌ها در سطح نرمال و یا طراحی شده نباشد (تمایز جدی زیربخش‌ها با یکدیگر) نیاز به بررسی بیشتر و عمیق‌تر خواهد بود.

روش نسبت مساحت برای توزیع و تخصیص آب

مدیریت شبکه اصلی به روش نسبت مساحت برای استفاده در شبکه‌های آبیاری اندونزی و با هدف حصول اطمینان از توزیع برابر و عادلانه آب توسعه یافته است. سادگی آن باعث شده تا در مناطق دیگر نیز از آن استفاده شود (هرچند قبل از استفاده نیاز به تطبیق با منطقه مورد نظر دارد). این روش نیاز به داده‌های محدود داشته، به آسانی پایش می‌شود، محاسباتی ساده داشته و به راحتی تجزیه و تحلیل می‌شود.

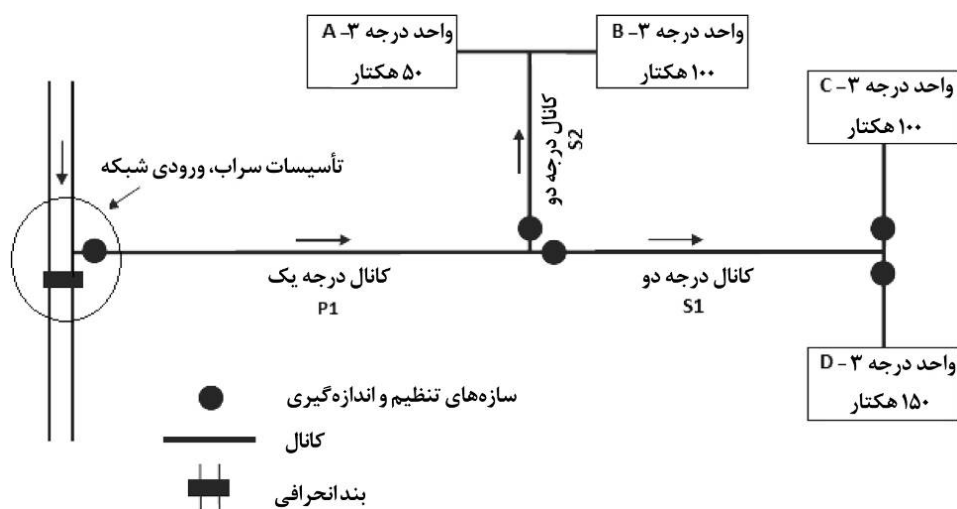
این روش ترکیبی از رویکرد نسبتاً پیچیده «بیان آب» و روش ساده «نوبتی» است. گرچه، این روش بر اساس مساحت محصولات تحت آبیاری، ترکیب کشت‌های مختلف و نیز نیاز آبی محصولات می‌باشد، اما به محاسبات ساده و محدودی نیاز دارد. برای ساده‌سازی محاسبات، مساحت تمامی محصولات کشت‌شده به یک سطح کشت معادل (محصول معادل) تبدیل می‌شود. سطح معادل بر اساس «نسبت نیاز آبی هر محصول به محصول استاندارد یا معادل» به دست می‌آید. برای مثال (در اندونزی) ضریب تعدیل برای برخی محصولات به شرح زیر است:

| محصول | ضریب تعدیل | محصول | ضریب تعدیل |
|-------|------------|------------|------------|
| سویا | ۱ | ذرت | ۱ |
| برنج | ۴ | بادامزمینی | ۱ |
| نیشکر | ۱/۵ | | |

بنابراین، یک هکتار محصول ذرت همان یک هکتار فرض می‌شود. در صورتی که یک هکتار محصول برنج چهار هکتار در نظر گرفته می‌شود. اکنون، در صورتی که هیدرومدول شبکه (برای محصول استاندارد) $1/s/ha$ باشد، برای ذرت نیز همان هیدرومدول، ولی برای برنج هیدرومدول $4/s/ha$ در نظر گرفته می‌شود. پس از تبدیل تمامی محصولات به محصول استاندارد، هیدرومدول ثابت و واحد در شبکه به کار می‌رود و تقاضای کل در هر زمان محاسبه می‌شود. اگر کل تقاضا بیشتر از آب عرضه‌شده به شبکه (در ورودی) باشد، مقدار تقاضای هر آبگیر به نسبت کسری (ضریب کاهش^۱) عرضه اختصاص داده شده به شبکه، کاهش می‌یابد.

این روش محاسبه و فرایندهای مرتبط موجب آسان شدن محاسبات نیاز آبی و آب تخصیصی برای هر شبکه با ترکیب کشت مختلف شده است. در این روش کانال‌های اصلی توسط متصدیان شبکه مدیریت شده و واحدهای درجه سه توسط آب‌بران (معمولاً انجمن آب‌بران) مدیریت می‌شود. در هر دور (هفتگی یا ۱۰ روزه) متصدیان شبکه داده‌های مساحت محصولات تحت آبیاری را جمع‌آوری می‌کنند و از آن برای تخصیص آب استفاده می‌کنند. سازه‌های کنترل شامل آبگیرهای روزنه‌ای با سازه‌های اندازه‌گیری همراه با سرریز (طویل و نوک اردکی) و یا فلوم می‌باشند. دریچه‌ها برای عبور دبی مورد نیاز ابتدای هر دور آبیاری تنظیم می‌شوند و در صورت نیاز باید تنظیمات بیشتری در طول مدت تحویل آب به منظور حفظ دبی تحویلی در سطح مورد نظر صورت گیرد.

۱. ضریب کاهش = (آب دریافتی شبکه) بر (کل تقاضا)



شکل ۲۲-۶ نمونه آرایش یک شبکه آبیاری.

جدول ۵-۶ داده‌ها و محاسبات برای تخصیص آب براساس روش نسبت مساحت (با فرض هیدرومدول شبکه برابر ۰/۴).

| ردیف | مورد | واحد | | | | | | |
|------|-------------------------------------|------|-------------|--------------|--------------|-----|-----|-----|
| | | واحد | واحد درجه ۳ | کانال درجه ۲ | کانال درجه ۱ | | | |
| | | A | B | C | D | S1 | S2 | P1 |
| ۱ | سطح اراضی آبخور | ۵۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۵۰ | ۱۵۰ | ۲۵۰ | ۴۰۰ |
| ۲ | مساحت تحت آبیاری برنج | ۱۰ | ۳۰ | ۲۰ | ۵۰ | ۴۰ | ۷۰ | ۱۱۰ |
| ۳ | مساحت تحت آبیاری ذرت | ۳۰ | ۶۰ | ۶۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۴۰ | ۲۳۰ |
| ۴ | مساحت تعدیل‌شده برنج | ۴۰ | ۱۲۰ | ۸۰ | ۲۰۰ | ۱۶۰ | ۲۸۰ | ۴۴۰ |
| ۵ | مساحت تعدیل‌شده ذرت | ۳۰ | ۶۰ | ۶۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۴۰ | ۲۳۰ |
| ۶ | کل مساحت تعدیل‌شده | ۷۰ | ۱۸۰ | ۱۴۰ | ۲۸۰ | ۲۵۰ | ۴۲۰ | ۶۷۰ |
| ۷ | دبی تحویلی | ۲۸ | ۷۲ | ۵۶ | ۱۱۲ | - | - | - |
| ۸ | بازده در کانال‌های انتقال و توزیع | % | - | - | - | ۸۰ | ۸۰ | ۸۳ |
| ۹ | دبی مورد نیاز ابتدای کانال‌های اصلی | l/s | - | - | - | ۱۲۵ | ۲۱۰ | ۴۰۴ |

جزئیات روش

یک مثال می‌تواند به درک توضیحات فوق کمک کند. نمونه داده‌های یک شبکه آبیاری در شکل ۲۲-۶ و جدول ۵-۶ نشان داده شده است.

محاسبات جدول ۵-۶ نشان می‌دهد که چگونه دبی مورد نیاز برای دور آبیاری مشخص محاسبه می‌شود. این دبی بایستی در نقطه ورود به شبکه از منبع تأمین (در اینجا رودخانه) دریافت گردد. شکل ۲۲-۶ و جدول ۵-۶ کاربرد آسان این روش را نشان می‌دهند. روش انجام محاسبات در چند جمله عبارت است از: (۱) مساحت اراضی کشت‌شده در مزارع و جمع آن در هر واحد درجه سه، اندازه‌گیری شده و در جدول درج می‌گردد (ردیف‌های دو و سه). (۲) با ضرب این ارقام در ضریب تعدیل هر محصول،

جدول ۶-۶ داده‌ها و محاسبات برای تخصیص آب براساس روش نسبت مساحت (با فرض هیدرومدول شبکه برابر ۰/۳).

| مورد | واحد | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|-------|-------------|----|----|------|----|-----|
| | کانال درجه ۲ | | واحد درجه ۳ | | | واحد | | |
| | PI | S2 | S1 | D | C | B | A | |
| دبی تحویلی | - | - | - | ۸۴ | ۴۲ | ۵۴ | ۲۱ | l/s |
| بازده در کانال‌های انتقال و توزیع | ۸۳ | ۸۰ | ۸۰ | - | - | - | - | % |
| دبی مورد نیاز ابتدای کانال‌های اصلی | ۹۳,۷۵ | ۱۵۷,۵ | ۹۳,۷۵ | - | - | - | - | l/s |

مساحت‌های تعدیل شده به دست می‌آیند (ردیف‌های چهار و پنج). با این حساب، گرچه مجموع مساحت تحت آبیاری در واحد درجه سه A برابر ۴۰ هکتار بوده ولی مساحت تعدیل شده تحت آبیاری A در مجموع برابر ۷۰ هکتار می‌شود (ردیف شش). (۳) دبی مورد نیاز هر واحد درجه سه با ضرب کردن مساحت تعدیلی آن در هیدرومدول استاندارد به دست خواهد آمد (ردیف هفت). (۴) برای آنکه دبی مورد نیاز شبکه معلوم شود لازم است تا تلفات انتقال آب در کانال‌های درجه یک و دو نیز محاسبه و بر دبی مورد نیاز واحدهای درجه سه اضافه شود. در ردیف هشت مقادیر بازده انتقال آب کانال‌های اصلی ارائه شده است. در آخرین ردیف از تقسیم دبی‌های مورد نیاز به بازده کانال‌ها دبی لازم در ابتدای کانال‌های درجه یک و دو محاسبه شده است. از نقاط قوت روش نسبت مساحت سهولت تخصیص آب در زمان کم آبی می‌باشد؛ زیرا با استفاده از ضریب کاهش، همان دبی محدود به صورتی عادلانه بین تمامی واحدهای درجه ۳ توزیع می‌گردد. برای مثال، دبی ورودی از رودخانه به شبکه برابر ۴۰۴ l/s به دست آمده است (مثال فوق). با این حال ممکن است عرضه قابل دسترس در نقطه آبیگری از رودخانه فقط برابر ۳۰۰ l/s باشد. بنابراین ضریب کاهش ۰/۷۴ بایستی در دبی‌های تحویلی واحدهای درجه ۳ اعمال شود. نتایج این حالت در جدول ۶-۶ نشان داده شده است.

جمع آوری داده، پردازش و تجزیه و تحلیل آن

مزیت عمده روش نسبت مساحت در سادگی جمع آوری داده‌ها، پردازش و تجزیه و تحلیل آنها می‌باشد. آسانی جمع آوری داده، وقتی اهمیت خود را نشان می‌دهد که گستردگی اراضی فاریاب در نظر گرفته شود. داده‌های اصلی مورد نیاز برای تخصیص در این روش و نیز برای ارزیابی عبارتند از:

- دبی کانال در تمامی نقاط کنترل (ورودی شبکه درجه یک، و آبیگریهای درجه دو و واحد درجه سه)؛
 - محصولات تحت آبیاری و مساحت آنها در هر واحد درجه سه؛
 - جریان‌های برگشتی (زهکشی به درون کانال یا رواناب از انتهای قطعات بالادستی) که برای آبیاری مجدداً استفاده می‌شوند؛
 - نوسانات ماهانه / فصلی جریان رودخانه؛
 - سایر برداشت از کانال برای مصارف غیر آبیاری (صنعت، شرب، بهداشت، دام و...).
- نوع محصول و سطح کشت آن در واحدهای درجه سه توسط میراب روستا یا انجمن آب‌بران

جمع‌آوری شده و این اطلاعات هر ۱۰ روز به متصدیان شبکه تحویل داده می‌شود. سایر داده‌ها توسط متصدیان شبکه آبیاری جمع‌آوری می‌گردد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، متصدیان شبکه هر ۱۰ روز، جلسه‌ای در اداره آبیاری برای ارزیابی کارایی کارکرد شبکه در دور قبلی و تنظیم تخصیص و برنامه زمانی عرضه آب برای ۱۰ روز آینده برگزار می‌کنند.

برای تخصیص و ارزیابی از فرم‌های مخصوصی استفاده می‌شود. ابتدا در فرمی مانند جدول ۶-۷ الف، مساحت‌های کشت شده وارد شده و جمع مساحت‌های کشت شده تحت هر کانال درجه ۲ و ۱ معلوم می‌شود. در فرم دیگری مانند جدول ۵-۶، با داشتن ضرایب تعدیل محاسباتی برای تعیین مساحت‌های معادل صورت می‌گیرد. در طی هر دوره با کمک فرم سومی مانند جدول ۷-۶، میزان دبی واقعی تحویل شده ثبت و متوسط آن برای هر واحد محاسبه می‌گردد. اکنون در آخرین فرم (جدول ۷-۶ ب) با داشتن اطلاعات فرم‌های فوق‌الذکر، مساحت‌های واقعی و معادل و نیز دبی واقعی تحویل شده درج و نهایتاً در ستون آخر از تقسیم دبی به مساحت‌های معادل متوسط هیدرومدول تحویلی به دست می‌آید. با یک نگاه به این هیدرومدول‌ها می‌توان ناهنجاری‌های توزیع آب را مشاهده نمود. برای مثال در سطح واحدهای درجه ۳، کمینه ۰/۱۸ و بیشینه ۰/۶۷ دیده می‌شود، در حالی که هیدرومدول استاندارد برابر ۰/۴ فرض شده بود؛ و لذا در این حالت به نظر می‌رسد شبکه به خوبی بهره‌برداری نمی‌شود. بررسی بیشتر برای

جدول ۶-۷ الف فرم ثبت مساحت اراضی.

| نیشکر | سایر محصولات | ذرت | سویا | برنج بهاره | مساحت آبیاری شده (ha) | کانال | کانال | کانال |
|-------|--------------|-----|------|------------|--------------------------|----------|--------|--------|
| | | | | | | درجه ۳ | درجه ۲ | درجه ۱ |
| | | | | | ۸۱۷ | | | آبکوه |
| | | | | | ۲۵۸ | | سناباد | |
| | | ۳۸ | ۲۶ | ۴۲ | ۱۰۶ | گوهرشاد | | |
| | | ۹ | ۱۳ | ۳۴ | ۵۶ | خلج | | |
| | | ۳۹ | ۱۹ | ۳۸ | ۹۶ | سیدی | | |
| | | | | | ۵۵۹ | | نور | |
| | | ۱۰ | | ۲۸ | ۳۸ | کالج | | |
| | ۷ | ۲۸ | | ۲۹ | ۶۴ | تاشکوا | | |
| | ۳ | ۳ | | ۲۶ | ۳۲ | تاشکوا ۲ | | |
| ۶۹ | | | | | ۶۹ | تاشکوا ۳ | | |
| | | ۲ | | ۲۳ | ۲۵ | تاشکوا ۴ | | |
| | | ۱۷ | | ۲۱ | ۳۸ | تاشکوا ۵ | | |
| | | | | | ۲۹۳ | | نوغان | |
| | ۱۱ | ۸۵ | | ۳۰ | ۱۲۶ | کجور ۱ | | |
| | ۹ | ۴۰ | | ۲۵ | ۷۴ | کجور ۲ | | |
| | | | | | ۹۳ | | پیروزی | |
| | | ۱۶ | | ۲۳ | ۳۹ | رویان ۱ | | |
| | | ۱۳ | | ۲۳ | ۳۶ | رویان ۲ | | |
| | | ۶ | | ۱۲ | ۱۸ | رویان ۳ | | |

جدول ۷-۶ فرم پردازش دبی و مساحت اراضی.

| کانال درجه ۱ | کانال درجه ۲ | کانال درجه ۳ | مساحت آبیاری شده | متوسط دبی تحویلی | جمع مساحت معادل | هیدرومدول متوسط |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| آبکوه | | | ۸۱۷ | ۹۲۸ | ۱۹۱۳ | ۰٫۴۹ |
| | سناباد | | ۲۵۸ | ۳۵۳ | ۶۰۰ | ۰٫۵۹ |
| | | گوهرشاد | ۱۰۶ | ۷۹ | ۲۳۲ | ۰٫۳۴ |
| | | خلج | ۵۶ | ۸۸ | ۱۵۸ | ۰٫۵۶ |
| | | سیدی | ۹۶ | ۱۴۱ | ۲۱۰ | ۰٫۶۷ |
| | نور | | ۵۵۹ | ۵۸۱ | ۱۳۱۳ | ۰٫۴۴ |
| | | کالج | ۳۸ | ۴۲ | ۱۲۲ | ۰٫۳۴ |
| | | تاشکوا | ۶۴ | ۶۸ | ۱۵۱ | ۰٫۴۵ |
| | | تاشکو ۲ | ۳۲ | ۳۴ | ۱۱۰ | ۰٫۳۱ |
| | | تاشکو ۳ | ۶۹ | ۵۴ | ۱۰۴ | ۰٫۵۲ |
| | | تاشکو ۴ | ۲۵ | ۱۷ | ۹۴ | ۰٫۱۸ |
| | | تاشکو ۵ | ۳۸ | ۲۸ | ۱۰۰ | ۰٫۲۸ |
| | نوغان | | ۲۹۳ | ۲۰۱ | ۶۳۲ | ۰٫۳۲ |
| | | کجور ۱ | ۱۲۶ | ۷۱ | ۲۱۶ | ۰٫۳۳ |
| | | کجور ۲ | ۷۴ | ۳۹ | ۱۴۹ | ۰٫۲۶ |
| | پیروزی | | ۹۳ | ۶۰ | ۲۶۷ | ۰٫۲۲ |
| | | رویان ۱ | ۳۹ | ۲۹ | ۱۰۸ | ۰٫۲۷ |
| | | رویان ۲ | ۳۶ | ۲۵ | ۱۰۵ | ۰٫۲۴ |
| | | رویان ۳ | ۱۸ | ۱۴ | ۵۴ | ۰٫۲۶ |

جدول ۸-۶ فرم ثبت دبی در نقاط کنترل.

| نام مکان | شماره کانال | شماره سازه | آبخور (litra) | توضیحات | حساب برنامه | دبی (Q) | | | | | |
|----------|-------------|------------|---------------|---------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | | | | | تخصیصی | | | | | |
| | | | | | | اندازه‌گیری شده | | | | | |
| آبکوه | PI | ۲۳ | ۸۱۷ | | ۷۶۵ | روز ۱ | روز ۲ | روز ۳ | روز ۴ | روز ۱۰ | متوسط |
| | | | | | | ۹۳۱ | ۹۱۰ | ۹۱۶ | ۹۲۸ | ... | ۹۲۸ |

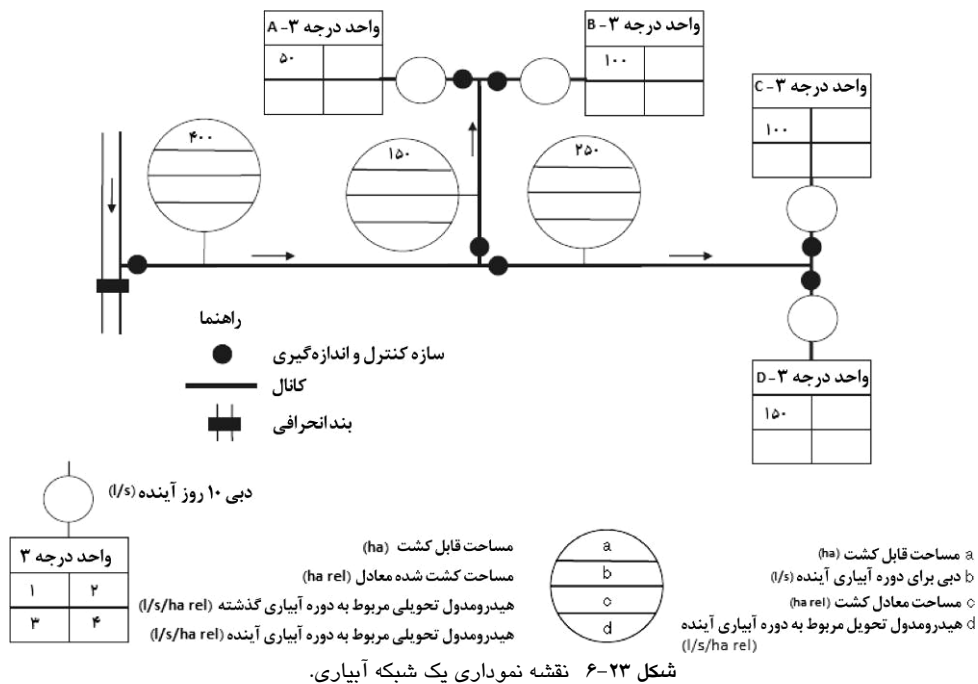
شناسایی این تفاوت‌ها در عرضه آب به نقاط مختلف اراضی آبخور ضروری است تا دلیل این امر مشخص گردد؛ و سپس می‌توان نسبت به رفع آن اقدام نمود.

کاربرد نقشه‌های نموداری

نقشه‌های نموداری (شماتیک) توزیع آب می‌تواند در هر شبکه آبیاری استفاده شود. یک نقشه نموداری از شکل ۲۲-۶ در شکل ۲۳-۶ نشان داده شده است. نقشه نموداری یک نمایش تصویری از شبکه کانال است که مکان و ارتباط کانال‌های اصلی و فرعی و نیز موقعیت واحدهای درجه سه و سازه‌های کنترل را نشان می‌دهد. نقشه‌های نموداری ابزار مناسبی در نمایش دبی واقعی و مقدار هیدرومدول تحویلی برای هر دور آبیاری (مثلاً ۱۰ روزه) بوده که به تنظیم تخصیص و برنامه زمانی ۱۰ روز آینده کمک می‌نماید. شکل ۲۴-۶ نقشه نموداری پیچیده‌تری مربوط به جداول ۷-۶ و ۸-۶ را نشان داده است.

| دبی | بار آبی | عرض سرریز | نوع سرریز | کانال | دبی | بار آبی | عرض سرریز | نوع سرریز | کانال | دبی | بار آبی | عرض سرریز | نوع سرریز | کانال |
|-----|---------|-----------|-----------|---------|-----|---------|-----------|-----------|----------|-----|---------|-----------|-----------|---------|
| ۳۹ | ۱۲ | ۰٫۵ | C | کجور ۲ | ۶۸ | ۱۱ | ۱ | C | تاشکوا ۱ | ۹۲۸ | ۲۵ | ۵ | BC | آبکوه |
| ۶۰ | ۱۶ | ۰٫۵ | C | پیروزی | ۳۴ | ۷ | ۱ | C | تاشکوا ۲ | ۵۸۱ | ۲۹ | ۲ | C | نور |
| ۲۹ | ۱۰ | ۰٫۵ | C | رویان ۱ | ۵۴ | ۱۱ | ۱ | C | تاشکوا ۳ | ۳۵۳ | ۳۳ | ۱ | C | سناباد |
| ۲۵ | ۹ | ۰٫۵ | BC | رویان ۲ | ۱۷ | ۵ | ۱ | C | تاشکوا ۴ | ۷۹ | ۱۵ | ۰٫۸ | BC | گوهرشاد |
| ۱۴ | ۶ | ۰٫۵ | C | رویان ۳ | ۲۸ | ۷ | ۱ | C | تاشکوا ۵ | ۸۸ | ۱۶ | ۰٫۶ | BC | خلج |
| | | | | | ۲۰۱ | ۲۴ | ۱ | BC | نوغان | ۱۴۱ | ۲۲ | ۰٫۸ | BC | سیدی |
| | | | | | ۷۱ | ۱۸ | ۰٫۵ | C | کجور ۱ | ۴۲ | ۸ | ۱ | C | کالج |

C: سرریز لبه تیز BC: سرریز لبه پهن

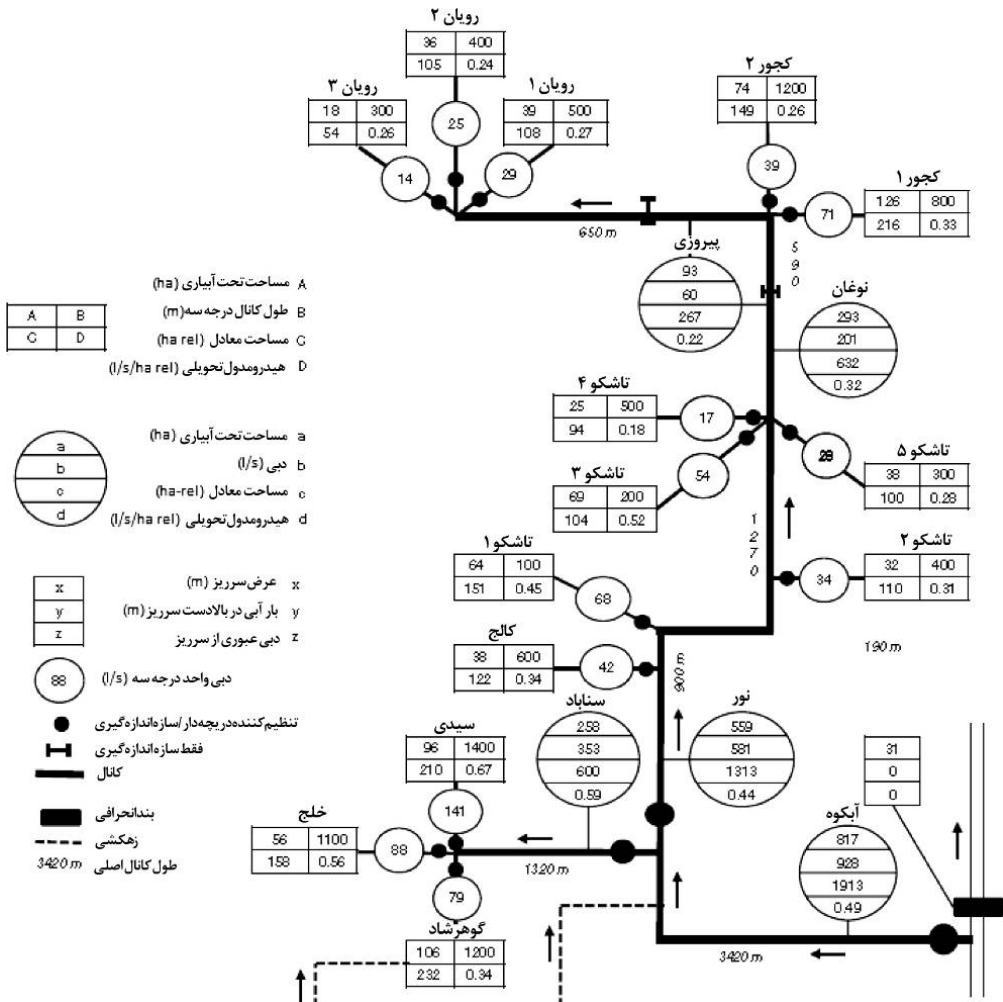


در نقشه نمودارهایی (مانند شکل ۲۴-۶)، استفاده از رنگ برای دسته‌بندی هیدرومدول‌های تحویلی (از کوچک تا بزرگ) می‌تواند برای برجسته کردن تغییرات عرضه آب در شبکه به کار گرفته شود. داده‌های نمایش داده‌شده در قالب اینگونه نمودارها به متصدیان شبکه در تجزیه و تحلیل صحیح و سریع اطلاعات کمک می‌کند. تولید این نمودارها در مواردی که پایش بهره‌برداری مبتنی رایانه است بسیار آسان و مفید است.

مسائل

۱. سطوح مختلف بهره‌برداری از شبکه آبیاری را نام برده، و هر یک را تشریح نمایید؟
۲. هدف از بهره‌برداری شبکه اصلی چیست؟ توضیح دهید.

۳. چه متغیرهایی در برنامه زمانی آبیاری کاربرد دارند؟
۴. برنامه زمانی متغیر توسط چه کسی کنترل می‌شود؟ انواع برنامه‌های زمانی مختلف را نام ببرید؟
۵. نقش سیستم‌های کنترلی در مدیریت آبیاری را بیان نمایید؟
۶. تجهیزات ضروری برای کنترل آب در شبکه‌های ثقلی چیست؟
۷. سیستم‌های کنترلی کانال‌ها به چند گروه تقسیم می‌شوند؟
۸. حالت پایدار در یک کانال چه زمانی ایجاد می‌شود، این حالت از چه مؤلفه‌هایی تشکیل می‌شود؟
۹. ساده‌ترین روش توزیع آب را شرح دهید؟
۱۰. روش «نسبت مساحت» برای توزیع و تخصیص آب را شرح دهید؟

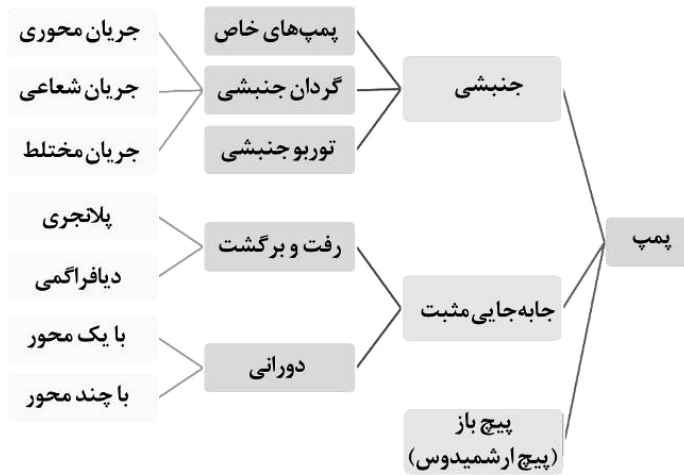


شکل ۲۴-۶ نقشه نموداری برای نمایش داده‌های بهره‌برداری شبکه آبیاری.

بهره‌برداری و نگهداری ایستگاه‌های پمپاژ

نیاز انسان به آب و جابجایی آن از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر سبب شد که انسان به فکر ساخت دستگاهی که این مشکل را بر طرف کند بیافتد. اولین نمونه پمپ‌هایی که نیروی محرک آنها توسط انسان یا حیوانات تأمین می‌شد، توسط مصریان باستان در ۱۷ قرن پیش از میلاد مسیح ساخته شدند و مورد استفاده قرار گرفتند. آنها توانسته بودند آبرا با پمپ‌های رفت‌وبرگشتی از عمق ۶ متری زمین بیرون بکشند. در یونان باستان نیز ۴ قرن قبل از میلاد پمپ‌های رفت‌وبرگشتی با طرح ساده ساخته شده بود. تاریخ مشخصی در مورد ابداع پمپ‌های سانتریفیوژ ثبت نشده است؛ اما نقاشی‌های لئوناردو داونچی در قرن پانزدهم میلادی نشان می‌دهد که چگونه می‌توان با اعمال نیروی گریز از مرکز به آب درون یک لوله خمیده، آب را تا مقدار معینی بالا برد. اولین پمپ‌های مبتنی بر این اصل در اواخر قرن هفدهم و اوایل قرن هجدهم توسط مهندسين فرانسوی و ایتالیایی ساخته شده و کاربرد عملی یافتند. در نیمه‌های قرن نوزدهم عیب اصلی پمپ‌های رفت‌وبرگشتی، یعنی پایین بودن شدت جریان در آنها، موجب شد تا پمپ‌های گریز از مرکز با استقبال بیشتری روبرو شوند و جایگاه وسیعتری در صنعت پیدا کنند. به‌جرات می‌توان گفت بعد از اختراع اهرم و چرخ، پمپ پایه‌ای‌ترین اختراع بشر بوده و صنعت امروز بدون آن از کار خواهد افتاد.

پمپ دستگاهی است که با ازدیاد فشار سیال باعث انتقال آن از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر می‌گردد. به‌طور کلی پمپ‌ها انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی اخذ و به سیال انتقال می‌دهند. در نتیجه این عمل، انرژی سیال بعد از خروج از ماشین افزایش می‌یابد. پمپ‌ها را بر مبنای نحوه انتقال انرژی به سیال به سه دسته تقسیم‌بندی می‌کنند (شکل ۱-۷).



شکل ۱-۷ تقسیم‌بندی پمپ‌ها براساس نحوه انتقال انرژی به سیال

پمپ‌های جنبشی (Dynamic): که انتقال انرژی از آنها به سیال به‌طور دائمی است؛ و دارای دبی ثابت هستند.

پمپ‌های جابه‌جایی مثبت (Positive displacement): که انتقال انرژی از آنها به سیال به‌صورت متناوب یا دوره‌ای است؛ و لذا دبی خروجی از آنها نوسان‌کننده است.

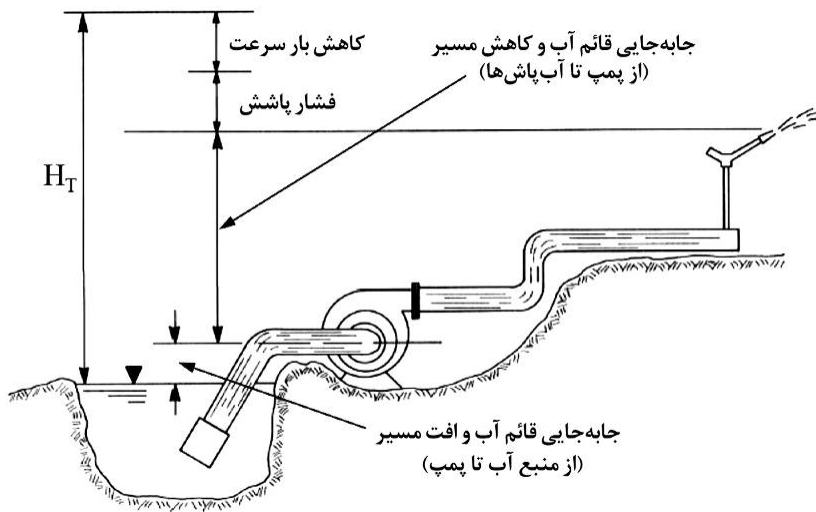
پمپ پیچ باز (Open screw): یک پیچ ارشمیدس که درون یک کانال باز و شیب‌دار جاسازی شده است. مکانیزم این پمپ متفاوت با دو دسته قبل می‌باشد.

در شبکه‌های آبیاری عمدتاً انواعی از پمپ‌های جنبشی به کار می‌روند. به‌همین جهت، ذیلاً انواع اینگونه پمپ‌ها معرفی می‌شوند.

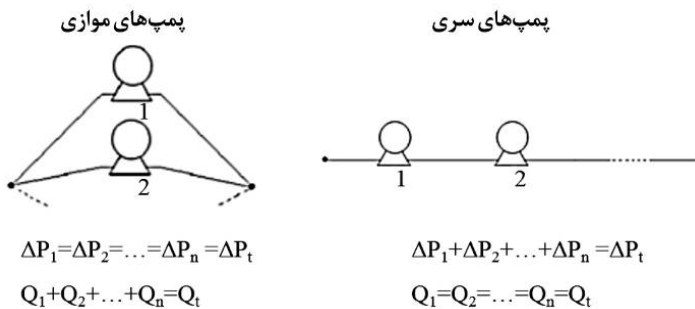
پمپ‌های جنبشی

پمپ‌های جنبشی به‌وسیله یک قطعه متحرک انرژی جنبشی را به سیال منتقل می‌نمایند. این پمپ‌ها براساس نحوه عملکردشان به سه گروه قابل تفکیک‌اند: (۱) پمپ‌های گردان - جنبشی (Roto-Dynamic)، (۲) پمپ‌های توربو - جنبشی (Turbo-Dynamic)، دارای پره‌های فراوان و کار در rpm بسیار بالا، و (۳) پمپ‌های جنبشی خاص (متفاوت از دو گروه دیگر، مانند Hydraulic Ram). شایع‌ترین نوع پمپ‌های مورد استفاده برای آبیاری اراضی کشاورزی از نوع «گردان - جنبشی» هستند که برای انتقال سیالات با لزوجت در محدوده ۵۲۰ تا ۷۶۰ سانتی‌استوک^۱ کاربرد دارند. در این بخش صرفاً در مورد انواع پمپ‌های گردان - جنبشی توضیح ارائه خواهد شد.

۱. برای انتقال سیالات با لزوجت‌های بیشتر و کمتر از محدوده اشاره شده، بایستی به‌ترتیب از پمپ‌های «جابه‌جایی مثبت» و «توربو پمپ‌ها» استفاده شود.



شکل ۷-۲ نمای شماتیک از پمپ خشک.



شکل ۷-۳ پمپ‌های سری و موازی.

ارائه برخی تعاریف در ابتدای بحث مفید است. در صورتی که پمپ خارج از آب نصب شده و به وسیله لوله رابطی به منبع آب (رودخانه، چاه، ...) متصل شده باشد آن را «پمپ خشک» می‌نامند؛ و اگر پمپ در داخل آب فرو برده شود آنرا «پمپ شناور» می‌نامند (شکل ۷-۲). امروزه پمپ شناور بیشتر به پمپ‌های کار گذاشته شده در چاه‌های عمیق، به‌ویژه پمپ‌هایی با موتور الکتریکی، که کل دستگاه در داخل آب قرار می‌گیرد اطلاق می‌شود. پمپ‌ها می‌توانند به صورت ترکیبی نیز به کار گرفته شوند. تجمیع پمپ‌ها به صورت «موازی» یا «سری» مرسوم است. هرگاه نیاز به افزایش فشار باشد از اتصال سری، و هرگاه نیاز به افزایش دبی باشد از اتصال موازی استفاده می‌گردد. به پمپ‌های سری شده در یک محفظه «پمپ چندطبقه» گفته می‌شود (شکل ۷-۳ موازی، سری).

پمپ‌ها براساس وضعیت استقرار محور محرک به دو دسته افقی و قائم تقسیم می‌شوند. در نوع افقی پروانه با حالت ایستاده به شفت افقی اتصال دارد؛ ولی در نوع قائم پروانه به حالت خوابیده به شفت قائم



متصل می‌گردد. کارگذاری افقی پمپ‌ها عمدتاً در حالت خشک انجام می‌شود. برای انتقال نیروی محرک از موتور به پمپ‌های قائم (شافت و غلافی)، از یک جعبه دنده (یا دیفرانسیل، برای تغییر مسیر شافت از افقی به عمودی) به کار گرفته می‌شود. اما، برای اتصال الکتروموتورها به پمپ‌های قائم معمولاً الکتروموتور را به صورت قائم نصب و مستقیماً به پمپ جفت (Couple) می‌نمایند. در کارگذاری پمپ‌ها به صورت شناور و قائم (مانند چاه‌های عمیق) جفت الکتروموتور و پمپ در زیر سطح آب قرار می‌گیرند.

همانگونه که در شکل ۱-۷ مشاهده می‌شود، پمپ‌های گردان جنبشی به سه گروه تقسیم می‌شوند: الف) جریان شعاعی (حلزونی)؛ ب) جریان مختلط (توربینی)؛ و ج) جریان محوری (ملخی). شکل ۴-۷ انواع مختلف پروانه‌ها در این سه نوع پمپ را نشان می‌دهد. در انواع پمپ‌های جریان شعاعی، سیال موازی با محور وارد پروانه پمپ شده و عمود بر آن (در امتداد شعاع) از پروانه خارج می‌شود. این پمپ‌ها برای ارتفاع آبرسانی (فشار) زیاد ولی دبی کم مناسب می‌باشند. در مقابل، امتداد جریان ورودی و خروجی در پمپ‌های جریان محوری به موازات محور است. به عنوان مثال، پروانه‌های قایق موتوری و پنکه از این نوع می‌باشند. این نوع پمپ‌ها برای انتقال دبی زیاد ولی با ارتفاع آبرسانی کم مناسب‌اند. پمپ‌های با جریان مختلط، دارای وضعیت بینابینی هستند. به طوری که، سیال موازی با محور وارد پروانه شده و به طور مایل نسبت به محور از پروانه خارج می‌گردد. این پمپ‌ها برای ایجاد فشار و دبی‌های متوسط به کار می‌روند. پمپ‌های توربینی در چاه‌های عمیق، پمپ‌های چندطبقه (سری) با جریان مختلط هستند که برای پمپاژ آب با دبی متوسط و فشار زیاد مناسب‌اند. نامیدن «پمپ توربینی» به دلیل اقتباس آن از توربین فرانسسیس می‌باشد. برای انتخاب پمپ‌ها معمولاً از بار دینامیکی (Dynamic Head) استفاده می‌شود. بار دینامیکی حاصل جمع ارتفاع پمپاژ (Z)، بار کاهش‌های مسیر جریان (h_L)، کاهش ورودی (h_e) و نیز کاهش خروجی (h_o) می‌باشد:

$$h_D = Z + h_L + h_e + h_o \quad (7-1)$$

علت فراوانی کاربرد انواع پمپ‌های گردان جنبشی (به ویژه انواع شعاعی) را می‌توان در موارد زیر

خلاصه نمود: ارزانی واحد پمپاژ (دبی \times ارتفاع) نسبت به یک کیلووات قدرت مفید مصرفی؛ قابلیت جفت (کوپله) شدن مستقیم پروانه پمپ با محور چرخشی ماشین محرک؛ داشتن دبی یکنواخت و دائمی؛ اشغال فضای کمتر متناسب با قدرت مصرفی؛ هزینه نگهداری نسبتاً پایین؛ بازده بالا؛ وجود تنوع کافی برای ارتفاع - دبی‌های مختلف و لذا دامنه کاربرد فوق‌العاده بالا در پروژه‌های آبیاری و آبرسانی؛ و نهایتاً عدم آسیب دیدن در هنگام وقوع موقت انسداد نسبی یا کامل مسیر پمپاژ.

در این قسمت، با توجه به رایج بودن کاربرد پمپ‌های جریان شعاعی، توضیحات بیشتری در مورد این نوع از پمپ‌ها ارائه خواهد شد.

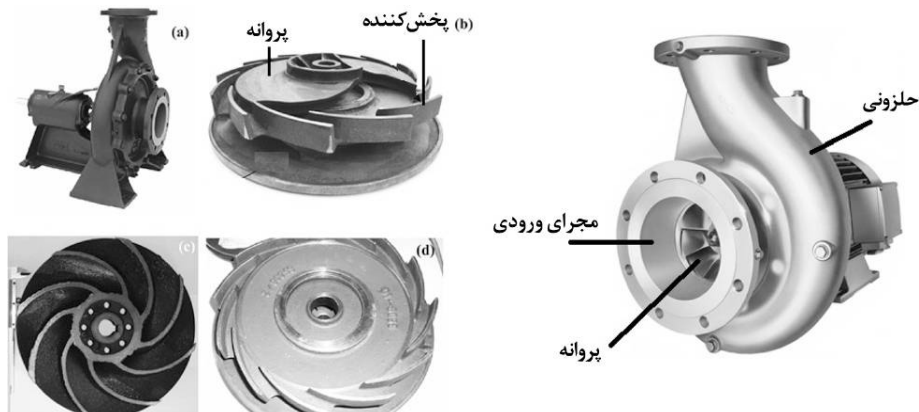
پمپ‌های جریان شعاعی

ساختمان اصلی این پمپ‌ها از اجزای زیر تشکیل می‌شود (شکل ۵-۷):

مجرای ورودی (Intake): لوله‌ای که هدایت سیال از دهانه مکش تا ورودی پروانه را بر عهده دارد. پروانه (Impeller): قطعه متحرک پمپ و عامل اصلی انتقال انرژی مکانیکی است. پروانه دارای پره‌های خمیده به عقب بوده و بر روی محوری محرک (شافت) سوار شده است. استفاده از انواع پروانه‌ها یک یا دوطرفه و باز یا بسته مرسوم می‌باشد.

پخش‌کننده (Diffuser): در برخی از پمپ‌ها به منظور کاهش آشفتگی جریان سیال و اتلاف انرژی جنبشی در اثر تشکیل گرداب و نیز افزایش بازده تبدیل انرژی پمپ، پره‌های ثابتی به نام پخش‌کننده در مسیر آب پس از خروج از پروانه قرار می‌دهند.

حلزونی (Volute): محفظه‌ی پمپ دارای شکل حلزونی بوده و نقش خاصی دارد. با بزرگ شدن تدریجی پوسته حلزونی شکل پمپ، انرژی جنبشی آب بسیار پرسرعت به انرژی فشاری تبدیل می‌گردد. علاوه بر این، پوسته پمپ جریان خروجی از پروانه را جمع نموده و به دهانه رانش (خروجی پمپ) تخلیه می‌نماید.



شکل ۵-۷ ساختمان اصلی پمپ‌ها.

اصول کار این پمپ‌ها بدین صورت است که نیروی محرک (موتور، الکتروموتور، ...) از طریق شافت موجب چرخش پروانه می‌شود؛ آب از مجرای ورودی وارد مرکز پروانه شده و بلافاصله با پروانه که با سرعت در حال چرخش است تماس پیدا می‌کند؛ و پروانه در اثر نیروی گریز از مرکز آب را با سرعت بالاتری به پیرامون خود پرتاب می‌نماید. اگر پره‌های ثابت (پخش‌کننده) وجود داشته باشند، جریان سامان می‌یابد و جلوی آشفتنگی و کاهش‌های ناشی از آن گرفته می‌شود. نهایتاً، انرژی جنبشی آب خارج‌شده از پمپ در محفظه حلزونی به انرژی فشاری تبدیل شده و آب پر فشار وارد لوله رانش می‌شود.

مقایسه پمپ‌های حلزونی و توربینی: تفاوت اصلی بین پمپ‌های حلزونی و توربینی در ساختمان پروانه آنها می‌باشد (شکل ۴-۷). علاوه بر این، پخش‌کننده در پمپ‌های توربینی حتماً وجود دارد؛ در حالی که در اکثر پمپ‌های حلزونی وجود ندارد. به همین دلیل بازده پمپ‌های توربینی نسبت به حلزونی بیشتر است. همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد پمپ توربینی برای جابجایی دبی و ارتفاع متوسط و پمپ حلزونی برای جابجایی دبی کم و ارتفاع زیاد مناسب هستند. معمولاً پمپ‌های حلزونی فقط یک طبقه ساخته می‌شوند، در حالی که پمپ‌های توربینی ممکن است به صورت چندطبقه هم باشند.

کاویتاسیون (خلأزایی)

آب یا هر مایع دیگر، به‌ازای یک فشار مشخص در درجه حرارتی معینی جوش می‌آید. به‌عنوان مثال آب تحت فشار یک اتمسفر در 100°C و یا تحت فشار 0.7 اتمسفر در 20°C به جوش (تولید حباب بخار آب نماید) می‌آید. بنابراین آب ممکن است در دمایی بسیار پایین‌تر از 100°C نیز «حباب‌زایی» نماید (به جوش آید)، که دلیل این امر تجاوز فشار بخار مایع (تحت دمای محیط) از فشار محیط است.

هرگاه در مسیر جریان آب به‌داخل یک پمپ تا چشمه / مرکز پروانه (حداقل فشار)، فشار در نقطه‌ای از فشاربخار مایع در درجه حرارت درون پمپ کمتر شود، حباب‌های بخار آب به وجود می‌آید. این حباب‌ها به همراه مایع به نقطه‌ای دیگر درون پمپ با فشار بالاتر حرکت می‌نمایند. اگر در محل جدید فشار به اندازه‌ی کافی زیاد باشد، حباب‌های بخار در این محل به آب تبدیل (میعان) می‌شوند. عمل میعان آنقدر سریع اتفاق می‌افتد که جای خالی حباب خلأ شدیدی پدید می‌آید. اگر این خلأ در مجاورت پره‌ها شکل گیرد، منجر به خوردگی آنها شده و سطح پروانه متخلخل می‌گردد. این پدیده را «کاویتاسیون» می‌نامند؛ که در زمانی کوتاه موجب از بین رفتن پره‌ها می‌گردد. لذا باید از به وجود آمدن چنین وضعیتی در پمپ جلوگیری شود. برای جلوگیری از پدیده کاویتاسیون، علاوه بر کاهش ارتفاع کارگذاری پمپ (در صورت امکان)، اقدامات زیر را می‌توان انجام داد:

- افزایش فشار هوای داخل مخزنی که مایع از آن پمپاژ می‌شود؛
- کاهش در لوله مکش؛
- افزایش قطر؛

- پرهیز از نصب اتصالات (مانند زانویی و تبدیل)؛
- انتخاب لوله مکش با ضریب اصطکاک پایین؛
- کاهش دمای محیط.

بار مکش مثبت خالص (NPSH)

معمولاً مکش پمپ‌های جریان شعاعی در دهانه مکش می‌تواند برای پمپاژ تا حدود کمتر از ۱۰ متر استفاده شود. استفاده از این ظرفیت بالقوه بایستی با دقت صورت پذیرد. زیرا، می‌تواند منجر به کاویتاسیون گردد. شکل ۶-۷ تغییرات فشار در پمپ از دهانه مکش تا چشمه پروانه و تا دهانه رانش را نشان می‌دهد. هرگاه فشار سیستم کمتر از فشار بخار اشباع شود، خطر حباب‌زایی پدید می‌آید. معیار NPSH (Net Positive Suction Head) برای کنترل خطر حباب‌زایی ابداع گردیده است. این معیار تفاوت بین بار فشار موجود در هر نقطه‌ای از سیستم و بار فشار بخار اشباع مایع درون سیستم (در دمای همان نقطه) را برای یک سیستم تحت فشار نشان می‌دهد. براساس این معیار، دو کمیت (بار مکش مثبت خالص در دسترس و بار مکش مثبت خالص مجاز) به شرح زیر تعریف می‌شوند:

$$\text{بار مکش مثبت خالص در دسترس (متر آب) مطابق معادله زیر} \\ NPSH_A = [P_1 - e_s(t)] / \gamma \quad (7-2)$$

که از اختلاف بار فشار موجود و فشار بخار مایع در دهانه مکش/چشمه پمپ به دست می‌آید.
 $NPSH_R = \text{حداقل بار فشاری که در آن کاویتاسیون وقوع نمی‌یابد.}$

$$NPSH_R \leq NPSH_A = \text{شرط عدم وقوع کاویتاسیون}$$

بار مکش مثبت خالص مجاز (متر آب) نیز مطابق معادله زیر

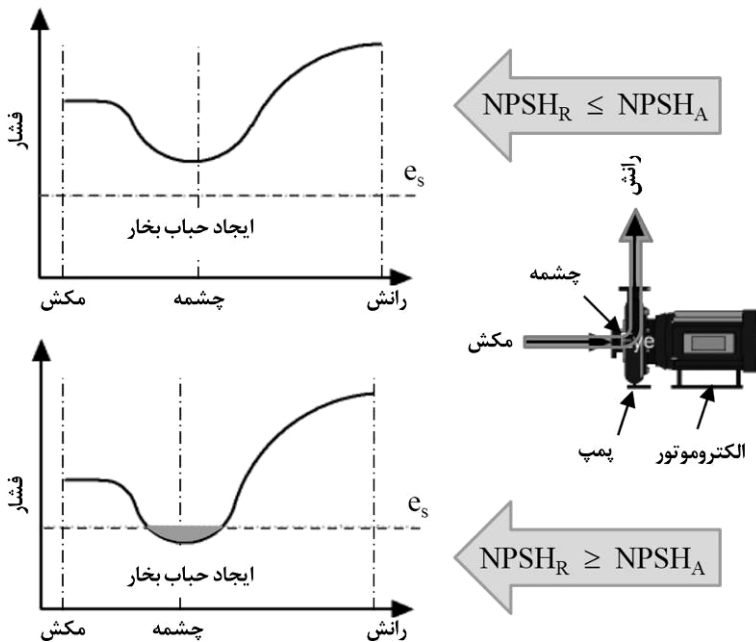
$$\sigma = \frac{NPSH_i}{h_i} \quad (7-3) \quad \text{ضریب توما (Thoma Coefficient)}$$

که در آن‌ها P_1 فشار مطلق موجود در ورودی پمپ (چشمه پروانه) بر حسب پاسکال؛ γ وزن مخصوص آب بر حسب نیوتن بر متر مکعب؛ و $e_s(t)$ فشار بخار اشباع آب در دمای t (دمای آب) بر حسب پاسکال هستند. جدول ۱-۷ و همچنین معادله ۴-۷ فشار بخار اشباع آب را، به عنوان تابع دما، ارائه می‌دهند. واحدهای عوامل معادله همان واحدهای معرفی شده در جدول می‌باشند.

مقدار $NPSH_A$ به نحوه استقرار پمپ مربوط است و در هنگام نصب پمپ بایستی تعیین تکلیف گردد؛ یا پس از استقرار اندازه‌گیری و تنظیم شود. در مقابل، $NPSH_R$ مقداری از پیش تعیین شده است که سازنده پمپ برای هر پمپی ارائه می‌دهد.

$$\log_{10} e_s = 8,07131 - \frac{1730,63}{233,426 + T} \quad (7-4)$$

۱. منظور از $NPSH_i$ مقدار NPSH در نقطه وقوع کاویتاسیون است.



شکل ۶-۷ بررسی فشار درونی سیستم تحت فشار در گذر از پمپ جریان شعاعی.

جدول ۷-۱ فشار بخار اشباع.

| دمای °C | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۹۵ | ۸۰ | ۶۰ | ۴۰ | ۳۷ | ۳۰ | ۲۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۰ | ۵ | ۰ | -۱۰ |
|------------------------|-------|-----|-----|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| فشار بخار اشباع mm Hg | ۱۱۶۵۹ | ۷۶۰ | ۶۳۴ | ۳۵۵٫۱ | ۱۴۹٫۴ | ۵۵٫۳ | ۴۷٫۰۷ | ۳۱٫۸ | ۲۳٫۷۶ | ۱۷٫۵۴ | ۱۲٫۷۹ | ۹٫۲۱ | ۶٫۵۴ | ۴٫۵۸ | ۲٫۱۵ |
| چگالی بخار اشباع gm/m³ | ۷۸۴۰ | ۵۹۸ | ۵۰۵ | ۲۹۳٫۸ | ۱۳۰٫۵ | ۱٫۱ | ۴۴ | ۳۰٫۴ | ۲۳ | ۱۷٫۳ | ۱۲٫۸۳ | ۹٫۴ | ۶٫۸ | ۴٫۸۵ | ۲٫۳۶ |

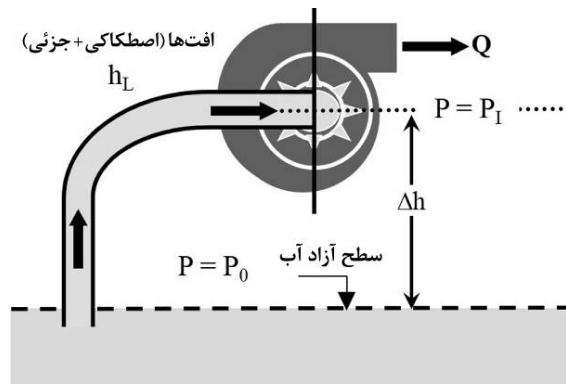
عوامل مورد نیاز برای محاسبه مقدار فشار در دهانه مکش پمپ (P_I) در شکل ۷-۷ آمده است. مقدار $(\frac{P}{\gamma})$ ، همان بار فشار اتمسفر است. در این شکل منظور از h_L کاهش‌های اصطکاکی و کاهش‌های جزئی اعم از کاهش ورودی، کاهش اتصالات (زانویی و...)، کاهش خروجی، و حتی بار سرعت از دست رفته در ورود به چشمه پروانه است. با داشتن مقدار P_I ، محاسبه $NPSH_A$ مقدور خواهد بود:

$$P_I / \gamma = P_0 / \gamma - \Delta h - h_L \quad \Rightarrow \quad NPSH_A = P_I / \gamma - e_s / \gamma \quad (7-5)$$

ذکر دو نکته ضروری است:

برای اطمینان کامل از عدم وقوع کاویتاسیون بهتر است $NPSH_A$ حداقل ۵۰ سانتی‌متر بزرگتر از $NPSH_R$ در نظر گرفته شود.

در صورتی که تأمین این شرط با مشکل مواجه باشد، بهترین گزینه کاهش h_L می‌باشد. توجه شود که Z ثابت نیست و با کاهش عمق آب در مخزن دائماً کاهش می‌یابد. برای اخذ تصمیمی محافظه کارانه و جلوگیری از وقوع کاویتاسیون، ضروری است تا در محاسبه Z کمترین رقوم محتمل سطح آب منظور



شکل ۷-۷ عوامل مورد نیاز برای محاسبه مقدار فشار در دهانه مکش پمپ.

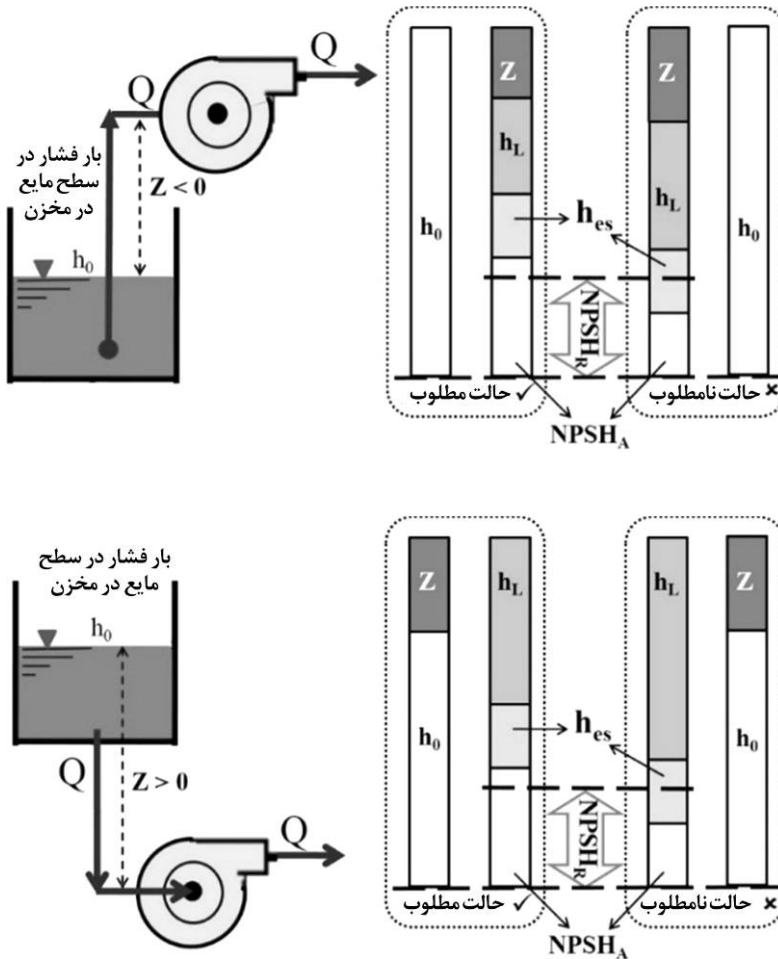
گردد. در شکل ۷-۸ تعیین $NPSH_A$ با فرض $\Delta h = Z$ ، $P_0/\gamma = h_0$ و $e_s/\gamma = h_{es}$ برای دو وضع قرارگیری پمپ (پایین و بالای سطح آب در مخزن، با مقادیر مثبت و منفی برای Z) و برای حالات مختلف تصویر شده است. ستونی که h_0 در آن قید شده بار فشار موجود است؛ و ستون دیگر استهلاک این بار را توسط Z ، h_L و h_{es} نمایش می‌دهد. مبنای فشار در شکل ۷-۸ فشار صفر مطلق است.

روش دیگر کنترل کاویتاسیون با استفاده از ضریب توما می‌باشد. برای عدم وقوع کاویتاسیون این ضریب باید از صفر بزرگتر باشد یعنی فشار مطلق موجود در ورودی پمپ بزرگتر از فشار بخار اشباع گردد.

توان و بازده پمپ

با فرض ساخت بسیار عالی و بی‌نقص، بازده پمپ‌های جریان شعاعی ثابت نبوده و تابعی از سرعت دوران پره‌ها، قطر پره‌ها، مقدار دبی و نیز بار پمپاژ است. به‌طور کلی هر پمپ برای دامنه کارکرد طراحی می‌شود. نمونه‌ای از منحنی مشخصه پمپ‌های جریان شعاعی مربوط به یک قطر پره و سرعت دوران معین در شکل ۷-۹ ارائه شده است. محدوده کارکرد پمپ در محورهای افقی (Q)، دبی پمپاژ و عمودی (H)، بار دینامیک پمپاژ مشخص شده است. مؤلفه‌های کاهش در این نوع پمپ‌ها که موجب تفاوت بین عملکرد تئوریک و واقعی می‌گردند عبارتند از:

- کاهش مکانیکی: مانند کاهش ناشی از اصطکاک بین قطعات؛
 - کاهش هیدرولیکی: کاهش‌های ناشی از اصطکاک سیال با جداره و یا اصطکاک درونی سیال ناشی از آشفتگی جریان؛
 - و کاهش حجمی: مربوط به برگشت جریان به پشت پروانه (ناکارایی پره‌ها) و یا نشت از پمپ.
- کل کاهش انرژی وقوع یافته موجب کاهش بازده پمپ می‌گردد. نقطه بهترین بازده (Best Efficiency Point) بر روی منحنی مشخصه پمپ به اختصار BEP خوانده می‌شود (شکل ۷-۹). گرچه پمپ در

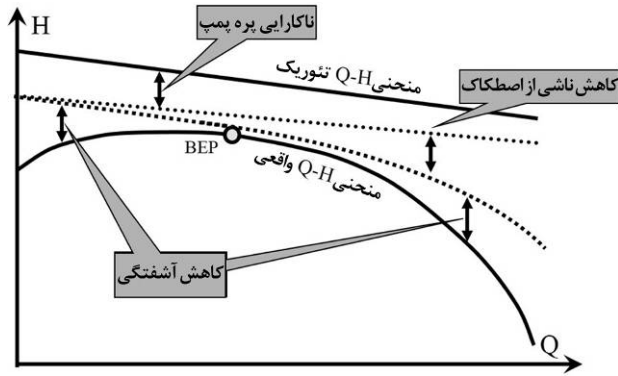


شکل ۸-۷ بارمکش مثبت خالص در دسترس.

هر شرایط دیگری (بجز BEP) نیز ممکن است به کار گرفته شود، اما توأم با کاهش بازده خواهد بود. برای تعیین توان مورد نیاز پمپاژ، می‌توان بین دو نقطه قبل و بعد از پمپ معادله انرژی (برای یک واحد از وزن آب؛ برحسب متر آب) را می‌توان برقرار نمود:

$$P_I/\gamma + (V^2/2g)_I + Z_I + W_{\text{shaft}} = P_D/\gamma + (V^2/2g)_D + Z_D + W_{\text{loss}} \quad (7-6)$$

در این معادله اندیس‌های I و D برای دهانه‌های مکش و رانش پمپ لحاظ شده‌اند. کار انجام‌شده بر واحد وزن آب با W نمایش داده شده، که توسط کار مکانیکی پروانه‌های پمپ (اخذشده از shaft) و کاهش انرژی (loss) به‌انجام می‌رسد. با توجه به وضع قرارگیری پمپ (افقی یا قائم) و با دانستن افزایش فشار مورد نیاز (برای جابجایی آب تا مقصد) و با فرض برابری سرعت‌های ورودی و خروجی مقادیر زیر محاسبه می‌گردند:



شکل ۷-۹ منحنی مشخصه پمپ‌های جریان شعاعی.

$$\Delta Z = Z_D - Z_I \quad \text{و} \quad \Delta P = P_D - P_I \quad (7-7)$$

$$W_{\text{shaft}} = \Delta P / \gamma + \Delta Z + W_{\text{loss}} \quad (7-8)$$

اکنون، توان مورد نیاز ($\gamma \times Q \times W_{\text{shaft}}$) برای جابجایی آب بر حسب وات (watt) قابل محاسبه است. متأسفانه مقدار دقیق کاهش قابل محاسبه نیست؛ و لذا به جای W_{shaft} حاصل $W_{\text{shaft}} - W_{\text{loss}}$ محاسبه می‌گردد. بالطبع، این توان بایستی بر بازده پروانه و پمپ (η) تقسیم گردد تا توان واقعی مورد نیاز پمپاژ برآورد شود. در واقع بازده پمپ عبارتست از نسبت انرژی وارد شده بر محور پمپ و انرژی دریافت شده از پمپ (به صورت دبی و فشار). تعاریف زیر در ارتباط با بازده قابل ارائه است:

بازده پمپ (اعشار، بدون واحد)

$$\eta = \text{WHP} / \text{BHP} \quad \text{یا} \quad \eta = (W_{\text{shaft}} - W_{\text{loss}}) / W_{\text{shaft}} \quad (7-9)$$

بار کل دینامیکی (متر) / مورد نیاز برای انتقال آب تا مقصد

$$h_D = (P_I - P_D) / \gamma \quad (7-10)$$

توان دریافت شده توسط پروانه پمپ (اسب بخار)

$$\text{BHP} = (h_D \times Q \times \gamma) / (735.5 \times \eta) \quad (7-11)$$

توان تحویل شده به آب (اسب بخار)

$$\text{WHP} = (h_D \times Q \times \gamma) / 735.5 \quad (7-12)$$

یادآوری: توان ماشین‌های جنبشی-گردشی برابر است با حاصلضرب تورک در سرعت زاویه‌ای ($T \cdot \Omega$)؛ و

$$h_D = z + h_L + h_e + h_o$$

انتخاب پمپ مناسب

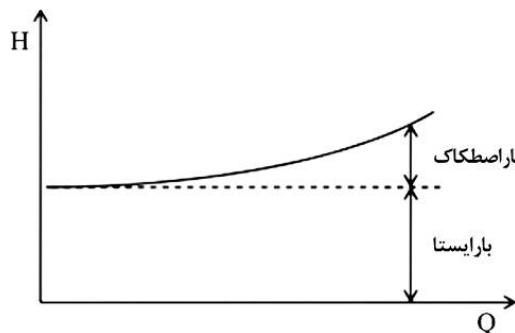
ظرفیت پمپاژ بر اساس نیاز آبی شبکه مشخص می‌شود. معمولاً سعی می‌گردد تا حد امکان برای تأمین ظرفیت مورد نظر ترکیبی از پمپ‌ها (به جای یک پمپ) مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، مرسوم است

تا قدری ظرفیت ذخیره، به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ نیز اضافه گردد. همچنین معمولاً توصیه می‌شود پمپ رزرو نیز در نظر گرفته شود. دلایل این امر عبارتند از:
 جلوگیری از قطع جریان آب در صورت خرابی پمپ؛
 فراهم آوردن فرصت تعمیر و نگهداری از پمپ‌ها؛
 پایین بردن هزینه‌ها (استهلاک و انرژی) در هنگام پمپاژ دبی‌های کوچک.

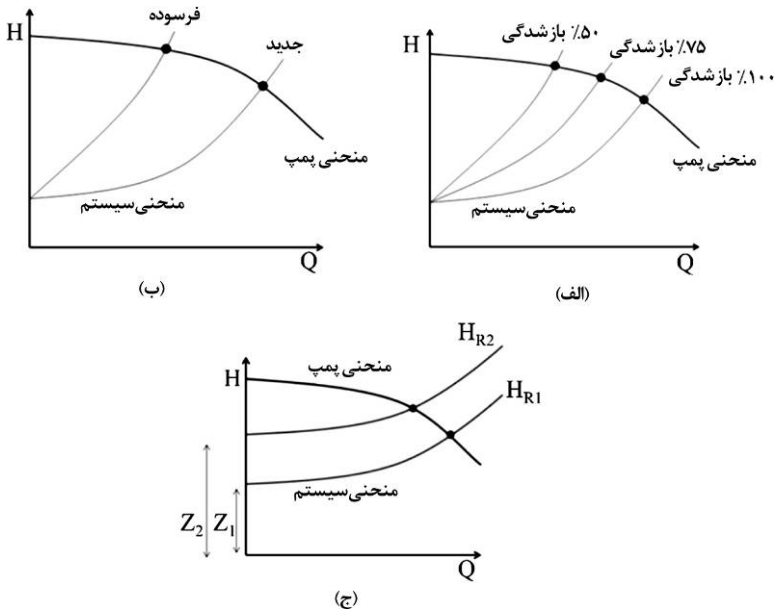
در بسیاری از سیستم‌های پمپاژ از پمپ‌های بزرگتر از حد نیاز استفاده می‌شود. یک دلیل این بزرگ‌گرایی آن است که در روند تصمیم‌گیری معیارهای ایمنی فراوانی به کار برده می‌شوند. به‌عنوان مثال، مهندس طراح جریان مورد نیاز 100 lit/s را برآورد می‌کند؛ و 5% (معادل 5 lit/s) دیگر هم برای پوشش خطاهای احتمالی محاسبات، اضافه می‌نماید. مدیر پروژه 10% دیگر (حدود 10 lit/s) به‌عنوان ضریب اطمینان عملکرد اضافه می‌کند. در هنگام خرید فروشنده/ سازنده، برای اطمینان از این که پمپ پیشنهادی آبدهی مورد نظر خریدار را تأمین می‌کند، یک پمپ با ظرفیت 125 lit/s پیشنهاد می‌کند. بنابراین 25% افزایش اندازه وقوع می‌یابد، که هزینه‌های انرژی مصرفی را به‌شدت افزایش خواهد داد. بایستی توجه داشت «همیشه پمپ بزرگتر، بهترین نیست». در هر حال مدیر شبکه، پس از تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از یک یا چند پمپ (سری یا موازی) برای شرایط دبی - ارتفاع معلوم بایستی پمپ مناسب انتخاب نماید. برای این انتخاب بایستی گام‌های زیر به‌ترتیب طی شوند:

منحنی کاهش - دبی سیستم (پمپاژ و انتقال آب) تهیه شده و بر روی آن نقطه یا محدوده کارکرد سیستم (دبی و بار کل دینامیکی) مشخص شود.

برای این کار ابتدا بار کل دینامیکی (h_D) بایستی محاسبه شود. بار کل خود مرکب از بار ایستا (h_s ; Static) و کاهش بار در مسیر جریان (h_L ; Head Loss) می‌باشد ($10-7$). کاهش بار خود شامل دو جزء کاهش اصطکاکی (h_f ; Frictional) و کاهش‌های جزئی (h_m ; Minor) است. بار ایستا با دبی مرتبط نیست و معمولاً ثابت می‌باشد. در حالی که، کاهش بار تابع دبی (سرعت) بوده و همانگونه که در تصویر مشهود است، با افزایش دبی افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰-۷ اجزای بار کل دینامیکی.



شکل ۱۱-۷ دامنه کارکرد منحنی سیستم.

$$h_D = z + h_L + h_e + h_o \quad (7-13)$$

$$h_s = z + (P/\gamma)_r - (P/\gamma)_s$$

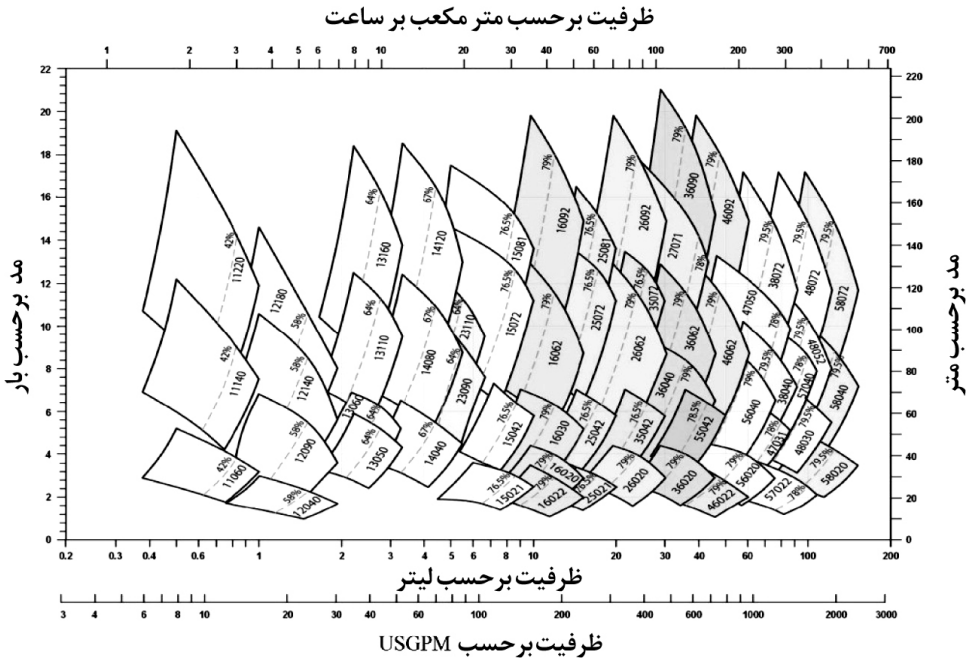
$$h_L = h_f + h_m \quad (7-14)$$

$$h_e + h_o = (V^2/2g + P/\gamma)_r - (V^2/2g + P/\gamma)_s \quad (7-15)$$

برای هر سیستم دامنه کارکرد مشخصی قابل پیش‌بینی است. یعنی دامنه دبی (با کنترل از طریق باز/ بسته کردن شیر، شکل ۱۱-۷ الف) و نیز دامنه بار کل دینامیکی مشخص است. علاوه بر این، در اثر مرور زمان زبری لوله و در نتیجه کاهش بار مسیر جریان افزایش می‌یابد (شکل ۱۱-۷ ب). بنابراین، باید این مقدار از ابتدا پیش‌بینی و در بار کل منظور گردد. گاهی، بار ایستا در دامنه معینی تغییر می‌یابد (شکل ۱۱-۷ ج)، در این صورت محدوده تغییر بار ایستا باید در انتخاب پمپ در نظر گرفته شود.

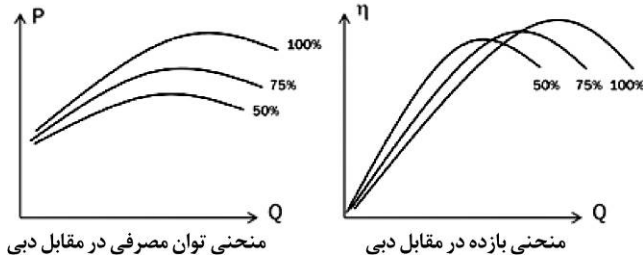
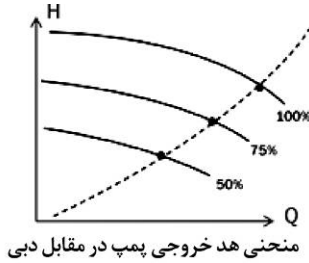
با مراجعه به نمودار پوشش پمپ‌ها (برای مثال: شکل ۱۲-۷)، برای انتخاب یک یا چند پمپ که با ویژگی‌ها و شرایط (محدوده کارکرد) سیستم تناسب دارند اقدام می‌شود. سازندگان پمپ‌ها این نمودارها را ارائه می‌نمایند. در این مرحله ممکن است از هر تولیدکننده تعدادی پمپ انتخاب گردد. در مراحل بعدی، انتخاب از میان این پمپ‌ها صورت می‌پذیرد.

برتری پمپ‌های منتخب را در تلافی دادن دسته منحنی‌های مشخصه پمپ‌ها با منحنی سیستم (که در گام ۱ تهیه شده است) آزمون می‌گردد. شکل ۱۳-۷ نمونه‌ای از دسته منحنی‌های مشخصه پمپ‌ها (خطوط پر) و منحنی سیستم (خط چین) نشان می‌دهد. درصدها در شکل بیانگر نسبت سرعت دوران واقعی

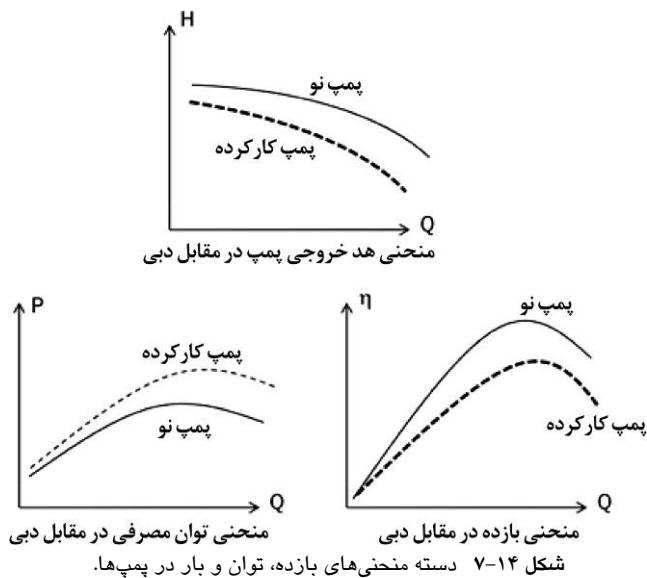


شکل ۱۲-۷ نمونه‌ای از نمودار پوشش پمپ‌های ساخت یک تولیدکننده (هر محدوده مشخص مربوط به یک پمپ است).

به سرعت دوران اسمی پمپ می‌باشد. براساس این بررسی، پمپ برتر که دارای «تناسب بیشینه» در محدوده کارکرد سیستم (دامنه‌های دبی و بارکل سیستم) باشد تعیین می‌شود. عوامل تعیین «تناسب بیشینه» عبارتند از: «بازده بیشتر» و «افقی تر بودن منحنی H-Q پمپ».



شکل ۱۳-۷ دسته‌بندی مشخصه پمپ‌ها.



در اثر مرور زمان کارایی پمپ کاهش می‌یابد. از این رو باید پیش‌بینی لازم صورت گیرد (شکل ۱۴-۷).

بر اساس انتخاب گام ۳، سرعت دوران پمپ (rpm) مشخص می‌گردد. توجه به مطالبی که در قسمت سرعت ویژه ارائه شد، ضروری است و کنترل‌های لازم بایستی در این مرحله انجام گیرند. اگر تعدادی پمپ مناسب وجود دارند (مثلاً ارائه شده توسط تولیدکنندگان مختلف)، آن‌گاه با توجه به قیمت اولیه، دوام، هزینه انرژی، هزینه‌های سرویس و نگهداری، امکانات پشتیبانی (گارانتی، تعمیر، قطعات، ...) و سایر عواملی که مهم به نظر می‌آیند نسبت به انتخاب گزینه برتر اقدام می‌شود.

اصول نگهداری پمپ‌ها

نصب پمپ‌های حلزونی

نصب صحیح و فونداسیون خوب و محکم موتور و پمپ در کارایی خوب و نیز عمر طولانی آن بسیار مؤثر است. همچنین پمپ و موتور هر دو بایستی به‌طور صحیح و با دقت زیاد به یکدیگر کوپله شوند. علاوه بر این، در نصب موتور پمپ‌ها عوامل زیر در نظر گرفته می‌شوند:

- نگهداری و سرویس موتور پمپ به راحتی امکان‌پذیر باشد.
- موتور پمپ در زیر سقف نصب شود تا از باد و باران در امان باشد. در صورت نصب دائمی، معمولاً موتور پمپ را درون اتاقکی با تهویه مناسب قرار می‌دهند؛ که در آن باید فضای خالی لازم برای تعمیر قسمت‌های مختلف در نظر گرفته شود.
- به‌جز در مواردی که از پمپ شناور (مستغرق) استفاده می‌گردد، موتور پمپ باید از خطر سیلاب

محافظت شود.

- برای پیشگیری از خطر کاویتاسیون، پمپ تا حد امکان باید نزدیک به سطح آب منبع تأمین‌کننده قرار گرفته، به صورتی که لوله مکش کوتاه و مستقیم باشد.

پمپ‌هایی که به‌طور دائم در یک محل نصب می‌شوند باید دارای بهترین فونداسیون باشند. بتن بهترین مصالح برای ساختن فونداسیون می‌باشد. پمپ و موتور باید محکم بر روی فونداسیون ثابت شوند. برای کار بهتر، پمپ باید تراز باشد؛ در صورت عدم تراز یا تنظیم، می‌توان با قرار دادن قطعات فلزی در زیر پمپ یا موتور آن را به‌صورت تراز و تنظیم در آورد. قبل از اتصال پمپ و الکتروموتور، جهت چرخش موتور باید بازدید شود. جهت چرخش موتور باید همان جهتی باشد که روی پمپ با علامت پیکان مشخص شده است. کولپینگ که برای انتقال نیرو از محور موتور به محور پمپ به کار می‌رود بدون توجه به نوع آن باید به شکل صحیحی تراز و تنظیم شود.

پمپ باید با آرایش مناسبی به موتور و لوله‌ها وصل شود. لوله‌ها نباید با فشار در محل خود به‌وسیله پیچ و مهره محکم شوند، زیرا ممکن است باعث از جا‌کندن پمپ از محل خود شده و تنظیم و تراز موتور پمپ را به‌هم بزنند. لوله‌های مکش و رانش باید جداگانه به‌وسیله مهار نگهداری شوند تا از وارد آمدن فشار و احتمالاً تغییر شکل پمپ جلوگیری به‌عمل آید. به‌همین منظور پس از نصب و اتصال لوله‌های مکش و رانش، پیچ‌های فونداسیون را به‌طور متناوب باز و بسته می‌کنند تا مطمئن شوند که پمپ تحت فشار یا کشش نیست. لوله مکش به‌خصوص در جایی که طول آن زیاد یا ارتفاع پمپ از سطح منبع آب تأمین‌کننده زیاد است، باید با شیب مناسبی به‌صورت خوابیده بین پمپ و سطح آب منبع مستقر شود. بدنه لوله مکش نباید ناهمواری‌های زیاد داشته باشد. زیرا در آن صورت هوا می‌تواند در این ناهمواری‌ها جمع شده و باعث جدایی آب در سیستم و کاهش سطح مقطع جریان شود.

انتهای ورودی لوله مکش باید به‌صورت معلق در بالای کف کانال، حوضچه و یا چاهک مکش قرار گیرد. گاهی در مدخل لوله مکش در اثر سرعت زیاد آب، گرداب تشکیل می‌شود. در آن صورت هوا می‌تواند به‌راحتی از وسط گردابه وارد سیستم شود. این عمل در صورت پایین بودن زیاد سطح آب در چاهک تشدید و امکان کاویتاسیون یا اختلال در عمل مکش را به‌وجود می‌آورد. اختلال ناشی از سرعت زیاد آب در مدخل ممکن است با به‌کار بردن لوله مکش قطور و به‌خصوص اگر در انتها به‌صورت قیف ساخته شود از بین برود. در آب‌های کم‌عمق قرار دادن یک چهارچوب فلزی یا چوبی در بالای ورودی آب، تشکیل گرداب را کم می‌نماید. آنچه را که باید مدنظر قرار داد این است که آنقدر باید قطر لوله مکش را اضافه نمود تا سرعت آب در دهانه ورودی از یک متر در ثانیه کمتر شود. چنانچه در محل لوله مکش، آبریزی وارد چاهک شود باعث تلاطم و ورود هوا به سیستم می‌شود. این مشکل با پایین بردن لوله مکش در آب حل می‌شود. هنگامی که آب از یک چاهک یا چاه با سطح مقطع کم پمپاژ می‌شود، آب تمایل به چرخش پیدا می‌کند و به‌راحتی وارد لوله مکش نمی‌شود. این عمل به‌خصوص در مورد چاهک

یا چاه‌های استوانه‌ای به‌وضوح به چشم می‌خورد. برای رفع چنین مشکلی از دیواره آرام‌کننده که از یک سری برآمدگی بر دیواره چاه درست شده است استفاده می‌شود. این برآمدگی‌ها دارای زاویه قائمه در جهت مخالف حرکت دورانی آب می‌باشند.

در محلی که لوله مکش وارد پمپ می‌شود نمی‌توان از زانو استفاده نمود زیرا وجود خم در لوله مکش، در نزدیکی پمپ، باعث تلاطم در جریان آب هنگام ورود به پمپ شده و لرزش و صدای زیادی در پمپ به وجود می‌آورد. همچنین بازده پمپ را کم می‌کند. این عمل اگر ارتفاع مکش زیاد باشد بیشتر به چشم می‌خورد. چنانچه لازم باشد که یک خم در نزدیکی پمپ به کار برده شود از زانو با شعاع انحناء زیاد و تا حد امکان دور از پمپ استفاده می‌شود.

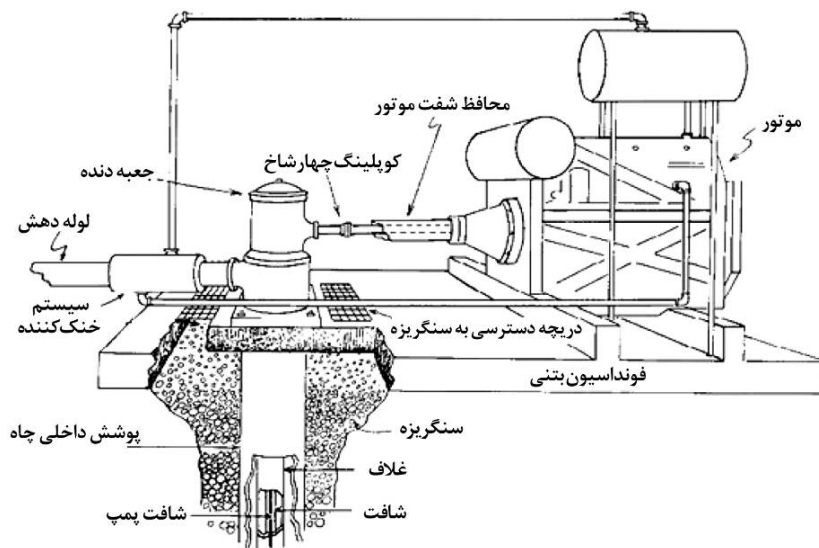
در صورتی که آب دارای مقدار زیادی مواد زاید باشد برای جلوگیری از ورود آنها به پمپ از توری مشبک (صافی) استفاده می‌شود. صافی معمولاً در انتهای لوله مکش قرار می‌گیرد. چنانچه مواد زاید آب بسیار زیاد باشد سطح صافی کننده را زیاد می‌نمایند. این عمل با قرار دادن صافی با فاصله ۲ تا ۳ فوت دورتر از ورودی لوله مکش امکان‌پذیر است. بعضی از صافی‌ها مستقیماً روی دهانه ورودی لوله مکش بسته می‌شوند. این صافی‌ها در آب‌های صاف دارای اثر رضایت‌بخشی هستند.

در مواردی امکان قرار دادن پمپ‌های گریز از مرکز در محلی ثابت و دائمی وجود ندارد، یعنی لازم است که در چند نقطه در یک مزرعه از یک پمپ استفاده شود، در این حالت امکان ساختن فونداسیون بتنی مناسب تقریباً غیرممکن است. پمپ‌های قابل حمل معمولاً روی چرخ با حائل بسته می‌شوند. در چنین حالتی پمپ باید تراز بوده و روی زمین سفت مطمئنی از نظر لغزش در حین کار قرار گیرد.

در پمپاژ از آب رودخانه‌هایی که دارای کرانه‌هایی با شیب ملایم هستند، پمپ‌های گریز از مرکز حلزونی (افقی) روی حائل‌ها یا چهارچرخ‌هایی بسته شده به طوری که در مواقع سیلابی به سرعت از محل خارج شوند. همچنین در نقاطی که نوسان سطح از حداکثر مجاز ارتفاع مکش تجاوز نماید و امکان تهیه فونداسیون ثابت و دائمی نباشد از این روش می‌توان استفاده نمود. در مورد پمپاژ از رودخانه‌هایی که دارای کرانه‌هایی با شیب تند می‌باشند می‌توان از فونداسیونی که به وسیله شمع کوبی نگهداری می‌شود استفاده نموده یا پمپ را روی قایق در سطح آب نگهداشت.

نصب پمپ‌های توربینی (شافت و غلاف‌دار)

در این پمپ‌ها موتور باید با پمپ تراز و تنظیم گردد. همچنین پمپ باید با لوله جدار (پوشش داخلی چاه) نیز تراز و تنظیم شود. پمپ باید به خوبی روی فونداسیون بسته شود تا همیشه فاصله لازم بین پمپ و پوشش داخلی چاه حفظ گردد. فونداسیون بتنی دوام بیشتر و مشکلات کمتری دارد. فونداسیون باید به اندازه کافی بزرگ بوده تا پمپ و موتور همیشه به راحتی روی آن بسته شوند. فونداسیون در تمام جهات در روی چاه باید حداقل ۵۰ سانتی متر لبه اضافی داشته باشد. چنانچه قرار باشد دیواره چاه با سنگریزه پوشانده گردد این



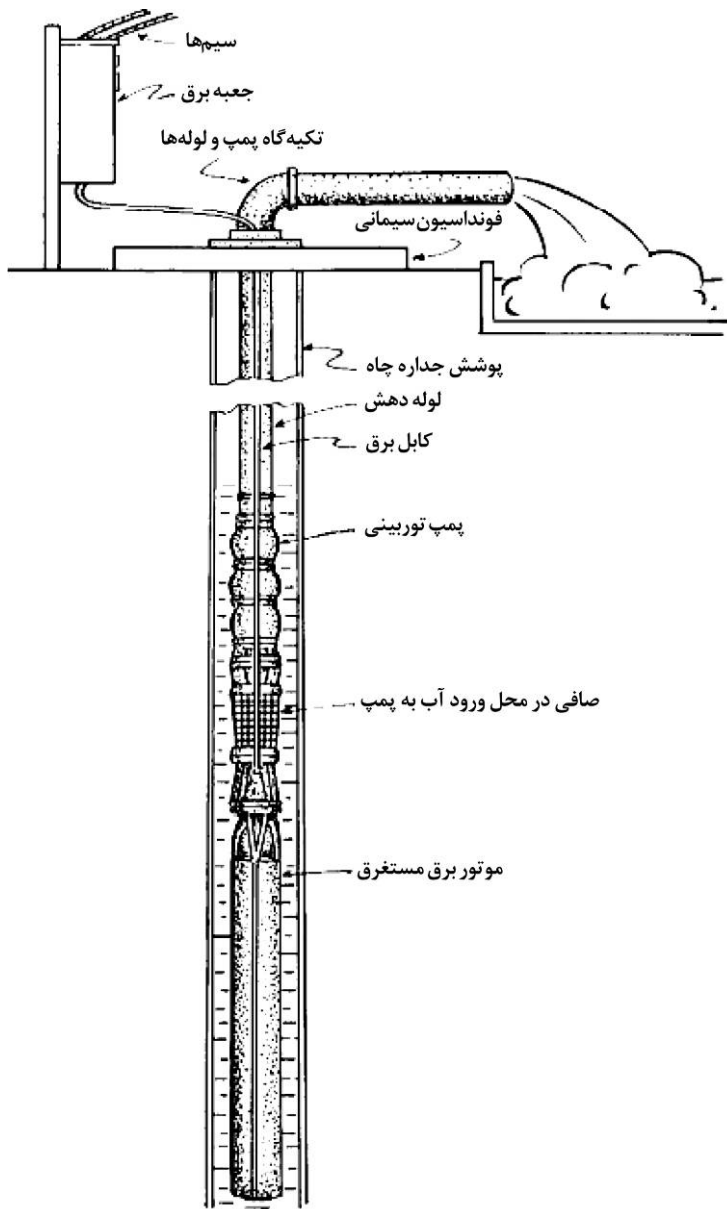
شکل ۱۵-۷ نصب پمپ توربینی چاه عمیق.

فاصله باید از حاشیه خارجی سنگریزه در نظر گرفته شود. چون سنگریزه نشست می‌کند، برای ریختن سنگریزه دو عدد دریچه در فونداسیون (شکل ۱۵-۷) در نظر گرفته می‌شود. در چنین سیستم‌هایی برای جلوگیری از فشارهای اضافی در موقع روشن یا خاموش نمودن پمپ، بلافاصله بعد از پمپ از تانک‌های موج‌گیر (سرج تانگ یا برج‌های ضربه‌گیر) استفاده می‌شود. ارتفاع این تانک‌ها متفاوت بوده و چنانچه لازم باشد با ارتفاع بیشتر از ۸ متر ساخته شوند بهتر است به جای آنها از محفظه هوا استفاده شود.

نصب پمپ‌های شناور (مستغرق)

برای پمپاژ آب چاه‌های عمیق، در بسیاری موارد از پمپ‌های کوپله‌شده با یک موتور الکتریکی که هر دو در آب معلق و مستغرق هستند استفاده می‌شود. این پمپ‌ها فاقد شافت بلند و سایر متعلقات آن هستند. چون هیچ‌یک از قسمت‌های پمپ‌های مستغرق در روی زمین نصب نمی‌شوند، این پمپ‌ها دارای وجه امتیاز زیادی برای به کارگیری در مناطقی که خطر سیل، سرقت و... وجود دارد می‌باشند (شکل ۱۶-۷).

در این پمپ‌ها، لوله رانش، پمپ را به قسمت سر متصل می‌نماید، این لوله باید به اندازه کافی بلند باشد تا موتور پمپ را همیشه زیر سطح آب در چاه نگه‌دارد. مخارج نصب این پمپ کم و نصب آن خیلی ساده است. سر آن باید محکم به فونداسیون بتنی روی چاه بسته شود. این نوع پمپ نیاز به موتورخانه ندارد. کلید، ترانسفورماتور و اشل اندازه‌گیری سطح آب در محفظه‌ای که غیرقابل نفوذ باشد روی پایه‌ای در سطح زمین نصب می‌شود. قسمت‌های مختلف پمپ مستغرق شامل پمپ و موتور، لوله رانش و یک کابل زیرآبی برای رساندن برق به موتور می‌باشد. موتور پمپ‌های مستغرق معمولاً با قطر کم ساخته می‌شوند ولی طول آنها زیاد است؛ بنابراین به راحتی درون چاه فرو می‌روند.



شکل ۱۶-۷ پمپ مستغرق (شناور).

نصب پمپ‌های ملخی

پمپ‌های ملخی عمودی باید محکم روی فونداسیون بسته شوند به طوری که از لرزش پمپ جلوگیری شود. تمام وزن پمپ روی پایه یا فونداسیون قرار می‌گیرد. طرح فونداسیون باید به صورتی باشد که این وزن

به‌طور یکسان در تمام جهات وارد شود و بتواند پمپ را به صورت عمودی در چاه نگه دارد. این پمپ‌ها معمولاً به کف یا دیواره چاهک یا حوضچه مکش مهار می‌شوند. اگر از چاهک‌های جداگانه برای پمپ‌ها استفاده می‌شود بهتر است که چاهک‌ها چهارگوش باشند؛ زیرا مکش در چاهک استوانه‌ای شکل باعث چرخش آب و ایجاد اشکال در عمل پمپاژ می‌شود. از موانع اضافی در بدنه چاهک نیز می‌توان برای از بین بردن این مشکل استفاده نمود. در پمپ‌هایی که با زاویه (مثلاً ۴۵ درجه) نسبت به سطح آب بسته می‌شوند باید دقت کافی در مورد بستن و ایمن بودن صفحه و پایه‌های مهارکننده پمپ طبق توصیه کارخانه به کار رود. از صافی می‌توان برای جلوگیری از ورود مواد خارجی و صدمه زدن به آن استفاده نمود. بعضی کارخانه‌ها از صافی‌های کوچک که روی کاسه پمپ بسته می‌شوند استفاده می‌نمایند، این صافی‌ها در جاهایی که مواد خارجی زیاد در آب وجود ندارد خوب عمل می‌نمایند، در غیر این صورت خیلی زود گرفته می‌شوند. بنابراین توصیه می‌شود که در صورت ازدیاد مواد معلق در آب، صافی را در دهانه ورودی آب به چاهک قرار داد.

نکات عمومی برای نصب پمپ‌ها

در نصب پمپ‌ها مواردی بایستی در رابطه با لوله‌های مکش و رانش مراعات شوند. این موارد در زیر فهرست شده‌اند:

نصب لوله مکش

- در لوله مکش از شیرفلکه استفاده نمی‌شود مگر اینکه سطح آب بالاتر از پمپ باشد. در این صورت، شیر فلکه لوله مکش باید به صورت افقی روی لوله مکش نصب شود. زیرا نصب آن به صورت عمودی باعث تشکیل حباب‌های هوا در لوله مکش می‌شود. ضمناً این شیر فلکه در هنگام کار پمپ باید کاملاً باز باشد.
- لوله مکش در تمام طول همواره باید از دریچه انتهایی یک طرفه به طرف پمپ دارای مسیر بالارونده باشد. یعنی در هیچ نقطه‌ای به طرف پمپ شیب نداشته باشد. برعکس، چنانچه لوله مکش مستغرق باشد توصیه می‌شود که دارای شیب به طرف پمپ باشد.
- استفاده از خم در لوله مکش توصیه نمی‌شود. به خصوص از به کار بردن زانو (در لوله مکش) در نزدیکی پمپ باید به‌طور جدی اجتناب نمود.
- دریچه انتهایی یک طرفه و صافی باید به اندازه کافی در زیر سطح آب قرار گیرند تا از ورود هوا به سیستم جلوگیری شود.
- سرعت آب در لوله مکش نباید از ۱ تا حداکثر ۲ متر در ثانیه تجاوز نماید. زیرا کاهش انرژی زیاد شده و ممکن است باعث بروز کاویتاسیون شود.
- هیچگونه منفذ در لوله مکش یا در محل مفاصل نباید وجود داشته باشد.

- در مورد لوله‌های مکش لاستیکی باید دقت شود که تحت مکش درونی، جمع و مسدود نشوند.
- فشارسنج نصب‌شده روی لوله مکش باید از پمپ قدری فاصله داشته باشد تا چرخش آب در چشمه ورودی پمپ روی آن اثر نگذارد.

نصب لوله رانش

- سرعت آب در لوله رانش نباید از ۳ متر در ثانیه تجاوز نماید. زیرا باعث کاهش انرژی زیاد و در مواردی باعث لرزش شدید و احتمالاً صدمه به پمپ و لوله‌ها می‌شود.
- چنانچه ارتفاع رانش از ۱۵ متر تجاوز نماید حتماً باید بلافاصله بعد از پمپ یک شیر یک‌طرفه نصب نمود تا پس از خاموش کردن از برگشت آب و نهایتاً چرخش معکوس پمپ و صدمه به آن جلوگیری نماید.
- بعد از پمپ باید یک شیرفلکه روی لوله رانش نصب شود تا در هنگام روشن نمودن پمپ برای ایجاد فشار لازم یا در هنگام هواگیری خط لوله یا برای کم و زیاد نمودن دبی از آن استفاده نمود.
- فشارسنجی که روی لوله رانش نصب می‌شود باید به اندازه ۱۰ برابر قطر لوله رانش از پمپ فاصله داشته باشد.
- تا حد امکان باید از به کار بردن خم و زانو به علت ایجاد کاهش زیاد در لوله رانش اجتناب نمود.

کار با موتور پمپ‌ها

در بهره‌برداری از موتور پمپ‌ها موارد متعددی بایستی مورد دقت و توجه قرار گیرند.

روشن نمودن پمپ

- شیرفلکه لوله رانش باید بسته شود.
 - شیرفلکه لوله مکش باید باز شود.
 - عمل هواگیری به طرق مختلف که توضیح داده خواهد شد باید انجام شود.
 - در این مرحله پمپ را با وجود بسته بودن شیرفلکه لوله رانش را روشن می‌کنند.
- پس از رسیدن دور موتور پمپ به حد نرمال، به تدریج شیرفلکه لوله رانش را طوری باز می‌کنند که فشار لازم در لوله رانش حفظ شود. برای اطمینان از عدم مصرف زیاد برق، آمپرمتر جعبه کلید باید در هنگام باز نمودن شیر فلکه بازدید شود.

پایش‌های لازم و خاموش نمودن پمپ

- پایش سطح آب در چاه یا حوضچه مکش یا چاهک و همچنین فشار لوله مکش مرتباً باید انجام شود.
- پایش بار وارده بر روی موتور پمپ مرتباً به وسیله مقایسه فشار لوله رانش و یا مصرف موتور انجام

- پذیرد و با مقادیر مجاز (نوشته‌شده روی موتورپمپ) مقایسه شود.
- پکینگ باید مرتباً بازدید شود به‌خصوص اگر پکینگ تازه عوض شده باشد. پکینگ در حین کار (پمپ روشن) فقط می‌تواند نشتی جزئی داشته باشد. در صورتی که پکینگ با آب خنک می‌شود، اختلاف درجه حرارت آب ورودی و خروجی از آن نباید بیشتر از 10°C (20°F) باشد.
- بلبرینگ‌ها باید مرتباً بازدید شوند. در صورت لزوم محافظ آنها باید عوض یا تمیز شود.
- در هنگام خاموش نمودن پمپ، شیرفلکه لوله رانش باید بسته شود.

هواگیری

پمپ‌هایی که در بالای سطح آب قرار می‌گیرند احتیاج به هواگیری دارند. این پمپ‌ها قادر به کشیدن آب از منبع، در هنگام شروع به کار نیستند مگر آنکه پمپ و لوله مکش کاملاً از آب پر شوند. عمل هواگیری به‌طور مختلفی انجام می‌شود؛ در زیر دو روش شرح داده شده است.

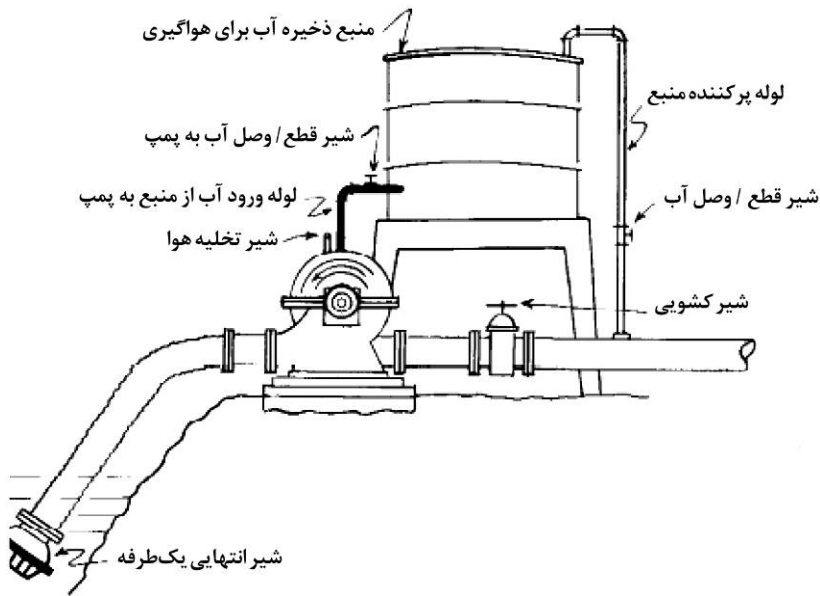
(الف) استفاده از دریچه انتهایی یک طرفه و یک منبع خارجی برای هواگیری: (شکل ۱۷-۷): منبع خارجی باید به‌اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند پمپ و لوله مکش را کاملاً از آب پر نماید. برای انجام عمل هواگیری شیر کشویی لوله رانش (دهش) را بسته، شیر کوچک تخلیه هوا را در روی پمپ باز و شیر ورود آب از تانک به پمپ را نیز باز می‌نمایند. بلافاصله پس از خروج آب از شیر تخلیه هوا، این شیر و شیر ورود آب از تانک به پمپ را بسته و پمپ را روشن می‌نمایند، سپس شیر کشویی لوله رانش را باز می‌نمایند.

(ب) هواگیری با استفاده از یک پمپ دستی و یک دریچه انتهایی یک طرفه: (شکل ۱۸-۷) پمپ دستی، پمپ ساده‌ای است که قسمت مکش آن روی محفظه پمپ سوار می‌شود. درون پمپ دستی یک پرده دیافراگم وجود دارد که به‌وسیله دستک آن به حرکت در می‌آید. با بالا آوردن دستک، هوا از درون پمپ گریز از مرکز و لوله مکش مکیده شده و همراه با پایین بردن دسته، هوای مکیده شده خارج می‌شود. برای عمل هواگیری شیر کشویی لوله رانش را بسته و هوای پمپ و لوله مکش را به‌وسیله پمپ دستی خارج می‌نمایند. پس از خروج آب از پمپ دستی شیر آن بسته، پمپ را روشن و شیر کشویی لوله رانش را باز می‌نمایند.

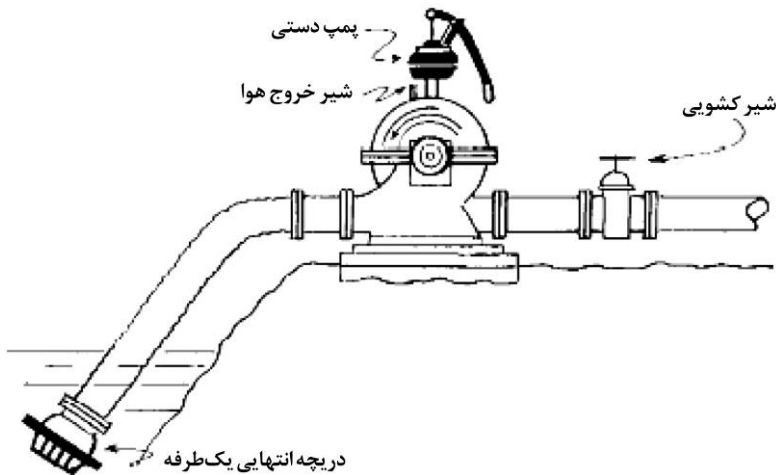
تأمین نیروی محرک پمپ

پمپ‌ها معمولاً به‌وسیله الکتروموتور یا موتورهای درون‌سوز به حرکت در می‌آیند. انتخاب نوع موتور از نظر برقی یا درون‌سوز، بستگی به شرایط فیزیکی و محیطی معینی داشته و پس از مطالعات زیر انجام می‌شود:

- مقدار نیروی لازم برای پمپاژ؛
- ساعات کار در طول فصل رشد؛



شکل ۱۷-۷ هواگیری با استفاده از منبع آب و دریچه انتهایی یک طرفه.



شکل ۱۸-۷ هواگیری با استفاده از یک دریچه انتهایی یک طرفه و یک پمپ دستی.

- امکان دسترسی و قیمت مواد سوختی یا برق (برق یک فاز، سه فاز و اصولاً امکان برق‌رسانی)؛
- استهلاک موتور؛
- امکان نقل مکان موتور پمپ؛
- امکان استفاده از موتور برق برای مقاصد دیگر در فصولی که آبیاری لازم نیست؛
- مسائل کارگری و سهولت در بهره‌برداری؛

- وضعیت سردی هوا؛
 - میزان سرمایه‌گذاری برای موتور.
- انتخاب موتور مناسب برای یک پمپ اهمیت زیادی دارد. اگر توان موتور به نسبت پمپ خیلی بزرگ باشد، چه از نوع برقی و چه از نوع درون‌سوز، مقدار زیادی از بازده آن کم می‌شود. بایستی توجه نمود که انتخاب موتور گرانتر ولی متناسب با پمپ، به مراتب با صرفه‌تر از موتور ارزاتر ولی نامتناسب با پمپ می‌باشد.

عیب‌یابی و رفع عیب

جدول ۲-۷ نشانه‌های برخی عیوب پمپ را همراه با دلایل احتمالی آنها و راه‌حل‌ها را فهرست نموده است.

برخی پمپ‌های ساخته‌شده در ایران

در حال حاضر شرکت‌های پمپ‌سازی متعددی در داخل کشور در حال ساخت و مونتاژ پمپ‌های مورد نیاز جهت مصارف گوناگون می‌باشند. شرکت تولیدی پمپ پارس، اولین شرکت صنعتی پمپ‌سازی در ایران می‌باشد که با سرمایه‌گذاری شرکت پیرلس آمریکا، سازمان آب تهران و سایر سهامداران خصوصی در سال ۱۳۴۴ در زمینی به مساحت ۴۵۰۰۰ متر مربع تأسیس گردیده و به منظور استحصال آب از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، عمدتاً به تولید انواع پمپ‌های توربینی پرداخته است. اما مشهورترین شرکت پمپ‌سازی فعال کشور در حال حاضر، شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران (پمپیران)، می‌باشد. این شرکت در سال ۱۳۵۲ با هدف تولید انواع پمپ برای مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی (تحت لیسانس KSB آلمان) تأسیس شده است.

شرح تولیدات و جزئیات بیشتر در مورد هر یک از پمپ‌های تولیدی این سازندگان در کاتالوگ‌های تخصصی مربوطه (یا سایت‌ها و CDهای ایشان) قابل دسترسی است. در اینجا صرفاً تعدادی از مهمترین انواع پمپ‌های ساخت کارخانه‌های پمپ‌سازی کشور به صورت مصور معرفی می‌شوند (شکل ۱۹-۷).

پیوست: مثال انتخاب پمپ در نرم‌افزار پمپیران

این نرم‌افزار با عملکردی بسیار ساده قابلیت انتخاب پمپ را برای کاربر فراهم می‌نماید و اطلاعات لازم را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. مراحل انتخاب پمپ در این نرم‌افزار به شرح زیر است.

گام اول - انتخاب نوع پمپ. در صفحه اصلی نرم‌افزار نوع پمپ مورد نیاز خود را از نظر کاربرد انتخاب می‌کنید. پمپ‌های موجود در این بخش به سه دسته تقسیم می‌گردند: پمپ‌های گریز از مرکز؛ پمپ‌های شناور؛ و پمپ‌های فشار قوی.

جدول ۲-۷ عیوب پمپ‌ها و رفع آن.

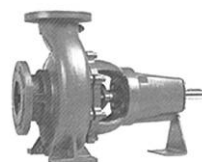
| نشانه | دلیل | راه حل |
|--|--|---|
| پمپ آب را پمپاژ نمی‌کند | پمپ هواگیری نشده است | پمپ را دوباره هواگیری کنید و بررسی کنید که پمپ و خط مکش کاملاً از آب پر شده است. گرفتگی را شناسایی و برطرف کنید. پروانه را تمیز کنید. |
| | خط مکش گرفته شده است | جهت چرخش را عوض کنید. جهت چرخش باید در جهت پیکانی باشد که روی حلزونی و یا محفظه یاتاقان نشان داده شده است. |
| | گذرگاه‌های پروانه گرفته شده است | عمق استغراق مناسب را محاسبه کنید. از وسیله مناسب (مانند بافل) برای جلوگیری از ایجاد گرداب در مکش استفاده کنید. |
| | محور در خلاف جهت صحیح می‌چرخد | لوله مکش را کوتاه کنید؛ یا: ارتفاع کار گذاشت پمپ نسبت به سطح آب را کم کنید. واشرها و یا اورینگ‌ها را عوض کنید. کاسه‌نمد را درست و یا تعویض نمایید. پروانه را تمیز کنید. فاصله پروانه با پوسته را تنظیم کنید. |
| | ارتفاع مکش بسیار زیاد است | لوله مکش را کوتاه کنید؛ یا: ارتفاع کار گذاشت پمپ نسبت به سطح آب را کم کنید. واشرها و یا اورینگ‌ها را عوض کنید. کاسه‌نمد را درست و یا تعویض نمایید. پروانه را تمیز کنید. فاصله پروانه با پوسته را تنظیم کنید. |
| پمپ دبی و یا هد مورد نیاز محدوده کارکرد سیستم را تولید نمی‌کند | پوسته پمپ نشتی دارد. گذرگاه‌های پروانه به‌صورت جزئی مسدود شده‌اند. فاصله بین پروانه و پوسته از حد مجاز بیشتر شده است | مطمئن شوید که شیر سمت مکش کاملاً باز است و خط مکش مسدود نشده است. پروانه را بازرسی کنید و در صورت نیاز آن را تعویض کنید. پمپ را دوباره هواگیری کنید و بررسی کنید که پمپ و خط مکش به‌خوبی از آب پر شده است. خط مکش را طوری قرار دهید (شیب همواره مثبت از نقطه مکش تا پمپ) تا هوا و/یا بخار در آن جمع نشود. نشتی را تعمیر کنید. |
| | هد مکش کافی نیست | مطمئن شوید که شیر سمت مکش کاملاً باز است و خط مکش مسدود نشده است. پروانه را بازرسی کنید و در صورت نیاز آن را تعویض کنید. پمپ را دوباره هواگیری کنید و بررسی کنید که پمپ و خط مکش به‌خوبی از آب پر شده است. خط مکش را طوری قرار دهید (شیب همواره مثبت از نقطه مکش تا پمپ) تا هوا و/یا بخار در آن جمع نشود. نشتی را تعمیر کنید. |
| | پروانه ساییده و یا شکسته است | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند (به‌درستی کوپله نشده‌اند) |
| عمل پمپاژ به‌صورت تناوبی قطع و وصل می‌شود | پمپ به‌خوبی هواگیری (پرایم) نشده است | روغن به‌مقدار کافی وجود ندارد |
| | در خط مکش هوا و یا بخار جمع شده است | روغن به‌طور مناسبی خنک نمی‌شود |
| | خط مکش دارای نشتی هوا می‌باشد (سوراخ‌شده) | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| یاتاقان‌ها داغ می‌کنند | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند (به‌درستی کوپله نشده‌اند) | روغن به‌مقدار کافی وجود ندارد |
| | روغن به‌مقدار کافی وجود ندارد | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| نویز و ارتعاش پمپ بیش از حد است | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | گذرگاه‌های پروانه به‌صورت جزئی مسدود شده‌اند | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | پروانه و یا محور شکسته و یا خم شده است | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | اتصال پمپ و فونداسیون محکم نیست | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | یاتاقان‌ها ساییده شده‌اند | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | لوله‌های مکش و رانش محکم نشده‌اند و یا به‌طور مناسب تثبیت نشده‌اند | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | پمپ دچار پدیده کاویتاسیون می‌باشد | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| توان مورد نیاز پمپاژ بیش از حد معمول است | آب انتقالی سنگین‌تر شده و یا لزجت آن از مقدار پیش‌بینی شده فزونی یافته است | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | کاسه نمد بیش از حد محکم شده و باعث ترمز شافت می‌شود | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | قطعات دوار با هم درگیر هستند | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |
| | فاصله پروانه و پوسته خیلی کم است | پمپ و موتور به‌طور مناسب همراه استانی نمی‌باشند |



پمپ جریان شعاعی افقی، کوبله مستقیم با موتور



پمپ جریان شعاعی افقی، کوبله مستقیم با موتور



جریان شعاعی افقی، کوبله مستقیم با شفت



پمپ توربینی شناور، موتور الکتریکی درون چاه با کوبله مستقیم



پمپ توربینی، مولد نیرو در بالای چاه و انتقال نیرو با شافت غلاف



پمپ چندطبقه فشار قوی



پمپ‌های کفکش و لجن‌کش



پمپ تزریق، مورد استفاده در تزریق کود به سیستم آبیاری قطره‌ای



پوستر پمپ (تأمین فشار)

شکل ۱۹-۷ انواع پمپ‌های ساخت کارخانه‌های پمپ‌سازی کشور.

گام دوم: انتخاب پمپ مطلوب. پس از انتخاب نوع پمپ به صفحه‌ای راهنمایی می‌گردید که نمودارهای منحنی همپوشانی پمپ‌ها را نمایش می‌دهد. این نمودارها رابطه «آبدهی پمپ» را با «بار دینامیک پمپ» ارائه می‌دهند. با دانستن این دو مشخصه می‌توان پمپ مطلوب را شناسایی و انتخاب نمود. در ضمن با حرکت ماوس روی این نمودار مقادیر آبدهی و بار دینامیکی هر نقطه نشان داده می‌شود.

منحنی های همپوشانی
Pump selection guide

دور موتور
 2900 min^{-1}

مثال عملی انتخاب پمپ
Pump selection help

مشخصات عمومی
General specification

پمپ های شناور
Submersible motor pumps

لیست پمپ ها
Pumps list

Pump selection guide
راهنمای انتخاب پمپ

منحنی های همپوشانی
Pump selection guide

دور موتور
 2900 min^{-1}

دور موتور
 1450 min^{-1}

دور موتور
 1450 min^{-1}
(High capacity)

مثال عملی انتخاب پمپ
Pump selection help

مشخصات عمومی
General specification

پمپ های گریز از مرکز
Centrifugal pumps

لیست پمپ ها
Pumps list

منحنی های همپوشانی
Pump selection guide

دور موتور
 2900 min^{-1}

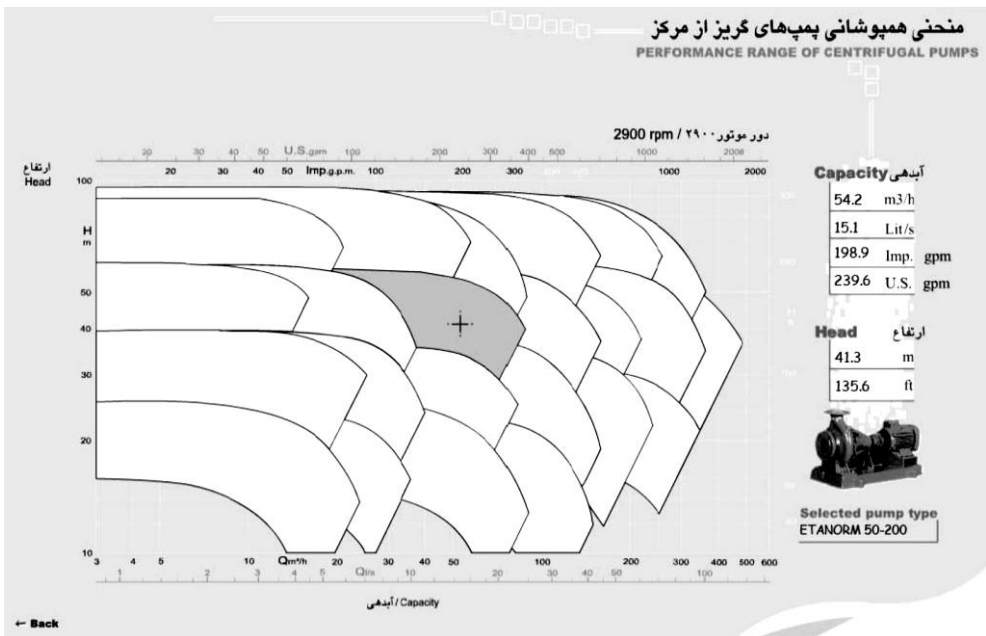
دور موتور
 1450 min^{-1}

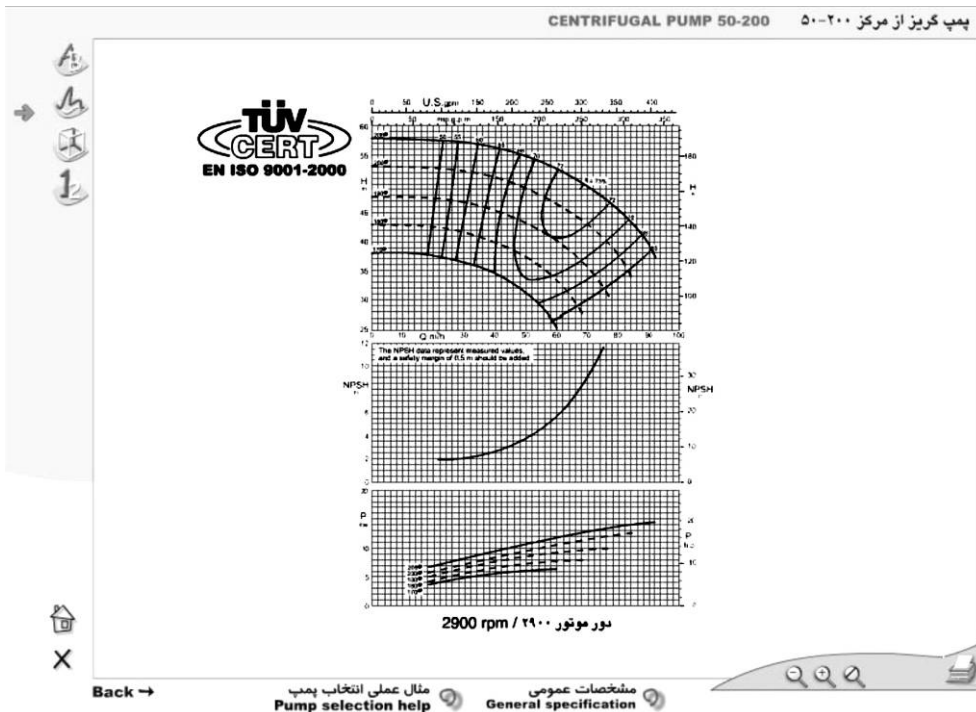
مثال عملی انتخاب پمپ
Pump selection help

مشخصات عمومی
General specification

پمپ های فشارقوی
High pressure pumps

لیست پمپ ها
Pumps list





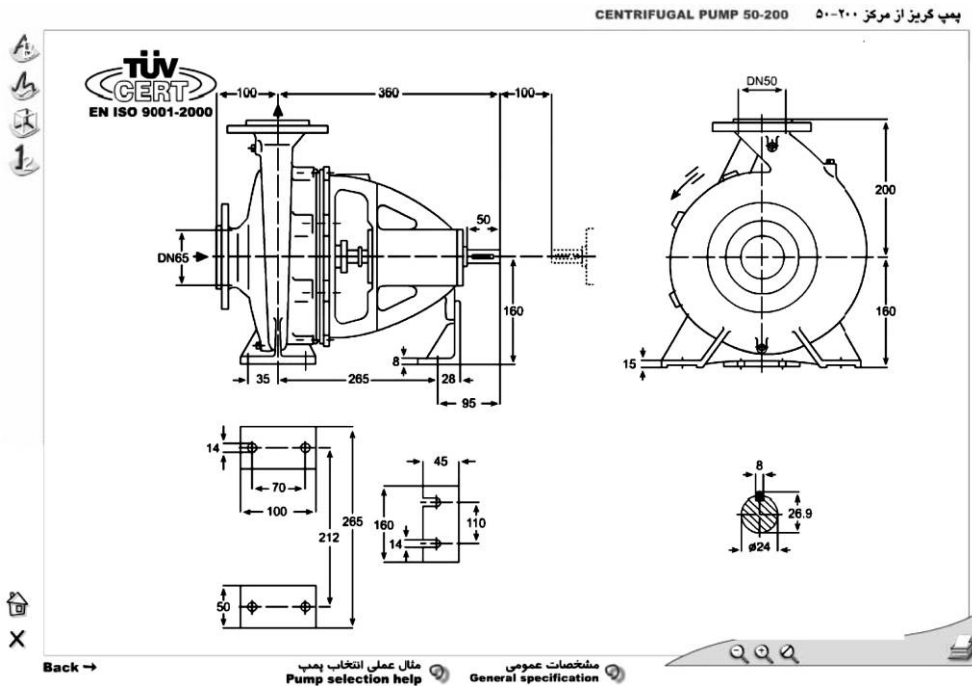
CENTRIFUGAL PUMP 50-200 پمپ گریز از مرکز ۲۰۰-۵۰

| دور ۲۹۰۰ RPM 2900 | آبدهی (مترمکب بر ساعت) Capacity (m³/h) | | | | | قطر پروانه Imp. Dia. (mm) | فلنج پمپ Pump Flange (mm) | | مشخصات موتور Motor Characteristics | | | قطر لوله Pipe Dia. (Inch) | | | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|----|---------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|----------------|-----|------|--|--|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | | مکش Inlet | رانش outlet | Power / کلووات kW | ☆ قدرت HP | I / آمپر Amp | مکش Inlet | رانش outlet | | | | |
| | 57 | 55.5 | 52.5 | 47 | 39 | | 209 | 65 | 50 | 18.5 | 25 | 34 | ☆☆☆ | ☆☆☆ | | | |
| ارتفاع (متر) | 52 | 50 | 46 | 40 | - | 200 | | | | | 15 | 20 | | | 29.2 | | |
| Head (m) | 46.5 | 44 | 39.5 | 31.5 | - | 190 | | | | | 11 | 15 | | | 22 | | |
| | 41.5 | 38 | 32.5 | - | - | 180 | | | | | 11 | 15 | | | 22 | | |

☆ توان موتور بر اساس حداکثر آبدهی محاسبه شده و ممکن است در نقطه کار کمتر باشد.
 ☆ اندازه فلنج مکش پمپ لزوماً برابر اندازه لوله مکش لوله مکش نمی‌باشد. قطر لوله مکش طوری در نظر گرفته شود تا سرعت مایع در آن از ۱ متر بر ثانیه تجاوز ننماید.
 ☆ قطر لوله رانش طوری انتخاب گردد تا سرعت مایع در آن تا حد ممکن پایین نگه‌داشته شود تا از افت انرژی جلوگیری بعمل آید. لیکن در این مورد نیز برقراری توازن اقتصادی بین قطر لوله رانش و انرژی پمپ لازم می‌باشد.
 - ارتفاع هندسی مکش پمپ با توجه به نقطه کار پمپ منحنی NPSH فشار اتمسفر محل نصب، مشخصات فیزیکی سیال و انتهای لوله مکش قابل محاسبه است.

Back → مثال عملی انتخاب پمپ مشخصات عمومی Pump selection help General specification

گام سوم: بررسی مشخصات پمپ منتخب. پس از گام‌های اول و دوم، در این گام می‌توان اطلاعات دقیق‌تر در مورد پمپ منتخب را در ۳ صفحه، شامل: «منحنی‌های کارکرد پمپ»، «جدول ابعاد و مشخصات پمپ» و «نقشه ابعاد و مشخصات پمپ» مشاهده و قبل از سفارش پمپ از آن‌ها (مثلاً در طراحی) استفاده نمود. علاوه بر این، ممکن است براساس این اطلاعات در انتخاب پمپ تجدید نظر گردد.



مسائل

۱. بر اساس نحوه انتقال انرژی به سیال، پمپ‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ هریک را شرح دهید.
۲. وضعیت دبی و اختلاف فشار در استقرار پمپ‌ها به صورت سری و موازی را شرح دهید؟
۳. انواع مختلف پروانه‌ها در پمپ‌ها را نام برده و کاربرد هر یک را تشریح نمایید؟
۴. ساختمان اصلی پمپ‌های جریان شعاعی از چه اجزایی تشکیل می‌شود؟ تشریح نمایید.
۵. منظور از کاویتاسیون (خلأزایی) چیست و چه زمانی رخ می‌دهد؟
۶. مراحل انتخاب یک پمپ را به اختصار تشریح نمایید؟
۷. ضرورت هواگیری در پمپ‌ها در چیست؟
۸. در پمپاژ اگر دبی به صورت متناوب قطع و وصل شود؛ علت چیست؟ راه حل آن کدام است؟
۹. انواع پمپ‌های ساخت ایران و نیز انواع پمپ‌های موجود در بازار ایران را نام ببرید؟ (به اینترنت رجوع کنید)

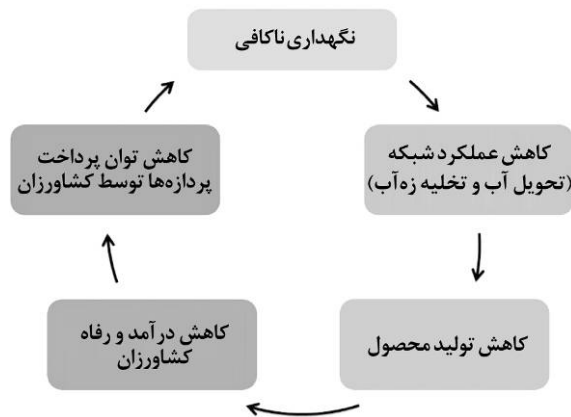
نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی

این فصل به تشریح جزئیات فرایندهای نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی و نیز شیوه‌هایی برای شناسایی، طرح‌ریزی، بودجه‌بندی، اولویت‌بندی، پیاده‌سازی و مستندسازی می‌پردازد. همچنین، در مورد نیازهای نگهداری بحث شده و سپس مفهوم و اجزای چرخه نگهداری و برخی از ماشین‌آلات و ابزارآلات نگهداری معرفی خواهند شد. علاوه‌براین، فرایندها و شیوه‌های مدیریت اموال نیز تشریح خواهد شد.

نیاز به نگهداری

عدم نگهداری کافی از شبکه آبیاری و زهکشی منجر به از کار افتادگی فزاینده شبکه می‌گردد؛ به‌عنوان مثال دریاچه‌ها از کار می‌افتند، سازه‌های اندازه‌گیری خراب می‌شوند، در کانال‌ها و زهکش‌ها رسوب جمع می‌شود، پوشش گیاهی موجب بسته شدن کانال‌ها و زهکش‌ها شده و کانال‌ها سرریز شده و تخریب می‌گردند. در نتیجه عرضه آب آبیاری نامنظم، نامطمئن، بی‌موقع، ناکافی و غیرقابل کنترل خواهد شد. همچنین، دفع زه آب از طریق زهکش‌ها کند شده و لذا موجب خیز سطح ایستابی و نهایتاً منجر به شوری اراضی خواهد شد. به‌طور کلی، نگهداری ناکافی در نهایت موجب کاهش محصول و عملکرد کلی مزرعه/ شبکه خواهد شد. این امر متعاقباً موجب کاهش درآمد کشاورزان و نهایتاً کاهش درآمد شبکه از طریق جمع‌آوری پرده‌ها خواهد شد (شکل ۱-۸).

بدون نگهداری پیشگیرانه در شبکه و با گذشت زمان، بر اثر عوامل طبیعی یا فعالیت‌های انسانی و حیوانات، شبکه به تدریج با خرابی مواجه می‌شود. عواملی که به زیرساخت‌های فیزیکی آسیب می‌رسانند عبارتند از: بارندگی، باد، فرسایش آبی، جابجایی و ترسیب رسوبات در کانال‌های آبیاری و زهکشی، جوندگان و حیوانات نقب‌زن (در خاکریزها)، رفت و آمد انسان‌ها و گله‌ها از درون کانال‌ها، خوردگی و زنگ‌زدگی دریاچه‌ها، تجزیه بیولوژیکی (برای مثال در دریاچه‌های چوبی)، انبساط و انقباض حرارتی.

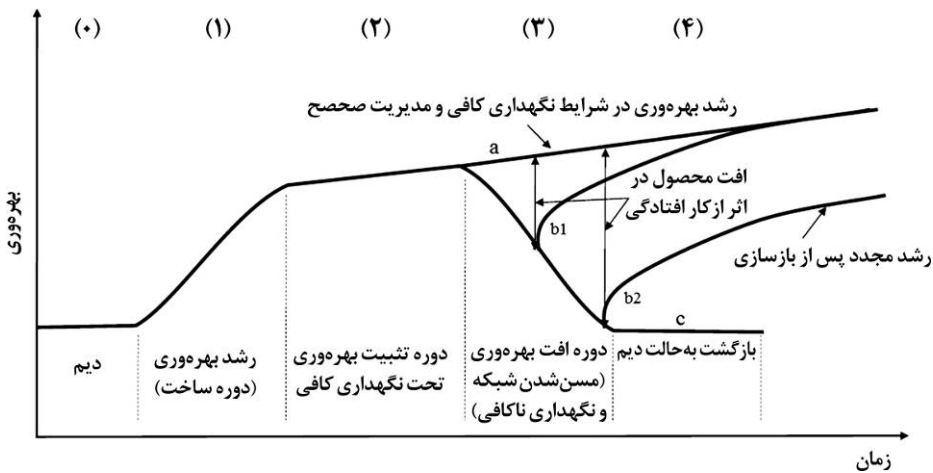


شکل ۸-۱ چرخه انحطاط نگهداری ناکافی.

غالباً، عدم کنترل و جلوگیری از این فرایندهای مخرب را می‌توان ناشی از نبود بودجه کافی برای نگهداری از شبکه دانست. گرچه ممکن است این تنها دلیل نباشد. معمولاً عوامل دیگری نیز دخیل هستند، مانند: عدم تشخیص صحیح نیازها و اولویت‌های نگهداری، دستورالعمل‌های ضعیف برای فرایندهای نگهداری، مهارت ناکافی کارکنان (در شناسایی نیازها، ثبت و پردازش گزارش‌ها)، تخصیص نامناسب منابع مالی در دسترس، عدم شناسایی نیازهای نگهداری و/یا اولویت‌دهی نادرست آنها، نظارت و پایش ضعیف بر امور نگهداری، ضعف فیزیکی شبکه (ناشی از: طراحی و ساخت ضعیف شبکه و یا ضعف قطعات به کار برده شده، و نیز شیوه‌های نادرست بهره‌برداری).

کارایی ضعیف شبکه آبیاری و زهکشی می‌تواند نقش مهمی در تسریع خرابی‌های شبکه داشته باشد. برای مثال، بهره‌برداری نادرست از آبگیر رودخانه، می‌تواند موجب ورود مقادیر زیادی رسوب و لای به شبکه کانال شود؛ و یا پر و خالی کردن خیلی سریع کانال‌ها می‌تواند موجب لغزش، ریزش و ترک خوردگی خاکریزها شود. بهره‌برداری نادرست از دریچه‌های تنظیم‌کننده می‌تواند موجب سرریزی و تخریب کانال‌ها شود. همین‌طور، در صورتی که طی بارندگی شدید سیستم آبیاری قطع نشود می‌تواند موجب تولید رواناب اضافی گشته و باعث ایجاد بار اضافی بر شبکه زهکشی گردد.

در شناسایی عوامل کاهش کارایی و/یا از کارافتادگی شبکه آبیاری و زهکشی تمامی عوامل ممکن بایستی در نظر گرفته شوند. نباید صرفاً بودجه ناکافی را عامل مشکلات دانست. در صورتی که کمبود بودجه دلیل اصلی باشد، تعیین و گزارش مقدار بودجه مورد نیاز، میزان کسری آن، و عواقب عدم تأمین بودجه به مسئولین ضروری می‌باشد. هزینه‌های کشاورزان و اقتصاد محلی و ملی ناشی از کاهش عملکرد شبکه، همان کاهش تولید محصولات کشاورزی تحت این شرایط است. در حالی که، معمولاً هزینه‌های ایشان تحت شرایط عملکرد صحیح شبکه (نگهداری کافی و مدیریت صحیح) بسیار کمتر است. شکل ۸-۲ تغییرات بهره‌وری یک شمای آبیاری و زهکشی جدید را از قبل تا پس از ساخت نشان می‌دهد. در



شکل ۲-۸ مراحل مختلف رشد و از کار افتادگی یک شمای آبیاری تحت شرایط نگهداری کافی و ناکافی.

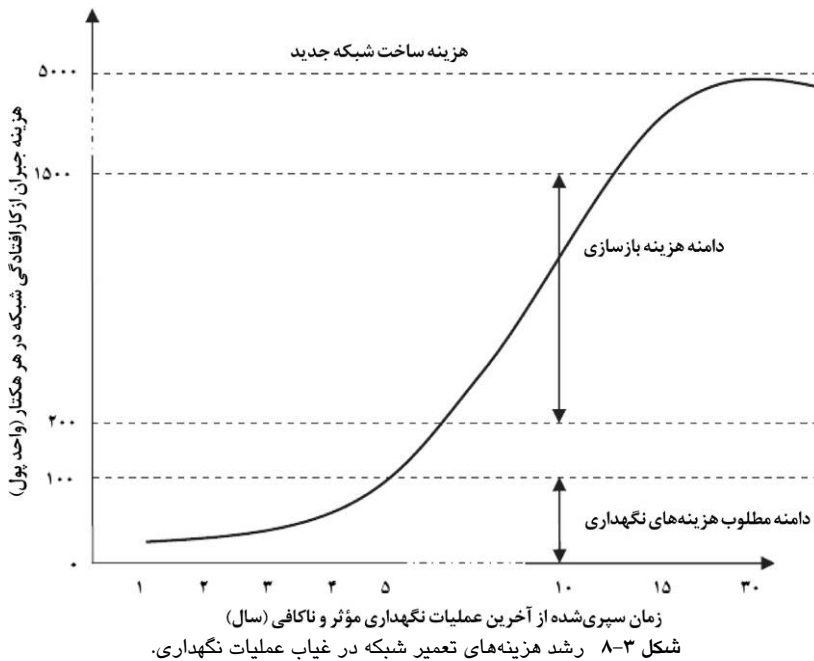
این تصویر سه سناریوی شبکه موفق (a)، شبکه بازسازی شده (b1, b2)، و شبکه تخریب شده (c) نمایش داده شده‌اند.

در مرحله ۲، با مدیریت صحیح و نگهداری کافی، و با کشت محصولات پر درآمدتر و یا با اصلاح بذر و... به تدریج بهره‌وری افزایش می‌یابد. در مرحله ۳، با ادامه این وضع بهره‌وری همچنان در حال رشد خواهد بود. اما، اگر بودجه برای نگهداری کافی نباشد، استاندارد بهره‌برداری کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی شبکه رو به خرابی رفته، بهره‌وری کاهش یافته، و از بهره‌وری پتانسیل فاصله می‌گیرد. بازگشت بهره‌وری پتانسیل در صورتی ممکن است که شبکه بازسازی گردد (b1). با تأخیر بازسازی شبکه (b2)، علاوه بر افزایش هزینه بازسازی، بهره‌وری نیز کاهش می‌یابد. در صورتی که بازسازی شبکه انجام نگیرد (c)، حالت دیم بازگشت می‌نماید (مرحله ۴).

به سه دلیل هزینه بازسازی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بیشتر از هزینه‌های برنامه‌ریزی و نگهداری منظم می‌باشد. اول: کاهش محصول طی دوره از کار افتادگی شبکه از درآمد کشاورزان می‌کاهد؛ دوم: افزایش وسعت خرابی در صورت عدم تعمیر به موقع (به مصداق مثل: یک کوک به موقع، جلوی ۹ کوک دیگر را می‌گیرد)^۱ موجب رشد هزینه‌ها به صورت تصاعدی می‌گردد؛ و سوم: هزینه عملیات بازسازی (دستمزد مشاوران و پیمانکاران) می‌باشد که شامل مطالعات و احداث می‌باشد.

هزینه‌های بازسازی و نگهداری با توجه به عواملی از قبیل نوع سیستم آبیاری، هزینه مواد و مصالح، سوخت و کارگر و شرایط خاص (شبکه کوچک یا بزرگ مقیاس، شرایط توپوگرافی و...) از کشوری به کشور دیگر و از شبکه‌ای به شبکه دیگر متفاوت است. اما به طور کلی، هزینه بازسازی شبکه‌های ثقلی آبیاری نسبت به هزینه‌های ایجاد شبکه جدید تا ۱۰ برابر کمتر؛ و همچنین هزینه نگهداری شبکه در حدود

1. "A stitch in time, saves nine".



یک دهم هزینه بازسازی می‌باشد. با یک تحلیل ساده اقتصادی معلوم می‌گردد صرفه‌جویی هزینه‌های نو سازی یک شبکه می‌تواند برای حدود ۱۲ تا ۱۵ سال هزینه‌های نگهداری را پوشش دهد. همان‌طور که در شکل ۳-۸ نشان داده شده است، با طولانی شدن مدت نگهداری ناکافی از شبکه، هزینه‌های نگهداری (تعمیرات)، بازسازی و نو سازی افزایش می‌یابد. با توجه به این شکل، فاصله زمانی مطلوب در تکرار عملیات نگهداری زیر ۵ سال است.

افزایش میزان سرمایه‌گذاری در بخش نگهداری، می‌تواند موجب توسعه نگهداری از شبکه از طریق افزایش کارکنان و امکانات (تجهیزات نگهداری و یا افزایش لوازم یدکی یا مصالح انبارشده) شود. هم‌زمان با چنین سرمایه‌گذاری، بایستی بهره‌وری شبکه (یا بخشی از شبکه که سرمایه‌گذاری در آن انجام یافته) افزایش یابد تا به کمک آن بازگشت سرمایه تضمین گردد. این امر نیازمند توجه جدی به ارتقاء دستورالعمل‌های نگهداری، و نیز ارتقاء مهارت کارکنان می‌باشد. علاوه بر این شناسایی نیازهای تعمیر و نگهداری براساس بررسی‌های دوره‌ای و برآورد صحیح هزینه‌ی آنها ضروری است. نهایتاً رد/ قبول و اولویت دادن به گزینه‌های تعمیر و نگهداری که براساس تحلیل مالی و اقتصادی و اصل بازگشت سرمایه صورت می‌پذیرد، نقش مؤثری در این امر دارد.

اهداف نگهداری

اهداف نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی عبارتند از:

- حفظ دائم و مستمر شبکه در شرایط بهره‌برداری خوب؛
- ازدیاد طول عمر شبکه و حداکثر نمودن استفاده از امکانات شبکه؛
- دستیابی به هر دو مورد فوق با کمترین هزینه.

طبقه‌بندی نگهداری

انواع رهیافت‌های نگهداری را می‌توان به شش دسته اصلی طبقه‌بندی نمود: (۱) مستمر/ جاری، (۲) دوره‌ای، (۳) سالانه، (۴) اضطراری، (۵) تأخیری و (۶) پیشگیرانه.

تحت این طبقه‌بندی، امور نگهداری می‌تواند توسط یک فرد یا ترکیبی از افراد به انجام رسد. مثلاً، یک شبکه بزرگ می‌تواند با استخدام تعدادی کارگر فنی، چه به‌عنوان کارکنان بخش نگهداری و تعمیرات، و چه به‌عنوان کارکنان شبکه آبیاری و زهکشی (که بخشی از وقت خویش را به این وظیفه می‌پردازند) به امور نگهداری و تعمیرات سامان دهد. در یک شبکه متوسط ممکن است این افراد به‌صورت پاره‌وقت استخدام شوند. در بسیاری از شبکه‌های بزرگ، برون‌سپاری (Out sourcing) مدیریت و/یا عملیات تعمیر و نگهداری به شرکت‌های پیمانکار نیز روشی معمول است. اما برای شبکه‌های کوچک‌تر، تعیین یک نفر مسئول و سپس به‌کارگیری افراد فنی موجود در جوامع محلی تحت نظر مسئول مربوطه توصیه می‌گردد.

نگهداری مستمر

نگهداری مستمر برای امور نگهداری کوچک به‌طور منظم صورت می‌پذیرد. این امور معمولاً به‌صورت دستی توسط کارگران شبکه و یا توسط کشاورزان (انفرادی یا گروهی) به انجام می‌رسد و شامل موارد زیر است (گرچه محدود به این موارد نیست):

- تعمیرات خرابی‌های جزئی خاکریزهای کوچک (ناشی از رواناب بارندگی، خسارت حیوانات، خسارت ماشین‌آلات، ترک و حفره‌های کوچک نشتی)؛
- پاکسازی کانال‌های آبیاری و زهکشی از رسوبات و جمع‌آوری زباله (به‌ویژه نزدیک سازه‌ها)؛
- حذف پوشش گیاهی مزاحم (هرز) از درون کانال‌های آبیاری و زهکشی، خاکریزها و از اطراف سازه‌ها؛ و روغن کاری دریچه‌ها.

نگهداری دوره‌ای

نگهداری دوره‌ای نیز عمدتاً برای امور در مقیاس کوچک است. این نوع نگهداری اغلب پیشگیرانه بوده و برای مواردی که هیچگونه مشکلی فوری عملکرد سیستم را تهدید نمی‌کند، به کار می‌رود. انجام این نوع کارها ممکن است نیازمند کارگر ماهر و ماشین‌آلات باشد، و بایستی طی فصل رشد در فواصل آبیاری‌ها صورت پذیرد. این نوع نگهداری شامل موارد زیر است (گرچه محدود به این موارد نیست):

- مرمت بتن کانال‌ها و یا سازه‌ها؛
- تعمیر و نگهداری (رنگ زدن) سازه‌های چوبی و فلزی، به‌ویژه دریچه‌ها؛
- تعمیر سازه‌های اندازه‌گیری و سنجشگرها؛
- تعمیر خاکریز کانال در صورت مشاهده نشست و یا خرابی ناشی از سرریز شدن؛
- تعمیر ماشین‌آلات (پمپ، موتورها، ...)
- مرمت جاده‌های دسترسی.

برخی از این امور می‌تواند توسط قراردادهای پیمانکاری کوچک و یا توسط تیم نگهداری شبکه صورت پذیرد. این تیم ممکن است شامل: سرکارگر، بنا، نجار، مکانیک، متصدیان تجهیزات/ ماشین‌آلات و احتمالاً تعدادی کارگر باشد. تیم نگهداری باید سیار و مجهز بوده؛ یعنی دارای وسیله نقلیه (باربر) و ابزار/ تجهیزات/ ماشین‌آلات مورد نیاز باشد.

نگهداری سالانه

برنامه نگهداری سالانه براساس نتایج بازرسی‌های به‌عمل‌آمده تنظیم می‌گردد؛ و مربوط به کارهای نگهداری بسیار گسترده/ تخصصی (خارج از مقیاس نگهداری دوره‌ای) و یا مربوط به توسعه شبکه می‌شود. معمولاً، اجرای این قبیل تعمیرات در خارج از فصل آبیاری (زمانی که از کانال‌های آبیاری و زهکش استفاده‌ای نمی‌شود) بوده و برای آن پیمانکارانی استخدام می‌شوند. این نوع نگهداری شامل موارد زیر است (گرچه محدود به این موارد نیست):

- لایروبی اساسی کانال‌های اصلی (آبیاری یا زهکشی)؛
- تعمیر اساسی پوشش کانال‌ها؛
- تعمیر اساسی سازه‌های سرآب، اندازه‌گیری و توزیع؛
- تعمیر اساسی از خاکریز کانال‌ها، جاده سرویس‌ها و گوره‌ها (Dike)؛
- تعمیر و جایگزینی تجهیزات، دریچه‌ها، پمپ‌ها، موتورها و ...

نگهداری اضطراری

در مقابله با خرابی‌های ناگهانی، عدم اطمینان از اینکه این خرابی‌ها چرا، کجا و چه زمانی وقوع می‌یابند، مقابله با این وقایع را دشوار می‌سازد. بنابراین، انعطاف‌پذیری شبکه و آمادگی تیم نگهداری و تعمیرات برای مقابله با مشکلات نیاز می‌باشد. منظور از انعطاف‌پذیری (Resilience, Elasticity) شبکه، وجود امکانات و ظرفیت برای بازگشت شبکه به حالت عادی پس از وقوع یک وضعیت فوق‌العاده می‌باشد. امور نگهداری اضطراری را نمی‌توان از قبل طرح‌ریزی نمود، بلکه این نوع نگهداری حسب نیاز (وقوع خرابی ناگهانی) صورت می‌گیرد؛ و شامل پیشگیری و جلوگیری از گسترش خرابی‌ها و یا انجام تعمیرات موقتی/ فوری می‌باشد. خرابی ناگهانی شامل موارد زیر است (گرچه محدود به این موارد نیست):

- نشت/ فرار آب از کانال، خاکریز یا گوره؛
- ازکار افتادگی سازه‌های شبکه؛
- خسارات سیل، رانش زمین یا جریان گل.

موفقیت این نوع تعمیرات در گروهی سرعت انجام کار می‌باشد. اقدامات فوری آسیب‌ها را به حداقل رسانده و فرصت را برای انجام تعمیرات کامل/ اساسی فراهم می‌آورد. وسایل ارتباطی کافی و نیز دستورالعمل‌های کارآمد برای ارتباط گیری، در مدیریت شرایط اضطراری نقشی مؤثر دارند. برای مثال به محض وقوع خرابی یک کانال، برقراری سریع ارتباط با مسئول «تأسیسات سرآب» می‌تواند منجر به قطع و یا کاهش دبی ورودی به شبکه و جلوگیری از گسترش خرابی گردد.

ارزیابی ریسک‌های یک شبکه و شناسایی مناطقی که شرایط اضطراری ممکن است در آن رخ دهد به صورت پیش دوره، می‌تواند علاوه بر صرفه جویی در منابع و هزینه، مقابله با مخاطرات را آسان و سریع نماید. ارزیابی ریسک، با بررسی وقایع مخاطره‌آمیز مهم در گذشته و بازرسی مکان وقوع این رخدادها و صحبت با کارکنان و آب‌بران (برای عبرت اندوزی) آغاز می‌گردد. سپس، با شناسایی مناطق وقوع مخاطرات احتمالی و پیش‌بینی اقدامات لازم برای جلوگیری، کاهش اثرات و یا مقابله با این مخاطرات (در صورتی که رخ دهند) ادامه می‌یابد. در انتها، براساس نتایج این بررسی‌ها، باید امکانات و دستورالعمل‌های لازم برای مقابله با خرابی‌ها مهیا گردند. برای مثال: در روستاهای نزدیک به رودخانه برای جلوگیری از لبریز شدن آب به درون روستا (در دوره شدت جریان رودخانه) می‌توان با ذخیره کیسه‌های شن و ماسه، تقسیم مسئولیت‌ها بین ساکنان روستا، و نیز سازماندهی فعالیت‌های اضطراری ایشان، آمادگی لازم را برای مقابله با سیل فراهم آورد و خرابی ناشی از آن را به حداقل رساند.

نگهداری تأخیری

در مواردی برخی اشکالات در شبکه شناسایی می‌شوند، ولی به دلیل اینکه از اولویت کم برخوردارند (و به دلیل نبود بودجه کافی)، انجام آنها به بعد موکول می‌شود. معمولاً فهرستی از این نوع اشکالات (که اختلال عمده در عملکرد شبکه به وجود نمی‌آورند) تهیه و برای انجام عملیات نگهداری آتی ثبت می‌گردد؛ سپس به صورت دوره‌ای بررسی و اولویت‌بندی می‌شوند. به این نوع از نگهداری، «نگهداری تأخیری» گفته می‌شود، که شامل موارد زیر است (گرچه محدود به این موارد نیست):

- ترمیم پل‌های پیاده رو؛
 - ترمیم مجاری رواناب؛
 - ترمیم مسیرهای دسترسی به خاکریزهای کانال‌ها.
- اصطلاح «نگهداری تأخیری» ارتباط نزدیکی با «بازسازی شبکه» دارد. در واقع هر پروژه بازسازی شبکه، پس از طولانی شدن فهرست «نگهداری‌های تأخیری» شکل می‌گیرد.

نگهداری پیشگیرانه

نگهداری پیشگیرانه روشی برای جلوگیری از افزایش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات است. دو نوع نگهداری پیشگیرانه وجود دارد: اصلاحی (Corrective) و آماری (Predictive). یک مثال کلاسیک از «نگهداری پیشگیرانه اصلاحی» را می‌توان به جلوگیری از نشت در اطراف سازه‌های هیدرولیکی نام برد. اگر نشت شناسایی شود و اقدامات اصلاحی در زمان مناسب انجام شوند موجب جلوگیری از کارافتادگی سازه و همچنین صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها خواهد شد. این نوع نگهداری نیازمند بازرسی مستمر شبکه و شناسایی به‌موقع اشکالات می‌باشد. اما، «نگهداری پیشگیرانه آماری» مبتنی بر تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده از خرابی‌های وقوع یافته قبلی است. بر این اساس، تناوب خرابی‌ها و طول عمر قطعات و تجهیزات قابل پیش‌بینی است. بنابراین، می‌توان به تعویض قطعات و تجهیزات قبل از وقوع خرابی اقدام و مانع «از کارافتادگی» شبکه گردید. در عمل، مدیریت نگهداری در یک شبکه تازه تأسیس عمدتاً مبتنی بر روش اصلاحی است. به تدریج با گذشت زمان و رشد آمار و اطلاعات، مدیریت نگهداری می‌تواند به روش آماری میل نماید. مواردی که برای نگهداری پیشگیرانه در اولویت هستند عبارتند از:

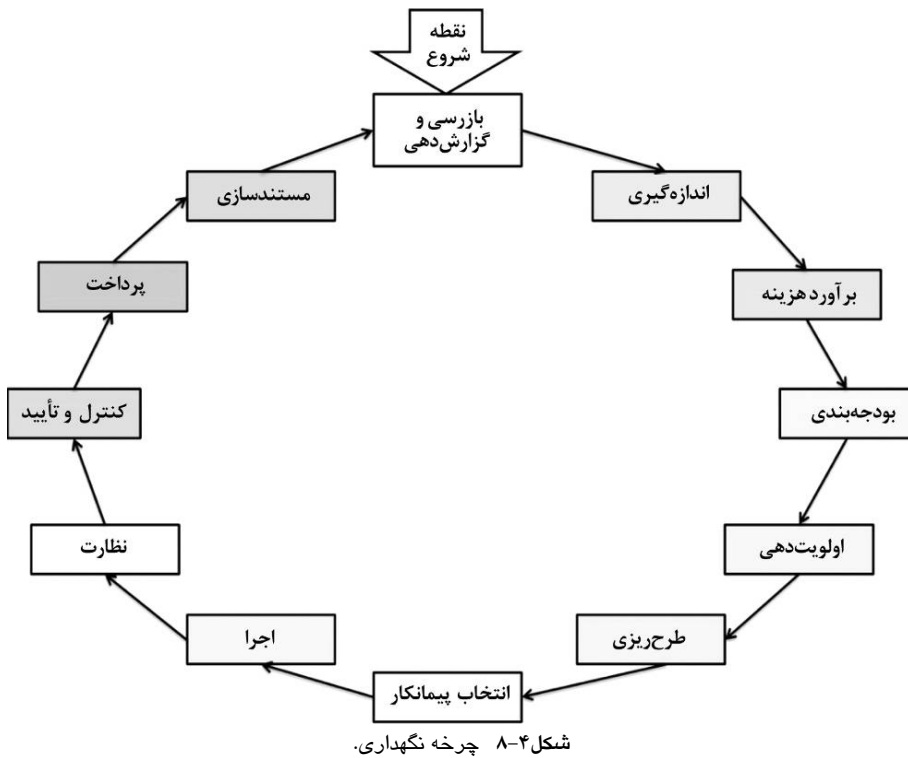
- بررسی نشت در اطراف یا زیرسازه‌ها، به‌خصوص اگر در طرفین سازه اختلاف فشار زیاد باشد؛
- بازرسی شیروانی خاکریزها، کانال‌های آبیاری و زهکشی، و جاده سرویس‌ها و حصول اطمینان از عدم تجمع آب؛
- بستن دریچه‌های ورودی رودخانه قبل از بالا آمدن تراز آب رودخانه، برای جلوگیری از ورود دبی زیادی به کانال و یا ورود لای و رسوب سنگین به شبکه؛
- رفع زنگ‌زدگی و ترمیم رنگ در اجزای فلزی به‌خصوص دریچه‌ها و چارچوب دریچه‌ها.

چرخه نگهداری

چرخه نگهداری در شکل ۴-۸ نشان داده شده و در زیر تشریح شده‌اند.

بازرسی

بازرسی نگهداری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند توسط مهندسان، متصدیان و یا کارکنان مزرعه انجام شود. بازرسی نگهداری به دو صورت می‌باشد: «مستمر» و «سالانه و / یا فصلی». وجود شیوه‌نامه‌های استاندارد برای گزارش دهی و بازرسی پیش‌شرطی برای مدیریت نگهداری کارآمد می‌باشد. متأسفانه در بسیاری از شبکه‌ها چنین شیوه‌نامه‌هایی به‌قدر کافی تدوین و توسعه نیافته‌اند. حداقل بایستی مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها که تعریف مشخصی از بازرسی و جزئیات روش بازرسی ارائه دهند در هر شبکه آبیاری وجود داشته باشد. در اینگونه شیوه‌نامه‌ها مشخص می‌شود که بازرسی‌ها توسط چه کسی؟ چگونه؟ با چه تناوبی؟ باید به انجام رسد.



بازرسی، حسب مورد می‌تواند توسط خود کشاورزان، کارکنان عادی شبکه، و یا متخصصین «بخش نگهداری» صورت پذیرد. دفترچه‌هایی به منظور ثبت اشکالات (شناسایی شده) باید تهیه و تحویل کشاورزان و کارکنان عادی شبکه گردد؛ و ایشان برگه‌های تکمیل شده را به بخش نگهداری گزارش دهند. البته، در نگهداری مستمر (مانند روغن کاری دریاچه‌ها) ثبت و گزارش‌دهی لازم نیست. اما، در بازرسی‌های دوره‌ای و سالانه باید بررسی شود که آیا وظایف نگهداری مستمر به درستی انجام می‌شوند یا خیر.

بازرسی مستمر

بازرسی و پایش نیازهای نگهداری بخشی از وظایف کشاورزان و کارکنان عادی شبکه است که باید به صورت مستمر و روزانه انجام شود. متصدیان تجهیزات (مانند دریاچه‌ها و پمپ‌ها) نیز مسئول شناسایی و گزارش‌دهی هرگونه نیازمندی‌های نگهداری این تجهیزات هستند. هرگونه نیازهای نگهداری که توسط این افراد قابل انجام نباشد، باید توسط ایشان گزارش و در دفتر تعمیرات و نگهداری ثبت شود. در نگهداری اضطراری و در مواجهه با خرابی ناگهانی، هر یک از عوامل فوق‌الذکر باید اقداماتی را که در برخورد با شرایط اضطراری لازم سریعاً انجام دهند، و همزمان سعی در جلب کمک نمایند. برخی از انواع نیازهای بازرسی نگهداری در طی دوره رشد (و یا فصل آبیاری) در جدول ۱-۸ تشریح شده است.

| راه حل | اثرات سوء | مشکلات نگهداری | نوع | نوع سازه |
|--|---|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| حذف گیاهان مزاحم جمع‌آوری زباله جاکزیرهای کالورت کوچک یا کالورت بزرگتر و با تراکم‌های اجزای پل. دریچه‌های تخلیه فشار منفی را تمیز نموده و با در صورت نیاز تعویض نمود حذف رسوب تعطیل جاکزیر بزرگ، موقت نیست به محض مشاهده جلوی خرابی‌های بسیار بزرگتر یا بروزینتر را خواهد گرفت. تعطیل و مرمّت جاکزیر به محض مشاهده اثر فرسایش ناشی از وقت‌آمدن انسان و یا دام باشد، بهتر است راه حل مناسب برای تردد آنها بدون صدمه به خاکریز تهیه گردد. | کاهش ظرفیت کانال کاهش ظرفیت کانال و حتی سرریزی کانال که می‌تواند منجر به تخریب اطراف کانال شود. کاهش ظرفیت انتقال کانال افزایش فشار منفی زیر پوشش کانال که می‌تواند منجر به خرابی پوشش گردد تلفات آب و در بلندمدت خرابی جاکزیر سرریزی آب کانال از نقاط فرورفتگی شده | رویش گیاهان مزاحم جریان تجمع زباله در ورودی سيفون، کالورت، ... سبز شدن آب در کالورت تجمع لای و رسوب دریچه‌های تخلیه فشار منفی به درستی کار نمی‌کنند | مستمر مستمر مستمر مستمر | کانال‌ها (انباری / زهکی) |
| حذف گیاهان قبل از رشد زیاد و حذف ریشه آنها حذف گیاهان مزاحم تا حدی از نشت در دریچه‌های بسته قابل قبول است، اما اگر نشت بیشتر از این حد باشد، با بستن سیستم آبشویی دریچه تعمیر و یا دریچه تعویض گردد. دریچه تعمیر/تعویض گردد. انجام به موقع عملیات نگهداری پیوستگی‌ها تعمیر خرابی و نیز تشخیص دلیل فرسودگی و رفع آن پس از تعمیر واسنجی مجدد ضروری است. دریچه‌های آبشویی تعمیر فوری منطقه تخریب نشده و جلوگیری از نشت و در صورت لزوم تعویض دریچه‌های آبشویی. اولاً دلیل نشت فشارناشی و رفع آن، باید تماماً منطقه ضعیف‌شده توسط نشت و زیرشویی بازسازی گردد در اولین فرصت ترک‌های مشاهده شده با بستن به درستی مرمّت گردند. با پارای سازه کنترل شود در صورتی‌که وسعت و عمق طبقه خوردگی گسترش می‌یابد بررسی دقیق‌تری مورد نیاز است. کاربرد epoxy را محل مناسب می‌باشد. | از دست دادن توانایی کنترل آب که می‌تواند منجر به تلفات آب و نیز تعویض نامناسب/ناگهانی آب گردد منجر به نشت آب از محل خوردگی دریچه می‌شود و همچنین ممکن است جابجایی دریچه مشکل گردد. از دست دادن امکان اندازه‌گیری جریان و منجر به تعویض نامناسب/ناگهانی آب می‌گردد. تلفات آب، در درازمدت سبب وقوع زیرشویی (piping) و نهایتاً تخریب سازه می‌گردد. تلفات آب و همچنین فرسایش خاک در اطراف سازه که می‌تواند منجر به تخریب سازه گردد. شنیدن صدای توجالی نشان‌دهنده وجود نشت و زیرشویی زیر سازه است که می‌تواند منجر به تخریب سازه و تعمیرات پرهزینه گردد. منجر به تلفات آب می‌شود. منتهی به تخریب سازه گردد و در صورت ظاهر شدن آرماتور، منجر به مواردی (رماتورها و زمین رقت مقاومت سازه گردد در صورت صیقل شدن حضوردهگی سازه ممکن است آرماتور/تخریب گردد | خورشیدگی فرسودگی سازه اندازه‌گیری نشت از درون سازه نشت از اطراف سازه وجود فشرده زبر سازه (زبره زدن و شنیدن صدای توجالی) وجود ترک روی سازه (با توجه به دراز عرضی، و عمق ترک) یا یا آرماتور ظاهر شدن آرماتور خوردگی کف کانال در اثر رویش جریان آب | مستمر مستمر مستمر مستمر | سازه‌ها قطعی مستمر دریچه‌ها |

بازرسی سالانه و فصلی

بازرسی‌های نگهداری سالانه و فصلی باید توسط مهندسان باتجربه صورت گیرد. هر ساله، قبل از شروع و بعد از اتمام دوره رشد بازرسی‌های «پیش‌دوره» و «پس‌دوره» به‌منظور شناسایی نیازهای ترمیم/تعمیر در شبکه و سیستم‌های آبیاری و زهکشی بایستی صورت پذیرد. با توجه به نتایج این بازرسی‌ها اقدامات پیشگیرانه اصلاحی و یا تعمیرات مورد نیاز (که انجام آن ضروری و ممکن باشد) باید انجام شود. در حالت کلی بازرسی سالانه و فصلی برای پیدا کردن اشکالات کانال‌ها، در هر دو حالت خالی و پر (جریان به‌اندازه ظرفیت طراحی) کانال بایستی به انجام رسد. بازرسی از کانال‌های خالی نشان‌دهنده اشکالات در زیر خط نرمال آب (Normal water line: NWL) بوده و بازرسی از کانال‌های پر برای ارزیابی ظرفیت انتقال کانال‌ها، و نیز ارزیابی عملکرد سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری می‌باشد. معمولاً وضعیت پُر برای زهکش‌ها بعد از بارش‌های سنگین وقوع می‌یابد. در جدول ۱-۸ به‌عنوان یک راهنما، برخی از بازرسی‌های نگهداری مهم تشریح گردیده است.

گزارش‌دهی

گزارش‌دهی صحیح و دقیق، بخش مهمی از هر نوع بازرسی (مستمر یا دوره‌ای) را دربر می‌گیرد. براساس این اطلاعات، فهرستی از نیازهای نگهداری تدوین و سپس جزئیات کار (چه زمانی؟ چگونه؟ و توسط چه کسی؟) مشخص می‌شود. انجام صحیح و دقیق گزارش‌دهی نیازمند دستورالعمل‌هایی برای تعریف مشخص از شیوه گزارش‌دهی، شامل مجموعه‌ای از فرم‌های گزارش‌دهی و چگونگی ثبت وقایع نگهداری، می‌باشد. ثبت وقایع نگهداری باید شامل همه نیازها برای انواع نگهداری‌ها بوده و شامل وضعیت حاضر موضوع نگهداری و شرح ترمیم یا تعمیر درخواست شده باشد. ثبت نیازهای نگهداری در دفاتر ویژه، برای کمک به انجام امور زیر لازم می‌باشد:

- پردازش داده‌های جمع‌آوری شده (اندازه و حجم کار مورد نیاز، برآورد هزینه، ...)
 - اولویت‌بندی نیازها و تخصیص منابع به آنها (براساس اهمیت و هزینه کار در مقابل وضعیت مالی شبکه)
 - ثبت فعالیت‌های انجام شده در حوزه نگهداری و تعمیرات به‌صورت صریح و شفاف.
- براساس توضیحات فوق، نیازهای نگهداری شبکه شناسایی، اندازه‌گیری و سپس هزینه آنها برآورد می‌شود. شرح خرابی و اندازه‌های آن در کاربرگ‌های «گزارش نیازهای نگهداری» (مطابق شکل ۵-۸) درج و ارزیابی می‌شود. در نبود این کاربرگ‌ها می‌توان دفترچه‌هایی مناسب را جایگزین نمود. این داده‌های جمع‌آوری شده از مزرعه در کاربرگ‌های «دفتر نگهداری» (شکل ۶-۸) ثبت شده و براساس آن هزینه‌های هر مورد جداگانه برآورد و نهایتاً کل هزینه پیش‌بینی می‌گردد. پس از آن موارد مشخص شده اولویت‌بندی شده و در مورد اینکه کار توسط تیم نگهداری، کارگران روزمزد، شرکت پیمانکار، و یا

نگهداری قرار دارند و براساس اطلاعات مندرج در آنها پایگاه داده ایجاد می‌شود. در این صورت، بازیابی داده‌های ثبت شده به راحتی مقدور است؛ و همواره فهرست اولویت‌ها (پس از حذف اولویت کارهای اتمام یافته) براساس اهمیت و فوریت نیازهای نگهداری و نیز وضعیت مالی شبکه تنظیم مجدد می‌گردد. علاوه بر این، با دسترسی به امکانات رایانه‌ای، به جای کروکی می‌توان از تصاویر (از محدوده نیازمند عملیات نگهداری) استفاده نمود، که بسیار راحت تر و گویاتر/ واضح تر است. نکته دیگر استانداردسازی نیازهای نگهداری است، به نحوی که تا جای ممکن به جای شرح نیاز نگهداری از کدهای استاندارد استفاده شود. این امر موجب سهولت و یکنواختی گزارش نیازهای نگهداری می‌شود. برای مثال، سیستم کدگذاری می‌تواند دارای یک طبقه‌بندی کلی به شرح زیر باشد:

| کد | عنوان | کد | عنوان |
|----|------------------|----|-------------|
| A | سازه کنترلی | E | سازه انتقال |
| B | سازه اندازه‌گیری | F | جاده دسترسی |
| C | کانال‌ها | G | سازه انتقال |
| D | زهکش‌ها | H | ساختمان‌ها |

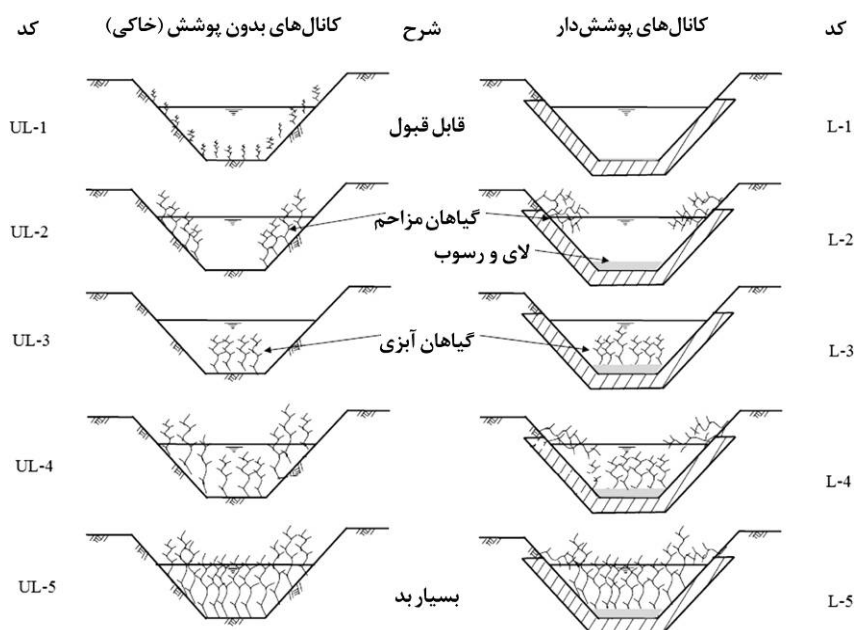
سپس هر مورد، خود دارای جزئیات کدگذاری بیشتری خواهد بود. برای مثال ذیل عنوان سازه‌های کنترلی (A)، انواع دریچه‌ها قرار دارند و «زیر کدهای» مربوط به آن ممکن است به شرح جدول زیر باشد. در این صورت، کد A1a یعنی لولای دریچه نیازمند روغن کاری است.

| زیرکد | اجزا | a | b | c |
|-------|----------------|-----------|---------|-------|
| A1 | محور دریچه | روغن کاری | صافکاری | تعویض |
| A2 | چرخ‌دنده دریچه | تعمیر | تعویض | - |
| A3 | صفحه دریچه | رنگ | تعمیر | تعویض |
| A4 | چارچوب دریچه | رنگ | تعمیر | تعویض |
| A5 | مصالح | تعمیر | تعویض | - |
| A6 | بتن | تعمیر | تعویض | - |

مثال دیگر کدگذاری برای رسوب گرفتگی و رشد گیاهان مزاحم در کانال‌ها است. برای این درجه‌بندی می‌توان کدگذاری را براساس شکل ۷-۸ پیشنهاد نمود.

اندازه‌گیری و برآورد هزینه نگهداری

پیش‌بینی زمان و هزینه عملیات نگهداری نیازمند اندازه‌گیری و کمیت دادن به نیازهای شناسایی شده می‌باشد. نمونه واحدهایی که در اندازه‌گیری نیازهای نگهداری به کار برده می‌شوند در جدول ۲-۸ آورده شده است. همچنین، جدول ۳-۸ نمونه‌ای از یک کاربرگ تکمیل شده‌ی دفتر نگهداری می‌باشد که در آن نیازهای نگهداری، اندازه‌ی آنها، و هزینه‌ها آورده شده است.



شکل ۷-۸ نمونه‌ای از سیستم کدگذاری وضعیت کانال‌ها براساس تجمع لای و رسوب و رویش گیاهان مزاحم .

جدول ۲-۸ نمونه واحدهای اندازه‌گیری مربوط به نیازهای نگهداری.

| واحد | شرح | واحد | شرح |
|----------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| m ³ | تعمیر سازه‌های اندازه‌گیری | m ³ | متراکم کردن خاکریز |
| تعداد | تعویض/ رنگ زدن اشل | m ³ یا m | حذف لای و رسوب از کانال |
| تعداد | رنگ زدن دریچه‌ها/ تجهیزات | m ² یا m ³ | تعمیر جاده دسترسی |
| تعداد | روغنکاری دریچه‌ها/ تجهیزات | m ³ | حفاری خاک |
| تعداد | تعمیر/ تعویض دریچه | m ³ | زیرسازی |
| Kg | آرماتور بندی | m ³ | بتن آماده |
| m | لوله | m ³ | بتن‌ریزی |
| m ² | حفاظت با سنگ (خشک‌ه چین؛ rip-rap) | m | مرمت درزهای پوشش کانال |
| ساعت | حذف پوشش گیاهی شناور | تعداد | عملیات بنایی |
| m | حذف پوشش گیاهی از کانال | m ³ | مصلح ساختمانی |

تنظیم بودجه، اولویت‌بندی و طرح‌ریزی عملیات نگهداری

گاهی اوقات به دلیل محدودیت منابع مالی، منابع کارگری، ماشین‌آلات و یا زمان نمی‌توان همه نیازهای نگهداری را به‌انجام رساند. علاوه‌براین، در برخی موارد انجام عملیات نگهداری به‌صورت سالانه بازدهی ندارد. برای مثال لایروبی رسوبات در کانال‌های آبیاری و زهکشی در بسیاری از شبکه‌ها هر ۳ تا ۵ سال یک‌بار صورت می‌گیرد. زیرا، هم به‌لحاظ کارایی عملی و هم به‌جهت توجیه‌پذیری اقتصادی انجام این عملیات در هر ۳ تا ۵ سال مقرون به‌صرفه‌تر از انجام سالانه آن می‌باشد. بنابراین، به این دو دلیل (کمبود منابع و عدم توجیه اقتصادی)، بسیاری از نیازهای نگهداری فهرست‌شده و انجام آنها به آینده موکول

جدول ۸-۳ نمونه‌ای از یک کاربریک تکمیل‌شده‌ی دفتر نگهداری برای یک کانال درجه دو.

| هزینه (واحد پول) | کمیت | | | | اوزن | شرح نیاز نگهداری | مکان خرابی | موقعیت در شبکه (فاصله از مبدأ کانال ۳-۵ U) | |
|------------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|------------------|---|---|--|---------|
| | مساحت (مترمربع) | ضخامت (متر) | عرض (متر) | طول (متر) | | | | | |
| ۴۰ | | | | | ۱ | یاقالی مجده-افضل در بالادست سازه‌ی اندازه‌گیری | اندازه‌گیری دی بدون اتمل به‌سنجی صورت می‌گیرد | کانال سازه اندازه‌گیری درجه دو | ۴۸۰۰۰ |
| ۵۰۰۰ | ۱۲ | ۱۲۰ | ۱ | ۱۲۰ | معمیر پوشش کانال | تعمیر پوشش کانال | درز و ترک خوردگی پوشش کانال موجب افزایش تلفات آب شده و احتمال خرابی بیشتری وجود دارد. | هر دو طرف کانال | ۵۰+۵۰۴۰ |
| ۵۰۰ | | | | ۵۰ | یالا | جحفه و ریشه‌کشی نی‌ها | رشد نیزار در کناره سمت چپ موجب انحراف جریان به‌سمت دیگر شده است. | سمت چپ کانال | ۵۰+۲۰۰ |
| ۶۰۰ | | | | ۱۵۰ | یالا | جحفه گیاهان مزاحم در آغاز فصل بعدی | رویش گیاهان مزاحم در لبه خاکریز | هر دو طرف کانال | ۵۰+۲۰۰ |
| ۶۰۰ | ۴۳۵ | ۰.۳۰ | ۱۵ | ۸۰ | یالا | افزایش ارتفاع مزاحم در ۳۰ سانتی‌متر | ارتفاع کناره چپ کم شده و خطر لیزری شدن وجود دارد. | سازه انحراف واحد درجه سه | ۵۰+۵۵۰ |
| ۴۰۰ | | | | ۱ | یالا | نصب درجه جدید | سراسر صفحه و چارچوب درجه زنگ‌زده است | درجه واحد درجه سه | ۵۰+۶۰۰ |
| ۳۰۰ | | | | ۱ | یالا | تعویض محور و صفحه درجه | درجه قابل بهره‌برداری نیست | درجه واحد درجه سه | ۵۰+۸۰۰ |
| ۴۰۰ | ۶ | ۰.۲۰ | ۱ | ۳۰ | یالا | افزایش ارتفاع و تراکی خاکریز | کمانی ارتفاع کناره چپ کانال را در خطر سرریز شدن قرار داده است. | درجه سمت راست | ۵۰+۹۰۰ |
| ۸۰ | | | | ۱ | یالا | تعویض محور | درجه سمت راست قابل بهره‌برداری نمی‌باشد | درجه واحد درجه سه | ۱+۴۰۰ |
| ۱۲۰ | | | | ۱ | یالا | نیازمند چرخنده جدید | درجه سمت راست قابل بهره‌برداری نمی‌باشد | درجه واحد درجه سه | ۱+۴۰۰ |
| ۱۰۰۰ | ۱ | ۰.۵۰ | ۰.۱۰ | ۳۰ | معمیر پوشش کانال | تعمیر و مونت پوشش کانال | خرابی پوشش کانال (درز و ترک و سفوف) | هر دو طرف شیب | ۱+۲۵۰ |
| ۳۰۰۰ | ۲۳۵ | ۰.۳۰ | ۱۵ | ۵۰ | یالا | مرمت خاکریز با افزایش ارتفاع و تراکی آن | خرابی شدید خاکریز موجب سرریز شدن آب و هدررفت آن به چکه (leakage) آب از درزه‌های فلوم | خاکریز سمت چپ | ۱+۳۰۰ |
| ۰ | | | | | یالا | پایش مستمر وضعیت در صورت زیاد شدن چگن‌ها ترمیم فلوم | رویش شدید گیاهان آبی مزاحم | کانال زهکشی | ۱+۳۰۰ |
| ۱۰۰ | ۳ | ۰.۱۰ | ۰.۳۰ | ۱۰۰ | یالا | جحفه گیاهان مزاحم | رویش سنگین گیاهان مزاحم در لبه کانال | هر دو طرف کانال | ۱+۴۵۰ |
| ۲۰۰ | | | | ۲۰۰ | معمیر پوشش کانال | جحفه گیاهان مزاحم | رویش سنگین گیاهان مزاحم در لبه کانال | هر دو طرف کانال | ۱+۴۵۰ |
| ۱۲۸۳ | | | | | | | | | ۱+۷۰۰ |

هزینه کل

جدول ۴-۸ نمونه‌ای از اولویت‌های نگهداری

| اولویت | نوع | شرح |
|--------|--|--|
| ۱ | تأسیسات سراب (بند انحرافی، دهانه ایگرو...) | هرگونه اختلال در تأسیسات سراب بر سراسر شبکه تأثیر سوء می‌گذارد. با توجه به این اهمیت، اولویت تعمیرات این تأسیسات به‌ویژه دریچه‌های آن بسیار بالا است. |
| ۲ | نشست، برداشت غیرمجاز و سرریزی آب از کانال | عدم توجه به‌موقع به این مشکلات می‌تواند موجب تخریب خاکریزها شود که متعاقباً می‌تواند منجر به خسارات شدید مالی گردد. بنابراین این نوع مشکلات بایستی فوراً و قبل از وقوع خسارات بیشتر مرتفع گردند. |
| ۳ | دریچه‌ها و سازه‌های کنترلی | در صورت وقوع خرابی دریچه‌ها و سازه‌های کنترلی، تنظیم و مدیریت جریان در شبکه توزیع با مشکلات جدی روبه‌رو خواهد شد. |
| ۴ | تعمیرات بنایی | درز و ترک‌های دیواره‌های ساخته‌شده با مصالح ساختمانی بایستی به‌سرعت مرمت گردند زیرا نشست آب از این درز و ترک‌ها به زیرسازه می‌تواند منجر به‌وقوع piping، سپس ایجاد حفره در مجاورت سازه و نهایتاً تخریب سازه گردد. |
| ۵ | حفاظت خاکریزها | حفاظت از خاکریزها از چندین منظر بایستی مورد توجه قرار گیرد؛ (۱) فرسایش در اثر جریان آب در کانال، (۲) فرسایش خندقی و یا ایجاد حفره‌های بزرگ در نتیجه وجود نقاط پست بر روی خاکریزها و یا در نتیجه فعالیت جوندگان، (۳) باریک شدن خاکریز به‌واسطه فعالیت کشاورزان در نزدیکی آن، (۴) فرسایش در اثر تردد زیاد انسان و دام، (۵) تخریب خاکریز در نتیجه رشد درختان و بوته‌ها در نزدیکی و یا بر روی خاکریز خرابی/ازکارافتادگی این سازه منجر به وضعیت نامطلوب در توزیع و تحویل آب به زارعین می‌گردد. |
| ۶ | سازه‌های اندازه‌گیری | حذف لای و رسوب |
| * | لای و رسوب | حذف لای و رسوب در سایر موارد وقتی دارای اولویت خواهد بود که موجب افزایش عمق جریان و یا کاهش جدی ظرفیت انتقال آب کانال گشته باشد. |
| * | گیاهان مزاحم | حذف گیاهان مزاحم در مسیر کانال هرگاه موجب افزایش عمق جریان و یا کاهش جدی ظرفیت انتقال گردند ضروری است. حذف گیاهان از خاکریزها به دلایل مختلفی دارای اهمیت است از جمله؛ تضعیف تراکم خاکریز، جلوگیری از دسترسی و بازرسی و... حذف گیاهان مزاحم از درز و ترک‌های کانال‌ها و سازه‌ها و نیز حذف درختان و بوته‌های بزرگ از نزدیکی کانال‌ها و سازه‌ها ضروری است. |

* اولویت حذف لای و رسوب و گیاهان مزاحم از شبکه‌ای به شبکه دیگر متفاوت است. شدت وقوع اینگونه مشکلات نشانگر اهمیت آنها خواهد بود.

می‌گردد. سپس، این فهرست به‌صورت دوره‌ای (در فرایند نگهداری تأخیری) بررسی و براساس اهمیت، فوریت و وضعیت منابع مالی اولویت‌بندی می‌شوند. آن‌گاه طرح‌ریزی برای اجرای عملیات نگهداری متناسب با بودجه و منابع صورت می‌پذیرد. در جدول ۴-۸ نمونه‌ای از اولویت‌های نگهداری (براساس انواع اهمیت‌ها و فوریت‌ها) ارائه شده است. تنظیم یک قاعده فراگیر برای اولویت‌بندی نیازهای نگهداری تقریباً غیرممکن می‌باشد. لذا، تدوین چنین جداول راهنما توسط پرسنل باتجربه، برای هر شبکه آبیاری و زهکشی (حسب شرایط محلی) به‌عنوان مبنای اولویت‌بندی نیازهای نگهداری بسیار مفید است.

در هر شبکه با توجه به شرایط خاص / محلی آن، ممکن است اولویت‌بندی به‌شکلی متفاوت صورت پذیرد. جدول ۴-۸ برای یک شبکه فرضی و به‌عنوان مثالی آورده شده است. عوامل مؤثر بر تعیین اولویت‌ها را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی و تشریح نمود:

درجه اتوماسیون/ خود کارسازی شبکه: در شبکه‌های ساده معمولاً اهمیت سازه‌های انتقالی از اهمیت سازه‌های اندازه‌گیری بیشتر است. در صورتی که در شبکه‌های پیچیده‌تر، توزیع و تحویل آب نیازمند سازه‌های اندازه‌گیری است و از این رو این سازه‌ها از اولویت بالاتری برخوردار هستند. بنابراین، نگهداری به‌موقع از سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری و به‌ویژه از تجهیزات خود کارسازی ضروری می‌باشد.

عواقب تأخیر در تعمیر و رفع عیب: اولویت رسیدگی به آن دسته از نیازهای نگهداری که تأخیر در انجام آنها موجب افزایش ریسک آسیب‌پذیری شود، بالا است. مثال‌هایی از ریسک آسیب‌پذیری عبارتند از احتمال وقوع: گسترش سریع و شدید خرابی، از کارافتادگی بخش بزرگی از شبکه، و هرگونه موردی که تأخیر در عملیات نگهداری آن، موجب افزایش جدی هزینه‌ها شود. در هر سه مثال فوق، هزینه‌های ناکارآمدی کشاورزی فاریاب (به‌دلیل عدم دریافت به‌موقع و کافی آب) جزء هزینه‌های نگهداری محسوب می‌گردد.

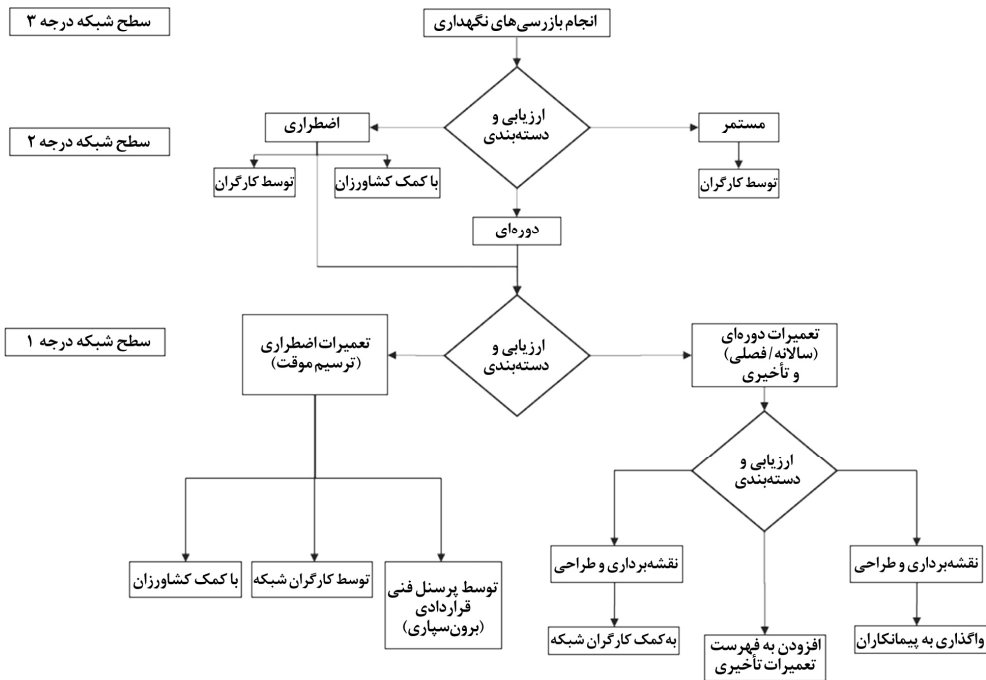
نشت آب از شبکه: اگر مقدار آب شبکه کم (مثلاً در دوره بیک نیاز آبی گیاه) و تلفات نشت آب قابل جبران نباشد؛ جلوگیری از این تلفات در اولویت است. برعکس، وقتی آب در شبکه به اندازه کافی در دسترس باشد، تلفات نشت از اهمیت کمتری برخوردار می‌شود. آب نشتی از شبکه، خود می‌تواند منجر به خطر ماندابی و شوری گردد. در این صورت، هزینه‌های آب تلف شده و نیز هزینه هرگونه خسارات بعدی جزء هزینه‌های نگهداری محسوب می‌گردد.

مساحت آبخور پایین دست نقطه خرابی: هرچه این مساحت بزرگتر باشد اولویت بالاتری به مرمت خرابی اختصاص می‌یابد.

صرفه اقتصادی: مقایسه مجموع خسارات خرابی‌ها (نیازهای نگهداری) از جمله عوامل تعیین اولویت می‌باشد. بدیهی است اولویت بالاتر نصیب مواردی می‌شود که ضریب بازگشت سرمایه بیشتری دارند. امکان ارجاع به فهرست تعمیرات تأخیری: در برخی موارد رسیدگی به نیازهای نگهداری می‌تواند با تأخیر صورت گیرد و لذا انجام آنها به آینده موکول می‌گردد.

شکل ۸-۸ یک نمونه از نمودار اولویت‌بندی و انتخاب نیازهای نگهداری را نمایش می‌دهد. چنین نموداری برای انتخاب و تخصیص نیازهای نگهداری بسیار مفید می‌باشد.

یکی از بخش‌های مهم طرح‌ریزی امور نگهداری، تدوین برنامه زمانی نیازهای نگهداری می‌باشد. براساس این برنامه زمانی بودجه سالانه امور نگهداری شبکه تنظیم می‌گردد. علاوه بر این، برای تنظیم بودجه نگهداری باید به نیازهای نگهداری برای یک دوره میان‌مدت تا بلندمدت (۵ تا ۲۰ سال) توجه گردد؛ این امر موجب اجتناب از نوسانات شدید هزینه‌های نگهداری از سالی به سال دیگر می‌شود. در واقع براساس تجارب (مشابه/ محلی)، بایستی تقویم نیازهای نگهداری تهیه گردد. چنین تقویمی، برنامه زمانی یک یا چندساله‌ای است که تکرار خواهد شد. برای مثال، هر ساله در آغاز فصل زمستان (طی آذرماه) درچه‌های فلزی برای پیشگیری از زنگ‌زدگی بایستی گریس کاری و یا رنگ شوند. مثال دیگر اینکه زهکش‌های



شکل ۸-۸ نمونه‌ای از نمودار اولویت‌بندی و انتخاب نیازهای نگهداری.

اصلی هر ۵ سال یک‌بار و طی تابستان بایستی لایروبی شوند. در این حالت، برای اجتناب از نوسانات شدید هزینه‌های نگهداری، می‌توان طی یک برنامه زمانی مشخص هر ساله بخشی از آن را به‌انجام رساند (مثلاً: به‌جای هر ۵ سال یک‌بار، هر سال یک پنجم).

جدول ۵-۸ نمونه برنامه زمانی به‌منظور پیش‌بینی هزینه مورد نیاز برای نگهداری از بازسازی شبکه را نشان می‌دهد؛ و توضیحات آن در ادامه می‌آید؛ مقرر است برای یک شبکه آبیاری و زهکشی به وسعت ۲۹۰۰۰ هکتار هزینه‌های MOM و بازسازی پیش‌بینی گشته و مبنای محاسبه‌ی پرده‌های آب‌بران شود (توضیح: هزینه‌های نگهداری شبکه اصلی را دولت به‌عنوان کمک بلاعوض برعهده دارد و هزینه‌های شبکه فرعی بایستی توسط آب‌بران تأدیه شود. از هزینه‌های بازسازی نیز ۵۰٪ برعهده دولت است).

در مطالعات انجام‌شده معلوم گشته است که هزینه بازسازی (تعویض و جایگزینی اجزای شبکه) در ۱۵ سال برابر با ۵۰۱۸۸۰۰۰ واحد پولی است که با توجه به مساحت شبکه، معادل ۱۷۳۱ واحد پولی در هکتار و برای هر سال ۱۱۵٫۴ $\left(\frac{۱۷۳۱}{۱۵} = ۱۱۵٫۴\right)$ واحد پولی برای هر هکتار است. جزئیات محاسبات در جدول آمده، که بر این اساس هزینه سالانه MOM معادل ۷۴ واحد پولی برای هر هکتار است. توجه شود که هزینه‌های نگهداری از مجموع هزینه‌های نگهداری سالانه، ۵ سالانه، ۱۵ سالانه، ۲۰ سالانه به‌دست آمده است، زیرا هر ساله بخشی از هر کدام از انواع نگهداری ۵، ۱۵ و ۲۰ ساله نیز انجام می‌گیرد. یعنی:

جدول ۵-۸ نمونه برنامه زمانی به منظور پیش‌بینی هزینه مورد نیاز برای نگهداری و بازسازی شبکه.

| شرح هزینه | کل هزینه سالانه (واحد پول) | هزینه هر هکتار (واحد پول برهکتار) | سالانه | ۵سالانه | ۱۵سالانه (واحد پول) | درصد از کل هزینه MOM |
|---|----------------------------|-----------------------------------|--------|---------|---------------------|----------------------|
| کانال‌های اصلی آبیاری و زهکشی | ۴۶۱۰۰۰ | ۱۵/۹ | ۱۹۳۰۰۰ | ۳۶۷۰۰۰ | ۲۶۷۴۰۰۰ | ۲۴/۸ |
| کانال‌های فرعی آبیاری و زهکشی | ۱۰۸۱۰۰۰ | ۳۷/۳ | ۶۹۱۰۰۰ | ۶۵۵۰۰۰ | ۳۶۷۰۰۰ | ۵۸/۲ |
| هزینه‌های نگهداری سالانه | | | | | | ۸۳ |
| بالاسری مدیریت شبکه اصلی | ۸۷۰۰۰ | ۳/۰ | | | | ۴/۷ |
| بالاسری مدیریت شبکه فرعی | ۷۰۰۰۰ | ۲/۴ | | | | ۳/۸ |
| هزینه‌های مدیریتی سالانه | | | | | | ۸/۵ |
| بهره‌برداری شبکه اصلی | ۸۷۰۰۰ | ۳/۰ | | | | ۴/۷ |
| بهره‌برداری شبکه فرعی | ۷۰۰۰۰ | ۲/۴ | | | | ۳/۸ |
| هزینه‌های بهره‌برداری سالانه | | | | | | ۸/۵ |
| مجموع هزینه سالانه (MOM) | ۱۸۵۶۰۰۰ | ۶۴/۰ | | | | ۱۰۰ |
| مالیات | ۲۸۹۰۰۰ | ۹/۹ | | | | |
| کل هزینه همراه با مالیات | ۲۱۴۵۰۰۰ | ۷۴/۰ | | | | |
| تجزیه هزینه‌ها به تفکیک اصلی (۱ و ۲) و فرعی (۳ و ۴) | | | | | | |
| کل هزینه MOM اصلی | ۶۳۵۰۰۰ | ۲۱/۹ | | | | ۳۴ |
| کل هزینه MOM فرعی | ۱۲۲۱۰۰۰ | ۴۲/۱ | | | | ۶۶ |

MOM: مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری

$$۱۹۳۰۰۰ + \frac{۳۶۷۰۰۰}{۵} + \frac{۲۶۷۴۰۰۰}{۱۵} + \frac{۳۱۶۰۰۰}{۲۰} = ۴۶۱۰۰۰$$

اکنون کل هزینه‌های سالانه شبکه برای هر هکتار از جمع دو مبلغ «MOM» و «بازسازی» به دست می‌آید ($۷۴ + ۱۱۵/۴ = ۱۸۹/۴$) که با احتساب هزینه‌های غیرقابل پیش‌بینی (برعهده کشاورزان) معادل ۲۰۰ واحد پولی برای هر هکتار در سال فرض می‌گردد. با توجه به اینکه سهم هزینه‌های نگهداری شبکه اصلی معادل ۳۴٪ است؛ یک کشاورز که دارای ۱۵ هکتار زمین در این شبکه باشد باید سالانه مبلغ ۱۷۵۷/۱ واحد پولی به عنوان پرده پرداخت نماید:

$$۱۵ \times [(۷۴ \times ۰/۶۶) + (۱۱۵/۴ \times ۰/۵) + ۱۰/۶] = ۱۷۵۷/۱$$

قرارداد نگهداری

زمانی که برای نیازهای نگهداری شناسایی شده و دارای اولویت بودجه تأمین باشد، کار بایستی به انجام رسد. اگر بنا نباشد که این امور توسط کارگران شبکه و یا آب‌بران انجام شود؛ برای برون‌سپاری قراردادی با یک پیمانکار به منظور انجام این امور بسته می‌شود. اسناد مناقصه به انضمام نقشه‌ها، فهرست مقادیر، مشخصات فنی و شرایط قرارداد (عمومی و خصوصی) تهیه شده و سپس از پیمانکاران دعوت به مناقصه می‌شود. به شیوه‌های مختلفی می‌توان پیمانکار شایسته را برگزید. برای این امر معیارهای متعددی می‌تواند به کار گرفته شود (ماشین‌آلات و تجهیزات پیمانکار، مهارت و تجربه نیروی انسانی، قدرت مالی، سوابق

اجرای شرکت، و ...).

برای تضمین انجام کامل و به‌موقع تعهدات توسط پیمانکار، در بندهایی از قرارداد جریمه‌های لازم در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، برخی شروط لازم که بایستی در طول اجرای پروژه توسط پیمانکار رعایت گردد بایستی در متن قرارداد گنجانده شود؛ مثلاً عدم قطع عرضه آب آبیاری به آب‌بران طی عملیات نگهداری، و یا خاتمه عملیات نگهداری قبل از شروع فصل آبیاری. به‌هرحال، عدم تأمین به‌اندازه و به‌موقع آب برای کشاورزان (به‌ویژه در آغاز فصل رشد) می‌تواند اثرات سوء مالی برای ایشان داشته باشد و اجتناب از آن ضروری است. بنابراین، در قرارداد باید جبران خسارات کشاورزان یا پرداخت غرامت به ایشان در نظر گرفته شود.

گاهی براساس یک چارچوب قرارداد بلندمدت، برخی موارد فنی امور نگهداری به‌صورت کلی به یک پیمانکار (برنده مناقصه) واجد شرایط واگذار می‌شود. به‌طوری‌که پیمانکار موظف می‌شود بر طبق قرارداد هر ساله کارهای معینی را (با کیفیت مشخص و در زمان مقرر) انجام دهد. چنین قراردادهایی برای چندین سال بسته می‌شوند و به مدیران شبکه اجازه می‌دهد تا هزینه‌های مربوطه را به‌راحتی در بودجه درج نمایند؛ مزیت دیگر این نوع قرارداد امکان ارتباط با پیمانکار در صورت لزوم و یا در مواقع اضطراری می‌باشد.

به‌طور فزاینده‌ای در بسیاری از کشورها برای انجام امور فنی - ساختمانی نگهداری به پیمانکاران خصوصی رجوع می‌شود. این امر موجب تقویت بخش خصوصی و توسعه ظرفیت اجرایی فنی - ساختمانی منطقه (شهرستان، استان، ...) می‌گردد. رشد تدریجی بخش خصوصی موجب آزادسازی بخش دولتی در این امور می‌شود. ضمن اینکه، برگزاری فرایند مناقصه به‌صورت شفاف، عادلانه و رقابتی می‌تواند منافع مالی خوبی را در بر داشته باشد. البته، سطح برون‌سپاری تابعی از اندازه شبکه و شرایط محلی (مانند: دسترسی به نیروهای ماهر فنی) می‌باشد.

اجرا و نظارت بر نگهداری

زمانی که عملیات نگهداری توسط کارگران و/یا پیمانکاران در جریان می‌باشد وجود نظارتی دقیق بر آن ضروری است. بهتر آن است که همه‌ی افراد مرتبط در فرایند نظارت درگیر شوند؛ برای مثال: در صورتی که عملیات در سطح مزارع صورت گیرد، کشاورزان باید نظارت دقیقی بر امور داشته باشند و یا به‌صورتی سازمان‌یافته‌تر ممکن است ناظران منتخب انجمن آب‌بران باشند. اما هرگاه عملیات نگهداری در سطح شبکه اصلی باشد، کشاورزان بایستی نسبت به آن مطلع شده و توجیه شده باشند، و علاقه‌مندی ایشان نسبت به اجرای درست و استاندارد عملیات نگهداری جلب گردد. گستردگی و پیچیدگی عملیات نگهداری نیز در تعیین ناظران و نقش ایشان بسیار مؤثر است. کشاورزان می‌توانند بر برخی امور کوچک و ساده نظارت هر روزه داشته باشند. درحالی‌که، برای امور پیچیده‌تر معمولاً مهندس متخصص را به‌عنوان

مسئول نظارت می‌گمارند. عملیات نگهداری گسترده و پیچیده، نیاز به کار تمام وقت ناظرانی متخصص دارد. نقش اصلی پرسنل نظارتی، حصول اطمینان از انجام درست و به‌موقع کارها است و به‌ازای کار انجام‌شده، پرداخت حق‌الزحمه پیمانکاران را رد، تعدیل یا تأیید می‌کنند. جزئیات کنترل و اندازه‌گیری کارها و نیز فرایند پرداخت‌ها باید به‌وضوح در قرارداد مشخص شوند.

تنظیم زمان اجرای عملیات نگهداری مهم می‌باشد. ملاحظات مهمی که باید بدانها توجه نمود عبارتند از (گرچه محدود به این موارد نیست):

دوره رشد: در صورت امکان، عملیات ساخت/نگهداری در فصل آبیاری صورت نگیرد. در صورتی که ممکن نباشد (مثلاً در صورت کوتاه بودن فاصله بین دوره‌های رشد)، باید ضمن هماهنگی با کشاورزان، اثرات سوء ناشی از اختلالات عملیات ساخت/نگهداری را به حداقل رساند.

شرایط آب‌وهوایی: بهتر است که از شرایط بد آب‌وهوایی اجتناب گردد. برای مثال، در زمان بارندگی دسترسی به محل اجرای عملیات دشوار است، و یا در زمستان بتن تازه ریخته‌شده ممکن است با انجماد و یخ‌زدگی خراب شود.

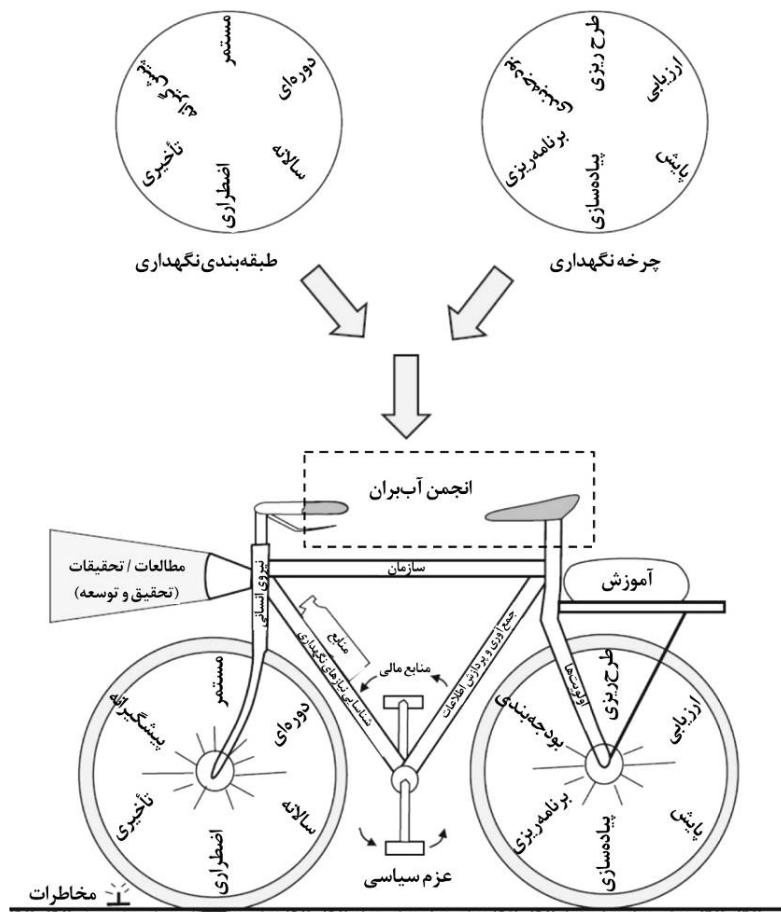
در دسترس بودن نیروی کارگری: در صورتی که نیروی کار از جوامع محلی (عمدتاً کشاورزان) تأمین می‌گردد، لازم است زمان «اجرای عملیات» برخوردی با «زمان حداکثر نیاز مزارع به کارگر» نداشته باشد.

کنترل و پرداخت هزینه‌ها

پس از اتمام هر قسمت/بخش از پروژه باید کارهای اتمام‌یافته مورد کنترل قرار گیرند و انطباق آنها با قرارداد بررسی شود. این کنترل در واقع بازرسی نهایی پس از اتمام هر کار می‌باشد؛ و سپس حساب پیمانکار تا این مرحله تسویه می‌شود. یک روند جاری در دنیا درگیر شدن روزافزون آب‌بران در شناسایی نیازهای نگهداری شبکه اصلی و همچنین کنترل انجام عملیات نگهداری است. این درگیر شدن باعث افزایش درک آب‌بران از مسائل اجرایی و مالی شبکه می‌شود و خواهند دانست که چگونه، کجا و چرا پردازش‌های پرداختی ایشان صرف می‌گردد. در نتیجه، مدیریت شبکه هرچه بیشتر به شفاف‌سازی امور و پاسخگویی خواهد پرداخت.

مستندسازی

زیربنای بهبود مدیریت نگهداری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، عبرت‌گیری از تجارب گذشته می‌باشد. لذا، ثبت روند و جزئیات (هزینه، پیمانکار، ...) انجام کارهای فنی - ساختمانی شبکه و بایگانی این گزارش‌ها ضروری بوده و برای اتخاذ تصمیم در تعمیرات بعدی مورد نیاز است. برای مثال، تصمیم در مورد اینکه یک قطعه/وسیله تعویض یا تعمیر شود و نیز تصمیم در خصوص واگذاری مجدد کار به یک



شکل ۹-۸ دوچرخه نگهداری؛ نمایش تمثیلی چارچوب مدیریت نگهداری (تحت نظر انجمن آبران).

پیمانکار براساس این مستندات اتخاذ می‌گردد. اگرچه، دفتر ثبت نیازهای نگهداری باید همه این داده‌ها را نشان دهد؛ اما در عمل بازیابی اطلاعات به این روش سخت و زمان‌بر است. تشکیل یک پایگاه داده براساس این اطلاعات، در آینده کمک قابل توجهی به طرح‌ریزی و بودجه‌بندی نیازهای نگهداری می‌نماید.

جمع‌بندی

شکل ۹-۸ سیستم نگهداری را در قالب یک دوچرخه نشان می‌دهد. بدنه دوچرخه، اجزاء مربوط به مدیریت نگهداری را به هم مربوط می‌سازد. این بدنه مثلی، ارتباط‌دهنده فرایندهای اصلی (در نگهداری) با چارچوب سازمانی است. هدایت دوچرخه بر عهده انجمن آبران می‌باشد. «عزم سیاسی» و «منابع مالی» در واقع عوامل محرک سیستم نگهداری هستند. اما حرکت سیستم نگهداری بر چرخ‌های دوچرخه، یعنی «چرخه نگهداری» و «اقدامات نگهداری»، استوار است. برای شناسایی مشکلات، مخاطرات و موانع

(مخاطرات طبیعی، ...) در مسیر برنامه‌های آبی، لاجرم بایستی از طریق مطالعه و پژوهش اقدام نمود. در این صورت، اجتناب از خطرات طبیعی و موانع دیگر (و یا کاهش اثرات آن‌ها) ممکن می‌گردد. ارتباط چرخ جلو با بدنه از طریق «نیروی انسانی» و برای چرخ عقب از طریق «فهرست اولویت‌های نگهداری» برقرار می‌شود. در کنار همه اینها، وجود «منابع» در دسترس و یا ذخیره (مالی، انسانی، تجهیزات، ...) توان سیستم برای ادامه ارائه خدمات را تأمین می‌کند. آموزش، اگرچه عاملی اصلی در پیشبرد امور جاری در سیستم نگهداری به حساب نمی‌آید؛ اما در درازمدت می‌تواند سبب ارتقاء بهره‌وری سیستم نگهداری و همچنین موجب رضایت کشاورزان باشد.

ماشین‌آلات و تجهیزات نگهداری

فهرست مهمترین ماشین‌آلات و تجهیزات نگهداری شبکه در جدول ۶-۸ به همراه مختصر توضیحاتی آورده شده است.

یکی از مهمترین ارکان نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، شناخت اموال و دارایی‌ها و حفاظت آنها می‌باشد، که به آن «مدیریت اموال» گفته می‌شود. اصطلاح مدیریت اموال ریشه در بخش تجاری و مالی داشته و در گذشته برای مدیریت دارایی‌های شرکت‌های تجاری به کار می‌رفته است. امروزه، اما، برای سایر دارایی‌های ارزشمند، مانند زیرساخت‌های مهندسی (جاده‌ها، راه‌آهن‌ها، پل‌ها، لوله‌های انتقال آب، کانال‌ها و زهکش‌ها) نیز به کار می‌رود. در واقع، ایجاد زیرساخت‌های مهندسی نیازمند سرمایه‌گذاری است؛ و از این رو این تأسیسات/سازه‌ها دارای ارزش مالی می‌گردند. البته، درجه سودمندی و اهمیت زیرساخت‌ها (مثلاً: کانال‌های آبیاری و زهکشی)، نیز در تعیین دقیق این ارزش مالی مؤثر است. این نکته، یک اصل اساسی در مدیریت اموال است.

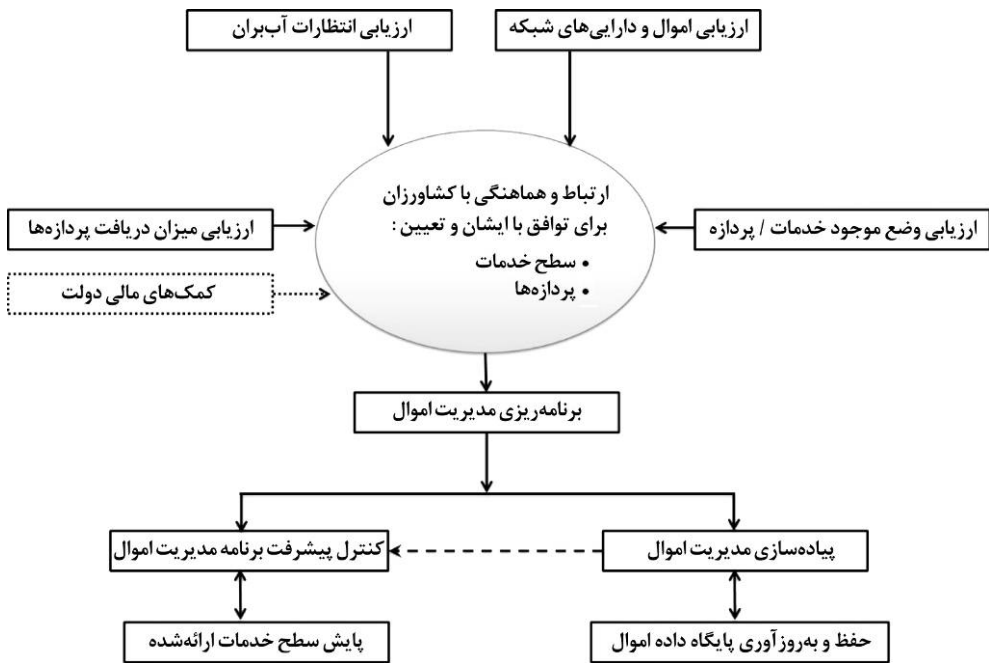
بدیهی است حفظ این اموال و دارایی‌ها و بهبود عملکردشان موجب ارتقاء منافع مالی شبکه می‌شود. بنابراین، مدیریت اموال را می‌توان چنین تعریف نمود: فرایندی «ساختارمند و قابل رسیدگی/حسابرسی» با هدف «پایش سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده برای زیرساخت‌ها» به منظور بهره‌مندی «پایدار» و «رضایت‌بخش» ذینفعان از منافع سرمایه‌گذاری.

مدیریت اموال از طرح‌ریزی آغاز می‌گردد. هدف این مرحله شناسایی دارایی‌ها و اموال (کانال‌ها، زهکش‌ها، سازه‌ها، جاده‌ها، ساختمان‌ها و...) و نیز ارزیابی وضعیت و کارایی آنها در شرایط موجود است. این ارزیابی، میزان سرمایه‌گذاری لازم برای عملکرد شبکه را در دو حالت معلوم می‌سازد: (۱) حفظ شرایط موجود؛ یا (۲) بهبود و توسعه شرایط. در واقع «طرح‌ریزی مدیریت اموال» هسته‌ی «طرح‌ریزی سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت» در زیرساخت‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد. زیرا، «طرح‌ریزی مدیریت اموال» به دنبال شناسایی نقطه تعادل بهینه میان «سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری» با هدف دستیابی به سطح معینی از کارایی شبکه است.

جدول ۶-۸ ماشین‌آلات و تجهیزات نگهداری شبکه به‌همراه شرح مختصری از کاربرد آنها.

| وسیله | کاربرد |
|---|---|
| دراگ‌لاین (لای‌روب) (Dragline) | ماشینی زنجیری بوده که پاک‌سازی علف‌های مزاحم و لایروبی کانال‌ها در مقاطع عرض استفاده می‌شود. همچنین برای رفع/حذف رسوبات در بالادست ایستگاه پمپاژ به‌کار گرفته می‌شود. کارایی و اثربخشی آن در کانال‌های کوچک بسیار کاهش می‌یابد، بهتر است در این حالت از بیل‌های مکانیکی استفاده شود. |
| بیل مکانیکی (Excavators) | مرسوم‌ترین نوع ماشین خاک‌ورزی است که در شبکه‌های آبیاری و زهکشی استفاده می‌شود. انواع زنجیری و چرخ‌دار آن موجود است. برای عملیات متعددی از جمله حذف گیاهان مزاحم و رسوبات از کانال‌های آبیاری و زهکشی استفاده می‌شود. |
| بیل نصب‌شده در عقب تراکتور (Backhoe) | وسیل‌های است که در سطح شبکه‌های درجه ۳ و ۴ کاربرد فراوانی در عملیات نگهداری دارد. مزیت بسیار بزرگ این ماشین کوچک بودن آن و آسانی جابجایی آن می‌باشد. |
| لایروب (dredger) | نوعی لایروب که برای حذف لای و رسوب کانال‌های آبیاری و زهکشی استفاده می‌شود اما در برخی موارد وسیله‌ای مناسب برای لایروبی رودخانه‌ها می‌باشد. |
| بولدوزر (Bulldozer) | وسیله‌ای مناسب برای بریدن و صاف کردن بقایای لایروبی و یا انجام عملیات سخت خاک‌ورزی است. |
| اسکرپر (scraper) | وسیله‌ای با کارایی بالا در عملیات تسطیح که قدرت جابجایی مقادیر بزرگ خاک در فواصل نزدیک را داراست. در صورتی که به نیروی بیشتری برای کار نیاز داشته باشد می‌توان آنرا با یک بولدوزر حمایت نمود. |
| دامپر (tripper) | وسیله‌ای برای جابجایی خاک حفاری شده یا لایروبی شده در فواصل کوتاه است. همچنین برای انتقال خاک به‌منظورهای دیگر نیز در فواصل کوتاه استفاده می‌شود. |
| غلتک (لاستیکی/پاچه‌بزی) (Roller-sheep foot vibrating) | غلتک‌ها برای ایجاد تراکم بیشتر خاک به‌کار می‌روند. معمولاً قبل از کوبیدن خاک بایستی ماشین آپباش رطوبت خاک را به حد مطلوب برساند. |
| آپباش (Water bower) | عمده‌ترین مصرف این نوع ماشین، آپباشی خاک‌ها برای ایجاد رطوبت بهینه قبل از عملیات غلتک‌زنی است. |
| گریدر (grader) | برای تراز نمودن سطح جاده‌ها و خاکریزها به‌کار می‌رود. |
| لودر (loader) | برای بارزدن کامیون‌ها و یا جابجایی خاک استفاده می‌شود. |
| تجهیزات نصب‌شده بر تراکتور | تجهیزات بسیار زیادی بر روی تراکتور قابل نصب می‌باشند از جمله علف‌زن (mower)، پمپ آب، تانکر، backhoe. این نوع استفاده از تراکتور در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بسیار مفید است، زیرا از تراکتور به‌عنوان وسیله‌ای چندگانه (با وظایف مختلف) استفاده می‌گردد. |
| تراکتور و زنجیر | برای حذف علف‌های مزاحم در مسیر کانال‌های آبیاری و زهکشی دو تراکتور همزمان و هماهنگ در دو طرف کانال حرکت می‌کنند در حالی که دو انتهای یک زنجیر بسیار ضخیم و سنگین که در کف کانال کشیده می‌شود و به آن دو بسته شده است. این روش صرفاً در نبود سایر ماشین‌های لای‌روبی (دراگ‌لاین/ بیل مکانیکی) توصیه می‌گردد. |
| تریلر تخت (Flat-bed loader) | برای جابجایی و حمل ماشین‌آلات زنجیری مانند بولدوزر یا دراگ‌لاین استفاده می‌شود. |
| نهرکن (Ditcher) | برای ایجاد نهرهای کوچک خاکی در مزرعه، معمولاً به‌دنبال یک تراکتور قوی متصل می‌شود. |
| بونکر (Concrete mixer) | برای عملیات بتنی ضروری است. انواع کوچک و بزرگ دارد که همگی قابل جابجایی هستند. |
| ویبراتور بتن (Concrete vibrator) | وسیله‌ای ضروری که به‌ویژه برای عملیات بتنی وجود آن بسیار مهم است. |
| کمپکتور دستی (Hand-moved soil) | برای متراکم کردن خاک به‌ویژه در اطراف سازه‌ها به‌کار می‌رود. در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایجاد تراکم خاک کافی در بسیاری از نقاط شبکه ضروری است که غفلت از آن موجب خرابی‌های جدی می‌شود. |

شکل ۱۰-۸ فرایندهای لازم برای شناسایی سطح خدمات عرضه‌شده، کمی نمودن توانایی آب‌بران برای پرداخت پردازده‌ها، شناسایی شرایط و عملکرد دارایی‌ها (کانال، زهکش‌ها، سازه‌ها، جاده‌ها و...) و کمی نمودن میزان سرمایه‌گذاری و هزینه مورد نیاز برای نگهداری، توسعه و یا گسترش دارایی برای تأمین سطح مشخصی از عرضه خدمات را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۸ چارچوب مدیریت اموال و هزینه‌های تملک سرمایه برای زیرساخت‌های شبکه.

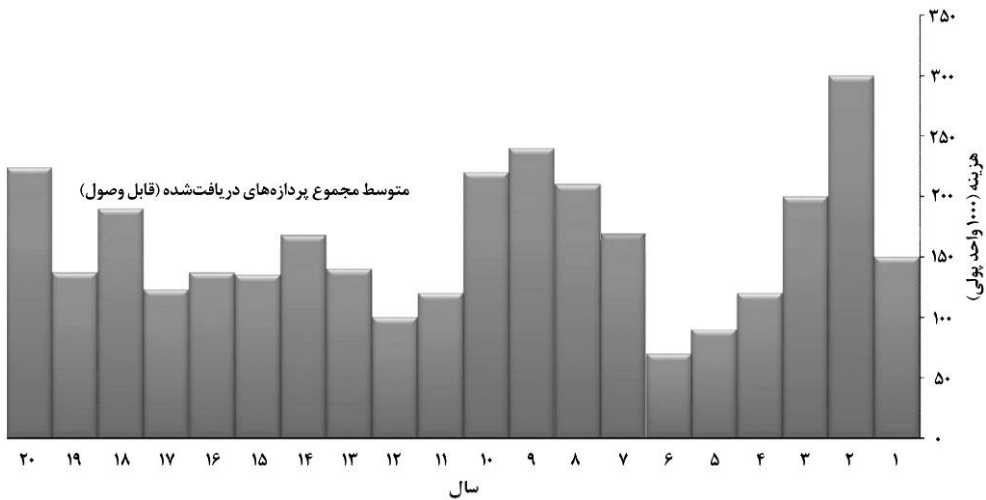
در اینجا، برای درک بهتر مفهوم «مدیریت اموال» از یک مثال استفاده می‌شود. یک مجموعه مسکونی دارای ۳۰ دستگاه آپارتمان است؛ که شامل انواع زیر می‌باشد: ۱۰ آپارتمان A (۴ اتاق خوابه)، ۱۰ آپارتمان B (۳ اتاق خوابه)، ۱۰ آپارتمان C (۲ اتاق خوابه). پرداخته (شارژ) ماهانه هر یک از واحدهای A و B و C به ترتیب برابر ۵۰۰، ۴۰۰ و ۲۵۰ واحد پولی است. انواع نیازهای نگهداری این آپارتمان‌ها دارای دوره‌های زمانی مختلفی است؛ برای مثال؛ مرمت نمای بیرون هر ۵ سال، مرمت دیوارهای داخلی خانه هر ۱۰ سال، و تعویض سیم‌های برق هر ۲۰ سال بایستی به‌انجام رسند. اصل اساسی مدیریت نگهداری این است که درآمد حاصل از پرداخته‌ها نه تنها باید هزینه‌های مرمت و تعویض را پوشش دهد، بلکه باید هزینه‌های بالاسری (مانند هزینه‌های مدیریتی) را نیز تأمین نماید. همچنین ممکن است تصمیم گرفته‌شود عملیات توسعه (مثلاً: افزودن آسانسور) یا نوسازی (تعمیرات اساسی) در این مجموعه به انجام رسد. بدیهی است منابع مالی چنین عملیاتی نیز از پرداخته‌های جمع‌آوری شده از ساکنان تأمین خواهد شد. یعنی، افزایش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، افزایش میزان پرداخته ساکنان را در پی خواهد داشت. مسلماً، ساکنان انتظار دارند تا پس از پرداخت و جوه بیشتر، از منافع بیشتری نیز بهره‌مند شوند. در واقع از دیدگاه ساکنان، پرداخت و جوه بیشتر نوعی سرمایه‌گذاری برای دستیابی به رفاه/ امکانات بیشتر می‌باشد. در هر حال، «میزان هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری» با «سطح منافع حاصله (رفاه و امکانات)» رابطه‌ای مستقیم داشته که براساس توافق ساکنان و مدیران مجموعه تعیین می‌گردد.

همانند مثال فوق، روند مشابهی را می‌توان برای یک شبکه آبیاری و زهکشی و زیرساخت‌های آن نیز در نظر گرفت. در اینجا نیز رابطه «هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری» با «منافع حاصله (رفاه و امکانات)» وجود دارد و مبنای امور نگهداری است. شکل ۱۰-۸ نشان‌دهنده چارچوب «مدیریت اموال و هزینه‌های تملک سرمایه برای زیرساخت‌ها» است. با توجه به این شکل ابتدا، به چند پرسش بایستی پاسخ داده شود تا سپس بتوان نقطه توافق میان «آب‌بران» و «مدیریت شبکه» را تعیین نمود؛ این چند پرسش عبارتند از:

| | |
|---|--|
| چه داریم؟ (ارزیابی اموال و دارایی‌های شبکه) | اولین و شاید مهمترین نکته در مدیریت اموال آن است که بایگانی دقیقی از زیرساخت‌های مهندسی ایجاد و همواره به‌روز گردد. ابعاد و موقعیت زیرساخت‌ها جزئی از اطلاعات مندرج در چنین پایگاه داده‌ای است. |
| سطح خدمات و مبالغ پرداخته‌ها چیست؟ (ارزیابی وضع موجود خدمات/پردازه‌ها) | اینک باید وضعیت جاری (کارایی کارکرد) این زیرساخت‌ها معلوم شود. ممکن است برخی از اموال تا حد زیادی ناکارآمد شده باشند. |
| چه می‌خواهیم؟ (ارزیابی انتظارات آب‌بران) | از آنجاکه تأمین منابع مالی (یا حداقل بخشی از آن) بر عهده کشاورزان است، سفارش هرگونه عملیات نگهداری/نوسازی/توسعه نیز بایستی توسط آنان داده شود. بنابراین، باید انتظار ایشان (انجمن آب‌بران) از شبکه در رابطه با سطح خدمات معلوم گردد. |
| توان مالی کشاورزان چیست؟ (ارزیابی میزان دریافت پرداخته‌ها) | صرفاً معلوم شدن خواسته کشاورزان کافی نیست. بلکه باید توان پرداخت هزینه‌های آنچه را می‌خواهند نیز داشته باشند. |

پاسخ به دو پرسش اول، وضعیت فیزیکی شبکه و توان ارائه خدمات توسط شبکه به آب‌بران را معلوم خواهد ساخت. همچنین، پاسخ به دو پرسش آخر، وضعیت ذهنی و مالی آب‌بران را معلوم خواهد نمود. اکنون در جلسات گفتگو (با کشاورزان) سطح خدمات شبکه و نیز سطح مبالغ پرداخته‌ها مشخص شده و مورد توافق قرار می‌گیرند.

معمولاً در ارزیابی کارایی، زیرساخت‌ها براساس وضعیت فیزیکی‌شان در فراهم نمودن خدمات (تحویل آب متناسب با تقاضای آب‌بران) طبقه‌بندی می‌شوند. برآورد مبالغ پرداخته‌ها، نیازمند محاسبه «هزینه مورد نیاز نگهداری سیستم» برای بهره‌برداری مستمر از آن است. سپس، مبالغ پرداخته‌ها از تقسیم این نیاز مالی بین آب‌بران به دست می‌آید. اگر سرمایه‌گذاری بیشتری به منظور نوسازی/توسعه شبکه آبیاری و زهکشی نیاز باشد، مبالغ پرداخته‌ها بایستی به تناسب تغییر نماید تا منابع مالی لازم فراهم گردد. مسلماً این سرمایه‌گذاری باید بر سطح عرضه خدمات شبکه تأثیر مطلوب گذارد. برای مثال، انجمن آب‌بران و مدیریت شبکه توافق نموده‌اند تا وضعیت بهره‌برداری دریاچه‌ها را از حالت دستی به حالت خودکار و توزیع آب را از حالت سنتی (چرخشی) به توزیع حسب تقاضا تغییر دهند. انتظار آن است که این تغییر موجب تطبیق بهتر عرضه و تقاضا گردد و لذا تولیدات کشاورزی افزایش یابد. هزینه زیادی برای برداشتن و یا تعویض سازه‌های کنترلی وجود خواهد داشت. اما، بخشی از این هزینه‌ها با کاهش هزینه روزانه بهره‌برداری (بر اثر کاهش نیروی کارگری) جبران می‌شود؛ حتی ممکن است در درازمدت هزینه‌های شبکه کاهش یابد. روش صحیح، تحلیل اقتصادی هزینه‌های سرمایه‌گذاری (افزایش پرداخته‌ها) و کاهش پرداخته‌ها پس از پایان عملیات نوسازی/توسعه برای یک دوره زمانی ۱۰ تا ۲۰ ساله است. به‌طور کلی (براساس چارچوب ارائه‌شده در شکل ۱۰-۸) برای هر شبکه، اندرکنش «وضعیت اموال»،



شکل ۸-۱۱ MOM یک شبکه در طی یک دوره ۲۰ ساله.

«کارایی آنها»، «سطح فعلی خدمات» و «سطح مورد نظر خدمات»، در برنامه مدیریت اموال ملاحظه شده و با جریان سرمایه‌گذاری در طول دوره نگهداری مرتبط می‌شوند. مبالغ پروژه‌ها معمولاً براساس مجموع هزینه‌های سالانه MOM شبکه طی یک دوره بلندمدت (شکل ۸-۱۱) تعیین می‌گردد. آنگاه، سطح این مبالغ با سطح توانایی پرداخت پروژه‌ها توسط آب‌بران مقایسه می‌شود. در صورتی که توانایی آب‌بران برای تأمین هزینه‌های نوسازی / توسعه ناکافی باشد، هدف نوسازی / توسعه باید به سطحی قابل دستیابی تعدیل یابد. در واقع طی یک فرایند سعی و خطا و در جلسات گفتگو (با کشاورزان) سطح خدمات شبکه و نیز سطح مبالغ پروژه‌ها مورد توافق نهایی قرار می‌گیرند.

اکنون، برنامه نهایی بلندمدت (مثلاً ۲۰ ساله) مدیریت اموال آماده می‌شود؛ سپس این برنامه به «برنامه اقدام»های (Action plan) کوتاه‌مدت تری (اغلب ۵ ساله) تقسیم می‌شود. اولین برنامه اقدام، بلافاصله (برای سال ۱ تا سال ۵) تهیه و به اجرا گذاشته می‌شود. در طی دوره پیاده‌سازی برنامه اقدام، بایگانی و «پایگاه داده» اموال مرتباً به‌روز شده و پیشرفت برنامه MOM پایش و گزارش می‌شود. همچنین، اثربخشی اقدامات انجام‌شده با اندازه‌گیری / پایش سطح خدمات شبکه مرتباً کنترل می‌گردد. مسلماً انتظار می‌رود نتایج پایش بهبود سطح خدمات را نشان دهد.

در مدیریت اموال، ارزش اموال براساس سرمایه‌گذاری اولیه، تحلیل اقتصادی، و طول عمر زیرساخت‌ها مرتباً به‌روز می‌گردد. لذا، داده‌های آن می‌تواند توسط مالکان و مدیران زیرساخت‌ها به‌عنوان بخشی از فرایند ارزیابی / پایش زیرساخت‌ها مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌تواند توسط مقامات دولتی برای ارزش‌گذاری بر دارایی‌های عمومی در زمان فروش / واگذاری به نهاد غیردولتی به کار گرفته شود. البته، برخی از زیرساخت‌ها (مانند: عرضه آب آبیاری، تأمین آب شرب و بهداشتی و...) عملکردی

انحصاری (بدون جایگزین) دارند. دولت موظف به مدیریت مناسب و تضمین پایداری عملکرد این زیرساخت‌ها در طول زمان می‌باشد. ناکارآمدی دولت و عدم سرمایه‌گذاری کافی برای نگهداری صحیح از آنها، موجب کاهش ارزش این زیرساخت‌ها و نهایتاً ناکارآمدی سیستم در درازمدت خواهد شد. یکی از مهمترین کاربردهای مدیریت اموال در فرایند انتقال بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری و زهکشی به «انجمن آب‌بران» می‌باشد. به کار بردن روش‌های مدیریت اموال در مرحله انتقال می‌تواند فواید مهمی را در بر داشته باشد. برخی از این فواید عبارتند از: (۱) شناسایی و حسابرسی از تمام دارایی‌ها/ زیرساخت‌ها؛ (۲) شناسایی «سطح دلخواه خدمات» از دیدگاه آب‌بران؛ (۳) برآورد دقیق «هزینه نگهداری شبکه» تحت شرایط (سطح خدمات) موجود و براساس تحلیل‌های اقتصادی بلندمدت؛ و (۴) ایجاد درک برای آب‌بران از رابطه بین «شرایط زیرساخت‌ها» و «عملکرد شبکه»، و نیز رابطه میان «توسعه زیرساخت‌ها/ اموال» و «مبالغ پرداخته‌ها» و «سطح ارائه خدمات».

باید متذکر شد که «مدیریت اموال» یک ابزار است. اینکه این وسیله چگونه استفاده شود و یا چقدر مؤثر باشد، بستگی به عوامل زیادی دارد. اگر مدیریت و کنترل مالی و بودجه‌بندی ضعیف باشد، مدیریت اموال نیز به درستی صورت نمی‌گیرد. در صورتی که مدیریت اموال به درستی پیاده‌سازی شود، مشکلاتی که موجب کاهش عملکرد زیرساخت‌ها می‌گردند مشخص می‌شوند. لذا، تدوین برنامه‌های اثربخش برای رفع این مشکلات، در چارچوب توانایی آب‌بران برای پرداخت پرداخته‌ها و تمایل ایشان به سطح خدمات معین، ممکن خواهد شد.

برای بهبود مستمر وضع شبکه، و ارتقاء رفاه کشاورزان، پیاده‌سازی «مدیریت اموال» ضروری است. در جدول ۷-۸ اثر مدیریت اموال بر رشد درآمد کشاورزان نشان داده شده است. این جدول رابطه میان «سطح سرمایه‌گذاری»، «سیستم کنترلی شبکه»، «سطح خدمات»، «نیازهای بهره‌برداری و نگهداری» و «هزینه‌ها» با «سطح درآمد کشاورزان» را تشریح نموده است. عبارت «پتانسیل سطح خدمات» رابطه نزدیک بین «زیرساخت‌های کنترلی» و «قابلیت مدیریت شبکه» را نشان می‌دهد.

فرایند مدیریت اموال

ارزیابی اموال و دارایی‌های شبکه

نقطه شروع طرح‌ریزی مدیریت اموال، ارزیابی اموال و دارایی‌ها می‌باشد. ارزیابی اموال به صورت زیر در ۸ مرحله به انجام می‌رسد:

- طبقه‌بندی اجزای شبکه یا تعیین انواع زیرساخت‌ها (کانال، تنظیم‌کننده بارآبی، دریچه و...)
- بررسی میزان اموال موجود (چه تعداد و در چه طبقه‌ای)؛
- اندازه زیرساخت‌ها (به منظور تسهیل کار، اندازه‌ها می‌توانند گروه‌بندی شوند)؛

جدول ۷-۸. رابطه میان «سطح سرمایه‌گذاری»، «سیستم کنترلی شبکه»، «سطح خدمات»، «بازارهای بهره‌برداری و نگهداری» و «هزینه‌ها» یا «پتانسیل سطح درآمد کشاورزان».

| ردیف | سیستم کنترلی کانال | برنامه زمانی توزیع آبیاری | پتانسیل سطح خدمات | شرح نیروی کاری | شرح هزینه‌های سیستم بهره‌برداری و نگهداری | سرمایه مورد نیاز | نسبت هزینه MOM | پتانسیل درآمد کشاورزان |
|------|--|------------------------------|--|---|--|---------------------|-------------------|------------------------------|
| ۱ | سیستم کنترلی کاملاً خودکار حسب نیاز، کاملاً اطلاق پذیر نسبت به تقاضای کشاورزان | تفاهات | خوبی بالا، بهره‌وری بسیار بالا، آب | نیاز کارگری کم، ولی نیازمند کارگران یا مهارت بالا | هزینه جاری پایین، اما در صورت وقوع برخی خرابی‌ها هزینه‌ی بالا بدین معنی وارد هزینه سرمایه‌گذاری اولیه می‌گردد. | بالا | ۷ | بالا |
| ۲ | کنترل دستی یا برخی کنترل‌های خودکار در نقاط کلیدی شبکه، منجر به اندازه‌گیری دستی در مقسموها و تقاطع تحویل آب | توافقی | بالا، پاسخگو به درخواست کشاورزان (بازرسان) نظارت قوی میان کشاورزان و مدیریت شبکه است | نیاز کارگری زیاد (به دلیل کنترل دستی جوان و نیاز به اندازه‌گیری دستی که دائماً براساس تقاضای کشاورزان تغییر می‌کند) | هزینه جاری بالا، به دلیل نیاز کارگری بالا و نیز هزینه نگهداری بالا از درجه‌ها برای نگهداری سازه‌های کنترلی | نسبتاً بالا | ۸ | خوب |
| ۳ | کنترل کاملاً دستی به همراه اندازه‌گیری (براساس ترکیب مقسموها) | عرضه | مؤسسه، عرضه آب توسط شبکه و براساس ترکیب مقسموها (درجه‌ها کشاورزان) | نیاز کارگری متوسط (برنامه توزیع آب از قبل معلوم است) | هزینه جاری متوسط، به دلیل نیاز کارگری پایین و نیز هزینه نگهداری بالا برای نگهداری سازه‌های کنترلی | متوسط | ۵ | متوسط |
| ۴ | کنترل دستی در تقاطع اصلی و در شبکه‌های با رتبه پایین تر بدون درجه و یا با مقسموها دستی (زبون اندازه‌گیری دستی) | عرضه | مؤسسه، غیرپاسخگو به تقاضای کشاورزان، دارای کنترل محدود بر توزیع آب | نیاز کارگری متوسط تا کم | هزینه جاری متوسط تا کم، به دلیل کم بودن پرسنل هزینه نگهداری نیز متوسط تا کم می‌باشد | کم | ۲ | کم |
| ۵ | کنترل ذاتی و تقسیم به نسبت بدون پاسخگو، به کشاورزان و بدون اندازه‌گیری دستی | عرضه | مؤسسه تا کم، غیر پاسخگو به تقاضای کشاورزان و دارای بهره‌وری پایین آب | نیاز کارگری کم با مهارت پایین | هزینه جاری کم به دلیل نیروی کارگری کم و نیز دارای هزینه نگهداری کم می‌باشد | خیلی کم | ۱ | معیشتی |

درجه اهمیت/اموال. هرچه تأثیر سوء ناشی از «ناکارآمدی و/یا از کار افتادگی» زیرساخت بر سیستم بیشتر باشد، اهمیت آن بیشتر تلقی می‌گردد. برای مثال، دهانه آبرگیر شبکه (ورود آب از رودخانه) بسیار مهمتر از دریچه آبرگیر یک کانال درجه دو درون شبکه است.

ارزش انواع اموال برای اندازه گروه‌های مختلف. ارزش گذاری براساس هزینه تعویض با کالای نو به قیمت روز صورت می‌گیرد و به نام «ارزش معادل نو» (Modern Equivalent Asset: MEA) خوانده می‌شود.

بخش‌های مختلف اموال. برای مثال سازه دریچه، دارای بخش‌های فلزی و مصالح بنایی/بتنی است. خرابی/فروودگی بخش‌های مختلف هر زیرساخت ممکن است با شدت‌های مختلفی روی دهد. وضعیت اموال به تفکیک بخش‌های آن. وضعیت فروودگی هر زیرساخت (و بخش‌های آن) در برآورد سطح سرمایه مورد نیاز برای بازسازی شبکه مؤثر است. معمولاً از «درجه‌بندی وضعیت» برای گزارش وضعیت اموال استفاده می‌شود.

قابلیت سرویس دهی اموال. یعنی عملکرد هر زیرساخت چقدر خوب است. یک زیرساخت ممکن است در شرایط نامناسب باشد اما عملکرد آن رضایت بخش ارزیابی شود. برای مثال یک سازه دریچه به‌رغم مواجهه با خرابی مصالح بنایی، به‌خوبی بهره‌برداری می‌گردد و دبی طرح را از خود عبور می‌دهد. در شبکه آبیاری، قابلیت سرویس دهی سازه‌ها می‌تواند به دو دسته هیدرولیکی (قابلیت عبور دبی طرح) و سازه‌ای (قابلیت کنترل جریان عبوری در محدوده مشخص، توانایی فراهم کردن تراز لازم برای آبخوری اراضی و ...) تقسیم شود. معمولاً از «درجه‌بندی سرویس دهی» برای گزارش عملکرد اموال استفاده می‌شود (جدول ۸-۸).

در ابتدا اموال باید طبقه‌بندی شوند؛ و برای این کار لازم است سیستم طبقه‌بندی اموال مشخص گردد. برای نمونه، اموال را می‌توان براساس نوع یا عملکرد آنها (آبرگیری، انتقال، کنترل، اندازه‌گیری و...) به شرح جدول ۸-۹ دسته‌بندی و سپس در هر دسته براساس اندازه به گروه‌های مختلفی تقسیم نمود. همچنین، این جدول اجزاء اموال را از نقطه نظر کارایی و سازه و نیز طول عمر مفید ارائه نموده است.

اندازه (سایز) هر سازه معمولاً با یک یا دو متغیر مشخص می‌شود. مثلاً «طول تاج» و «ارتفاع سرریز» ابعاد مناسبی برای تعیین بزرگی یک بند انحرافی بر روی رودخانه هستند، همان‌طور که ظرفیت (دبی) طراحی نشانگر مناسبی برای تعیین اندازه یک کانال است. دلیل تأکید بر دسته‌بندی و گروه‌بندی سازه‌ها، آن است که در مدیریت اموال بتوان هزینه MEA متوسط را براساس این تقسیم‌بندی‌ها تعیین نمود. یعنی به‌جای محاسبه هزینه برای یکایک اموال، مثلاً برای ۱۰۰ دریچه از یک دسته و گروه می‌توان یکجا محاسبات را به‌انجام رساند. مقدار MEA نشان‌دهنده ارزش و/یا قیمت روز برای جایگزینی سازه‌ها است. این محاسبات در مجموع ارزیابی کاملی از ارزش دارایی‌های شبکه را به‌دست می‌دهد که مبنای مدیریت اموال قرار می‌گیرد.

جدول ۸-۸ مثال‌هایی از «درجه وضعیت» و «درجه سرویس‌دهی» برای سازه‌های تنظیم جریان در کانال‌ها.

| (الف) درجه بندی وضعیت | | اجزای سازه | |
|--|---|---|--|
| درجه ۱ | درجه ۲ | درجه ۳ | درجه ۴ |
| خوب | مناسب | نامناسب | بد |
| سازه ایمن، بدون تغییر شکل و تغییر ابعاد، به خوبی کنترل شده و با علامت فرسودگی کم و ناچیز، عدم وجود رسوب و اشغال در کانال سراب و پاناب سازه | سازه به نظر کلی سالم است ولی آثار محدودی از تغییر شکل دیده می‌شود. نیازمندی رسوبی و نگهداری و نیز آرزویی وضعیت می‌باشد. | سازه دارای فرسودگی و/یا تغییر شکل چشمگیر/ قابل توجه است که موجب خرابی فرسودگی آن می‌باشد و نیازمند بازسازی/ ترمیمی است. | سازه با مشکلات جدی، روگردانی و نیازمند مداخله فوری است. |
| اتصال محکم نصب‌شده و به‌سازنی خوانده می‌شود. | نگین اتصال سازه را تحت تاثیر قرار می‌دهند وجود دارد. | اتصال مناسب و خوانا وجود ندارد ولی علامت و آثار قلی دیده می‌شود که می‌توان بر اساس آن سطح آب را تخمین زد. | هیچ اتصالی و علامتی وجود ندارد یا غیر قابل اطمینان نمی‌باشد. |
| بدرستی نصب‌شده، خرابی مشاهده نمی‌شود و قابل فرات است. | مشابه وضعیت درجه ۱، ولی خوانا است. | وجود دارد ولی قابل اطمینان نیست. | غیر قابل اطمینان است. |
| درجه ۱ | درجه ۲ | درجه ۳ | درجه ۴ |
| کارآمدی کامل | کارآمدی مختصر | کارآمدی جدی | از کار افتادگی |
| به خوبی طراحی شده است و دی طراحی، رایج‌تری عبور می‌دهد. | معموماً توانایی گذر جریان مورد نیاز را دارد، توانایی کنترل تراز سطح آب را تا حد زیادی دارد، اما کارایی تحت شرایط بیک تکانها یا وضعیت خاص آبوهوایی رضایت‌بخش | از یکی یا بیشتر، از سه عملکرد شرح داده شده به‌طور جدی، می‌تواند موجب اثرات سوء جدی بر کارایی بخشی از شبکه گردد. | از کار افتادگی کامل یکی یا بیشتر از سه عملکرد شرح داده شده. |
| همسروندگی، چگونگی انتقال جریان طراحی | به خوبی تراز سطح آب را در دامنه مورد نظر کنترل می‌کند، امکان اندازه‌گیری جریان اجزاء سازه و با سازه اندازه‌گیری مجاور آن امکان دارد. کارایی سازه تحت تاثیر رسوب و اشغال نیست. | | |
| سازه‌ای، نحوه کنترل تراز آبخوری ازاسی و امکان اندازه‌گیری جریان | | | |
| عملکرد | درجه سرویس‌دهی (ب) درجه سرویس‌دهی | | |
| | علامت یا مبدأ ارتعاشی Bench mark | | |

جدول ۹-۸ نمونه‌هایی از انواع، اندازه (size)، اجزای عملکردی و سازه‌ای و طول عمر مفید اموال.

| نوع اموال | اندازه‌های قابل ثبت | عملکردهای قابل ارزیابی | اجزای قابل بررسی | دوره استهلاک (عمر مفید) |
|-------------------------------------|--|--|--|--|
| بند انحرافی | طول سرریز ارتفاع سرریز | عملکرد هیدرولیکی: تراز قابل دستیابی جریان عبوری از دریاچه تخلیه سیلاب قابل تخلیه عملکرد سازه‌ای: دریاچه‌ها اشل‌ها | دیواره‌های سرریز دیواره‌های جداکننده دستک سرریز پیش‌بند دریاچه‌های آبگیری دریاچه‌های تخلیه (رسوب) حوضچه آرامش | اجزای ساختمانی: ۵۰ سال اجزای مکانیکی و الکتریکی: ۱۰ سال |
| دریاچه سراب | کل عرض دریاچه دبی طرح | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح عملکرد سازه‌ای: کنترل جریان اشل‌ها | دریاچه‌ها سازه تابلو اعلانات حفاظ | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال |
| سازه‌های تنظیم جریان | کل عرض دریاچه دبی طرح | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح عملکرد سازه‌ای: حداکثر تراز آبخوری اشل‌ها | دریاچه‌ها* سازه تابلو اعلانات دیواره آب‌بند بالادست دیواره آب‌بند پایین‌دست اشل حفاظ | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال اجزای مکانیکی و الکتریکی: ۱۰ سال |
| سازه‌های اندازه‌گیری | مشخصات سازه اندازه‌گیری: سرریز: طول سرریز فلوم: نوع فلوم دبی طرح | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح عملکرد سازه‌ای: توانایی اندازه‌گیری آب | اجزای وسایل اندازه‌گیری دیواره آب‌بند بالادست دیواره آب‌بند پایین‌دست اشل سازه حوضچه آرامش (قرائت ارتفاع آب) | ۲۵ سال |
| کانال آب (براساس نوع مصالح) | دبی طرح طول عرض کف | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح | خاکریزهای جانبی شیب جانبی کانال کف | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال |
| کانال زهکش | دبی طرح طول | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح | خاکریزهای جانبی شیب جانبی کانال کف | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال |
| سازه‌های هیدرولیکی | بستگی به نوع سازه دارد دبی طرح طول ارتفاع | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح | معبر جریان دیواره آب‌بند بالادست دیواره آب‌بند پایین‌دست اشل حوضچه آرامش | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال اجزای مکانیکی و الکتریکی: ۱۰ سال |
| سازه‌های کمکی (پل، آبخوری دام، ...) | دبی طرح طول | عملکرد هیدرولیکی: قابلیت انتقال دبی طرح | سازه قسمت‌های ایمنی** | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال اجزای مکانیکی و الکتریکی: ۱۰ سال |
| جاده دسترسی | عرض طول | عملکرد سازه‌ای: قابلیت تردد برای دسترسی به اجزای شبکه سطحی) | سازه‌ها (پل) سطح جاده زهکش جاده (تخلیه آب سطحی) | اجزای ساختمانی: ۲۵ سال |

* می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد (... Stop logs)

** ساختمان‌های حفاظتی: کانال‌ها و سازه‌های وابسته را در مقابل جریان‌های سیلابی، هرزآب‌ها و جریان‌های اضافی کنترل‌نشده ورودی حفاظت می‌نمایند.

سازه‌های ایمنی: کانال و سازه‌های وابسته به آن می‌تواند برای انسان و حیوانات خطرناک باشد. بدون حفاظ رها کردن و رعایت نکردن اصول ایمنی در این سازه‌ها می‌تواند بسیار خطرناک باشد. تعیین یک طرح کلی برای استاندارد بودن ایمنی این نوع سازه‌ها مشکل است زیرا عوامل زیادی باید مورد توجه قرار گیرد.

در ادامه، شناسایی اموال و وضعیت آنها (طی بررسی میدانی) ضروری است. قبل از شروع پیمایش اموال در سطح شبکه، باید کلیه داده‌ها و اطلاعات موجود (نقشه‌ها، نقشه‌های طراحی، اطلاعات از تعداد سازه‌های موجود، و ...) جمع‌آوری شوند. مسئول پیمایش، بایستی از ابتدای کانال درجه یک (بالاترین نقطه در شبکه) کار را شروع کند و به سمت انتهای کانال درجه یک پیش‌رود. پس از اتمام این قسمت، به بررسی کانال‌های درجه دو، به‌همان شیوه، می‌پردازد. فاصله‌ها در امتداد هر کانال باید اندازه‌گیری شوند. در حین بررسی، وضعیت و عملکرد هر قطعه از کانال و هر سازه ارزیابی و ثبت خواهد شد. دقت جزئیات جمع‌آوری شده بستگی به منابع (مالی و انسانی) در دسترس دارد. در اکثر موارد تنها مشاهدات ثبت می‌گردند. درحالی‌که در برخی موارد دیگر، ممکن است پروفیل طولی کانال‌ها (مثلاً با گام‌های ۱۰۰ متری) هم اندازه‌گیری شوند. علاوه‌براین، برای سازه‌ها اندازه‌گیری ابعاد مشخصه (برای تعیین سایز) نیز بایستی صورت گیرد. گرچه، در برخی پیمایش‌ها اندازه‌های همه اجزای سازه‌ها برداشت و ثبت می‌گردند. بخشی از داده‌ها باید در زمانی که آب در کانال/سازه جریان دارد برداشت گردد (برای ارزیابی کارایی). سایر داده‌ها در زمانی که شبکه خشک است قابل برداشت خواهند بود. کاربرد دوربین‌های عکاسی دیجیتال به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از بررسی اموال رو به افزایش است. ثبت وضعیت اموال به‌کمک این وسیله بسیار آسان و دقیق شده است. همچنین، برای تعیین درجه وضعیت و سرویس‌دهی عکس‌های ثبت‌شده بسیار مفید هستند. شکل ۱۲-۸ یک نمونه از فرم ثبت داده‌های پیمایش در مورد سازه‌های تنظیم جریان، را نشان می‌دهد.

بایگانی و پایگاه داده

اطلاعات جمع‌آوری شده از پیمایش و شناسایی اموال باید به‌شیوه‌ای نظام‌مند در پایگاه داده/بایگانی‌ها ثبت شود. پایگاه داده می‌تواند در قالب صفحات اکسل، انواع نرم‌افزارهای پایگاه داده موجود، یا پایگاه داده‌ای سفارشی ایجاد گردد. مهمترین بخش برای این کار، ایجاد یک ساختار مناسب برای پایگاه داده است. برای نگهداری داده‌ها در چنین پایگاه داده‌ای، معمولاً از فایل‌های متعدد که از طریق نرم‌افزاری با یکدیگر مرتبط هستند استفاده می‌شود. شکل ۱۳-۸ یک پایگاه داده و ارتباط بین داده‌های آن را (که در فایل‌های جداگانه هستند) نشان می‌دهد. آرشیو عکس‌ها نیز بخشی از پایگاه داده است و مدیریت اموال را قادر می‌سازد تا روند تغییر وضعیت هر سازه در طول زمان را به‌صورت دیداری بررسی نماید.

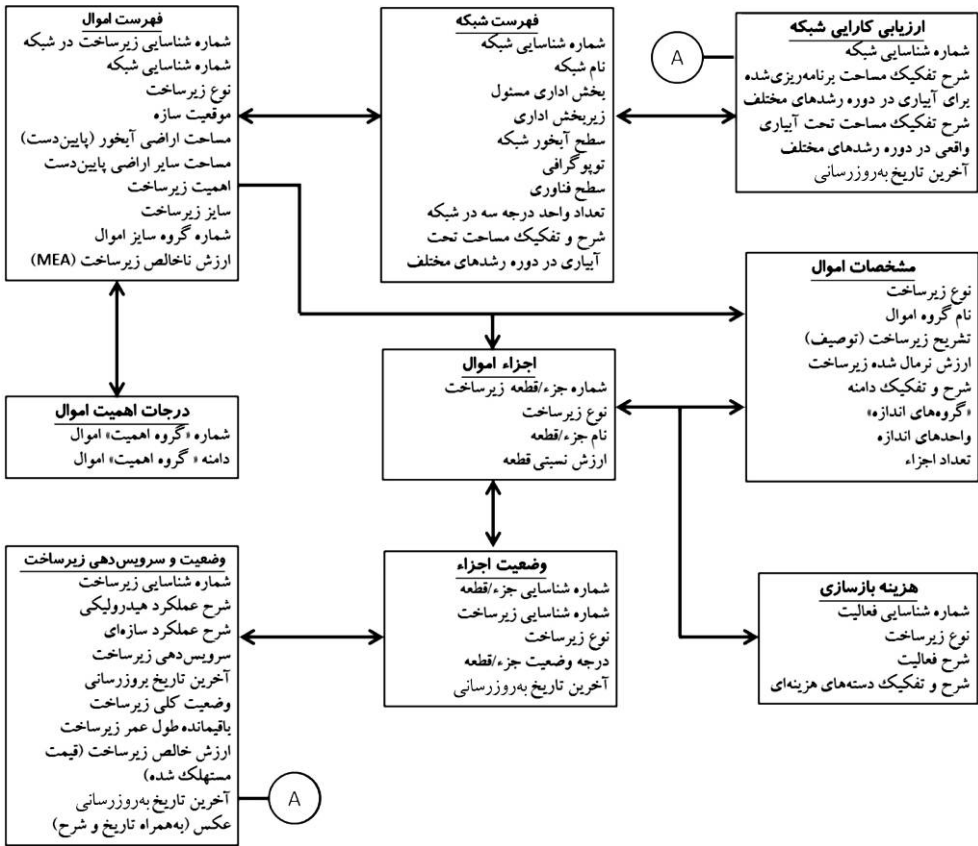
ارزیابی کارایی (Performance) اموال

در طرح‌ریزی مدیریت اموال، تمایز گذاشتن میان محدودیت‌های کارایی ناشی از «وضعیت زیرساخت‌ها» با محدودیت‌های ناشی از «بهره‌برداری از زیرساخت‌ها» بسیار مهم است. مدیریت اموال در پی به حداقل رساندن محدودیت‌های کارایی زیرساخت‌ها براساس ارزیابی کارایی اموال می‌باشد و به‌طور مستقیم با مسائل بهره‌برداری مرتبط نیست.

| | |
|---|--|
| پیمایش اموال | |
| فرم شناسایی اموال برای سازه‌های تنظیم جریان | |
| بخش: _____ | موقعیت سازه در کانال: _____ |
| زیربخش: _____ | تراز آبخوری: _____ |
| نام کانال: _____ | شماره شناسایی سازه: _____ |
| مساحت اراضی آبخور: _____ | |
| نوع کانال: <input type="checkbox"/> درجه یک <input type="checkbox"/> درجه دو <input type="checkbox"/> سایر <input type="checkbox"/> عمر سازه (سال): <input type="checkbox"/> ۰-۵ <input type="checkbox"/> ۵-۱۰ <input type="checkbox"/> ۱۰-۲۰ <input type="checkbox"/> ۲۰+ | |
| عرض مقطع کنترل (متر): _____ | |
| نوع سازه: <input type="checkbox"/> دریچه <input type="checkbox"/> سرریز ثابت <input type="checkbox"/> سرریز متحرک | |
| دبی طرح (l/s): _____ | |
| درجه وضعیت کلی ۴ ۳ ۲ ۱ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | درجه وضعیت بدترین جزء ۴ ۳ ۲ ۱ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| سازه اجزاء کنترل‌کننده دیواره آب‌بند بالادست دیواره آب‌بند پایین دست اشل Bench mark سایر اجزای وابسته تابلو اعلانات | |
| درجه سرویس دهی ۴ ۳ ۲ ۱ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | توضیحات: _____ |
| تاریخ پیمایش: _____/_____/_____ | پیمایشگر: _____ نام و نام خانوادگی: _____ |

شکل ۱۲-۸ نمونه‌ای از یک فرم پیمایش اموال برای سازه تنظیم جریان.

بدیهی است که کارایی یک شبکه یا شمای آبیاری برآیند کارایی یکایک زیرساخت‌های آن است. بنابراین، ارزیابی کارایی «کنونی» و «پتانسیل» هر شبکه و شمای آبیاری و زهکشی نیازمند پیمایش میدانی برای ارزیابی کارایی یکایک اموال آن می‌باشد. اگرچه، به‌طور کلی کارایی شمای تابع کارایی شبکه است؛ اما مسئولان اموال شبکه، بیشتر علاقه‌مند به ارزیابی کارایی شبکه (مجموعه کانال‌ها، زهکش‌ها و سازه‌ها) می‌باشند تا شمای آبیاری (که علاوه بر شبکه شامل زمین، سایر منابع آب، محصولات، و کشاورزان می‌شود). زیرا، آنها تنها کارکرد شبکه را برعهده دارند؛ و کارایی شمای تابع موارد بسیار دیگری نیز هست. در واقع، کارایی شبکه بستگی زیادی به «تحویل آب» و «دفع زه آب» به‌شکلی مطمئن، کافی، به‌موقع، عادلانه و مقرون به‌صرفه دارد. اما، کارایی شمای نیازمند اطلاعات اضافی دیگری مانند روش تولید



شکل ۱۳-۸ نمونه‌ای از ساختار یک پایگاه داده اموال.

و عملکرد محصول و نیز قیمت بازار می‌باشد. در برخی موارد (برای مثال در استرالیا)، جداسازی عملکرد شبکه‌ها از سیمای آبیاری به کمک سازه‌های اندازه‌گیری دقیق، امکان‌پذیر شده است. در مقابل، در شبکه‌های آبیاری که اندازه‌گیری آب در نقطه تحویل آب امکان‌پذیر نیست (یا به‌خوبی سنجش نمی‌گردد)، ارزیابی کارایی شبکه میسر نمی‌باشد. در چنین شرایطی، چاره‌ای به‌جز برآورد کارایی شبکه براساس ارزیابی کارایی سیمای و یا بخش‌های نمونه‌ای از سیمای نیست (آن هم به‌شرط وجود داده‌های لازم!).

توافق بر استانداردها و سطوح ارائه خدمات

ویژگی کلیدی طرح‌ریزی مدیریت اموال رفع نقایص و محدودیت‌های عملکرد شبکه است. این امر نیازمند تعریف مشخص از سطح مطلوب سرویس دهی شبکه می‌باشد. سپس، با اندازه‌گیری سطوح فعلی کارایی شبکه، نقایص و محدودیت‌های اموال (و نه محدودیت‌های مدیریتی) تشخیص داده می‌شوند. در

واقع، سطح سرویس دهی و کارایی زیرساخت‌های شبکه در درجه اول تابع سه عامل زیر است:

- تنوع و تعداد زیرساخت‌های موجود؛
- درجه‌های وضعیت و سرویس دهی زیرساخت‌ها؛
- توانمندی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه.

برای تعیین سطح مطلوب (مورد توافق) سرویس دهی، لازم است قبل از طرح‌ریزی مدیریت اموال از طریق بحث و مصاحبه با آب‌بران نظرات ایشان ارزیابی گردد. هرچند، هزینه سطوح ارائه خدمات تا بررسی و پیمایش کامل و آماده شده طرح‌ریزی مدیریت اموال مشخص نمی‌شود. توافق و تعیین سطح مطلوب خدمات کار ساده‌ای نیست، و نیاز به گفتگو با کشاورزان و توجه ایشان دارد. هرچه سطح خدمات (شامل: دبی آب، مدت زمان تحویل آب، دور آبیاری) و هزینه کرد شبکه به‌صورتی شفاف‌تر برای کشاورزان تبیین شده باشد، توجه و توافق با ایشان آسان‌تر خواهد بود. در واقع، جزء مهمی از فرایند مدیریت اموال این است که استانداردهای سرویس دهی از قبل تعریف و اعلان شده باشند؛ و خدمات ارائه شده مستمراً اندازه‌گیری شده و با استاندارد مورد نظر مقایسه شوند. بدیهی است شفاف بودن استانداردها و کنترل مستمر خدمات موجب تسهیل ارتباط بین متصدیان امور شبکه و آب‌بران می‌گردد.

با توجه به جدول ۷-۸ می‌توان بر این نکته تأکید کرد که سیستم‌های کنترلی مختلف دارای هزینه‌های (سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری) متفاوتی هستند. مسلماً سرمایه‌گذاری و هزینه‌های بیشتر به‌منظور کسب درآمد/رفاه بهتر صورت می‌پذیرد. سپس، اگر ارزیابی کارایی شبکه نشانگر بهبود عملکرد باشد، اثربخشی این سرمایه‌گذاری به اثبات می‌رسد. این بهبود منجر به ارتقاء سطح درآمد (از طریق تولید محصولات کشاورزی) و رفاه کشاورزان می‌شود و متعاقباً تمایل ایشان نسبت به پرداخت پدازه‌ها بیشتر می‌گردد؛ که به‌نوبه خود موجب رشد درآمد شبکه و نهایتاً ارتقاء مدیریت اموال خواهد شد.

مطالعات مهندسی و برآورد هزینه‌ها

مطالعات مهندسی در مدیریت اموال به‌منظور بررسی برخی مسائل کلی، مانند موارد زیر، مورد نیاز می‌باشد:

- میزان فرسودگی اموال و اجزای آنها؛
- توسعه مدل‌های هزینه برای بازسازی/بهبودی/نوسازی اموال؛
- ارتباط بین کارایی یکایک زیرساخت‌ها (به‌صورت مستقل) و کارایی شبکه (به‌عنوان یک مجموعه مرکب).

از طریق مطالعات مهندسی هزینه‌های مورد نیاز برای پایگاه داده برآورد و در آن درج می‌گردند؛ که سپس برای ارزیابی وضعیت/ کارایی سایر اموال به کار گرفته خواهند شد. این هزینه‌ها شامل هزینه مورد نیاز برای نگهداری و یا بهبود وضعیت/ کارایی انواع اموال (سرریز رودخانه، تنظیم‌کننده بارآبی کانال، کالورت و ...) در شبکه آبیاری و زهکشی می‌باشند. میزان فرسودگی هر جزء مستقل هر سازه (مانند

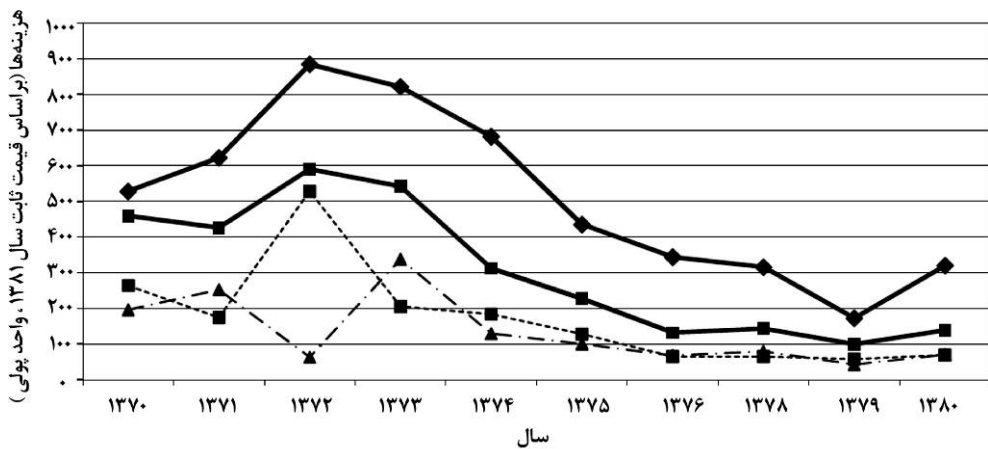
لاستیک آب‌بندی دریاچه‌ها) یا پمپ‌ها و موتورها، تخمین زده می‌شود و برای انواع اموال شناسنامه مناسب تنظیم می‌گردد. مسلماً، اهمیت هر زیرساخت بر تعیین اولویت آن در مدیریت تعمیر و نگهداری تأثیر می‌گذارد. اهمیت هر زیرساخت در درجه اول به عملکرد هیدرولیکی / سازه‌ای آن، نیز موقعیت آن در شبکه آبیاری و زهکشی، و نیز مقدار MEA آن وابسته است. برای مثال بند انحرافی بر رودخانه بسیار مهمتر از یک تنظیم‌کننده بار آبی در آبگیر کانال درجه دو می‌باشد. دلیل این امر، عملکرد اساسی بند انحرافی (تأمین جریان ورودی به شبکه)، موقعیت آن (قرارگیری آن در بالا دست کلیه اراضی شبکه)، و نیز هزینه بسیار بالای جایگزینی آن می‌باشد.

کاربرد دیگر مطالعات مهندسی در مدیریت اموال، بررسی امکان توسعه و ارتقاء کارایی اموال می‌باشد. برای مثال، جایگزینی دریاچه‌های دستی با دریاچه‌های خودکار برای صرفه‌جویی در هزینه‌های بهره‌برداری (Peration Expenditure: OPEX) و یا جایگزینی سازه‌های فرسوده با سازه‌های نو اما با طراحی و ویژگی‌های متفاوت. توسعه و ارتقاء کارایی زیرساخت‌ها، اگرچه نیازمند هزینه‌های سرمایه‌ای (CAPital EXpenditure: CAPEX) بیشتر باشد، اما با کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و رشد درآمد کشاورزان توجیه‌پذیر می‌گردد.

بررسی مستندات و سوابق سرمایه‌گذاری‌ها و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، عبرت‌های ارزشمندی برای آینده فراهم می‌نماید. لازمه این امر داشتن بایگانی قابل اطمینان و سهل‌الوصول از سرمایه‌گذاری‌ها و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری است. سوابق می‌تواند اطلاعاتی در مورد هزینه‌های سالانه بهره‌برداری و نگهداری و دوره بازگشت انواع هزینه‌ها را نشان دهد. برای مثال هزینه‌ی لایروبی کانال اصلی چقدر می‌شود؟ و با چه دوره بازگشتی نیاز به این کار است؟ شکل ۱۴-۸ وضعیت واقعی هزینه‌های OPEX را در یک شمای آبیاری با پمپاژ نشان می‌دهد. در تصویر مشخص است که این هزینه‌ها طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ به صورت قابل توجهی کاهش یافته‌اند. این کاهش ناشی از عدم توجه کافی به عملیات تعمیر و نگهداری وقوع یافته و نهایتاً منجر به بازسازی گران‌قیمت شبکه در سال ۱۳۸۳ گشته است. متأسفانه بهره‌وری شمای کاهش قابل توجهی نموده است؛ زیرا تحویل آب طی این دوره، در نتیجه کارایی ضعیف زیرساخت‌ها (به‌خصوص پمپ‌ها) ناکارآمد بوده است. در واقع، این بی‌توجهی و عدم اقدام به موقع موجب وقوع خسارت از دو جهت (هزینه سنگین بازسازی + ضرر کشاورزان) شده است.

آماده‌سازی طرح مدیریت اموال

مدیریت صحیح اموال، با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده در «پیمایش اموال»، «ارزیابی کارایی» و «مطالعات مهندسی»، موجب کاهش نیازهای سرمایه‌گذاری در طول زمان می‌شود. معمولاً روش کار مبتنی بر تحلیل بلندمدت سرمایه‌گذاری‌ها (مانند آنچه در شکل ۱۱-۸ نشان داده شده است) می‌باشد. متعاقباً، این طرح بلندمدت باید در قالب طرح‌ریزی‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۵ ساله خرد شود. هر طرح کوتاه‌مدت مجموعه‌ای از فعالیت‌ها در قالب برنامه زمانی به‌همراه یک بودجه‌بندی است.



شکل ۱۴-۸ هزینه‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری برای یک شبکه آبیاری با پمپاژ.

«مدل مالی» جزئی جدایی‌ناپذیر از طرح مدیریت اموال می‌باشد؛ زیرا بایستی در طول برنامه «هزینه‌ها» بر «منابع مالی» در دسترس تطبیق یابند. استراتژی‌های مختلفی برای این کار مورد نیاز است. برای مثال، کاهش خصوصیات سطح مطلوب سرویس دهی می‌تواند موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های سرمایه‌گذاری گردد؛ و یا در صورتی که منابع مالی قابل تأمین بوده ولی زمان‌بندی آن با برنامه زمانی مدیریت اموال انطباق نداشته باشد می‌توان با تسریع و یا تأخیر در سرمایه‌گذاری‌ها این انطباق را پدید آورد. گزینش استراتژی با توجه به منابع و بودجه در دسترس صورت می‌گیرد (برای مثال وام و کمک‌های مالی دولت، پردازش‌های پرداختی آب‌بران و ...).

شکل ۱۵-۸ دو نمونه از سرمایه‌گذاری‌های مختلف را برای یک شبکه نشان می‌دهد. نمونه اول با هدف گیری سطح سرویس دهی «خوب»، نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه بالا و هزینه بهره‌برداری بالا است (شکل ۱۵-الف). اما در نمونه دوم، با هدف گیری سطح سرویس دهی «ضعیف»، سطح سرمایه‌گذاری و هزینه بهره‌برداری به نسبت پایین‌تر می‌باشد (شکل ۱۵-ب). در هر دو حالت، هزینه متوسط سالانه (بر اساس تحلیل اقتصادی ده ساله) تعیین شده و به پردازش خدمات آبیاری ارتباط می‌یابد. طرح نهایی مدیریت اموال شامل سرفصل‌های مشروح در جدول ۱۰-۸ می‌باشد.

یکی از مواردی که باید در تدوین طرح مدیریت اموال به آن توجه و آن را گزارش نمود، دقت و صحت داده‌های مورد استفاده می‌باشد. جداول ۱۱-۸ و ۱۲-۸ یک چارچوب راهنما برای تعیین «عدم قطعیت» و «اعتمادپذیری» داده‌ها را نشان می‌دهند. در برآورد بسیاری از اعداد مورد نیاز برای طرح مدیریت اموال، منابع عدم قطعیت متعددی وجود دارند؛ از جمله: عدم قطعیت در برآورد هزینه واقعی فعالیت‌ها، عدم قطعیت در ارزیابی اموال، عدم قطعیت در قضاوت مهندسی برای طول عمر مفید اموال.

(الف) سرویس دهی خوب

برنامه مدیریت اموال

تحلیل بلند مدت بودجه

سطح سرویس دهی هدف

نرخ بهره

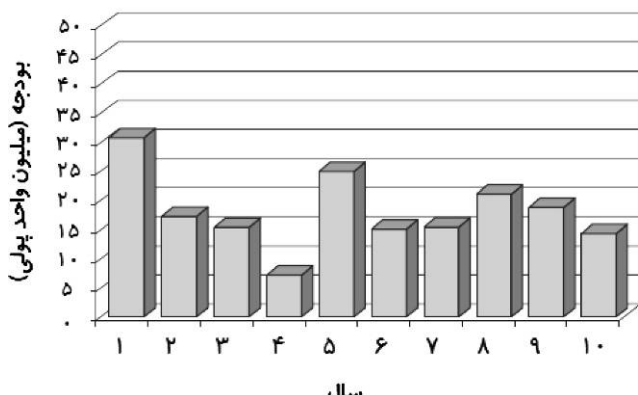
متوسط بودجه سالانه مورد نیاز

| |
|-----|
| خوب |
| %۱۰ |

۱۸۵۴۲۶۵۴ واحد پولی

۱۹۰۵۷ واحد پولی بر هکتار

| سال | بودجه (واحد پول) |
|-----|------------------|
| ۱ | ۳۰۷۷۶۷۰۸ |
| ۲ | ۱۷۱۸۳۴۶۳ |
| ۳ | ۱۵۳۷۴۷۳۳ |
| ۴ | ۷۱۹۴۲۵۰ |
| ۵ | ۳۴۸۹۵۳۰۰ |
| ۶ | ۱۵۱۱۴۶۸۷ |
| ۷ | ۱۵۸۴۰۸۸۰ |
| ۸ | ۲۱۱۳۶۲۰۷ |
| ۹ | ۱۸۸۱۴۰۰۰ |
| ۱۰ | ۱۴۳۱۳۱۳۳ |



(ب) سرویس دهی ضعیف

برنامه مدیریت اموال

تحلیل بلند مدت بودجه

سطح سرویس دهی هدف

نرخ بهره

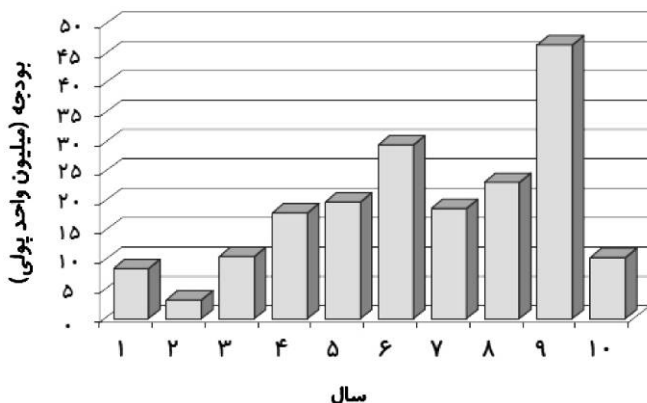
متوسط بودجه سالانه مورد نیاز

| |
|------|
| ضعیف |
| %۱۰ |

۱۶۹۳۷۱۱۳ واحد پولی

۱۷۴۰۷ واحد پولی بر هکتار

| سال | بودجه (واحد پول) |
|-----|------------------|
| ۱ | ۸۶۲۰۲۵۸ |
| ۲ | ۳۲۱۵۰۰۰ |
| ۳ | ۱۰۶۳۹۰۰۰ |
| ۴ | ۱۷۹۹۶۰۰۰ |
| ۵ | ۱۹۹۱۰۱۲۷ |
| ۶ | ۲۹۶۰۱۰۸۰ |
| ۷ | ۱۸۷۸۱۸۶۷ |
| ۸ | ۲۳۱۳۰۵۷۷ |
| ۹ | ۴۶۶۱۴۰۶۷ |
| ۱۰ | ۱۰۴۳۴۸۴۳ |



شکل ۱۵-۸ نمونه‌هایی از برنامه سرمایه‌گذاری برای دستیابی به سطوح سرویس دهی مختلف.

جدول ۱۰-۸ فهرست سرفصل‌های طرح مدیریت اموال.

| شرح | سرفصل |
|--|---|
| این گزارش شامل فهرستی از کلیه اموال شبکه به تفکیک انواع و اندازه آنها می‌باشد. کل ارزش دارایی‌ها در قالب ارزش ناخالص (MEA) و ارزش خالص (با استهلاک سرمایه) گزارش می‌گردد. همچنین جدولی از کلیه دارایی‌ها که در مقابل هر یک درجه وضعیت، درجه سرویس‌دهی و نیز درجه اهمیت هر کدام مشخص گردیده ارائه می‌شود. | گزارش موجودی اموال و وضعیت و سرویس‌دهی آنها |
| شامل اطلاعاتی از «مدل هزینه» به‌منظور محاسبه/ برآورد هزینه‌های مورد نیاز برای هر نوع از زیرساخت. | گزارش ارزش‌های واحد برای MEA و برآورد هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز فعالیت‌های مختلف گزارش برنامه سرمایه‌گذاری |
| گزارشی از جمع سرمایه‌گذاری‌های برآوردشده برای COPEX و OPEX. در قالب برنامه‌های ۵ ساله برای یک دوره ۲۰ ساله. | گزارش فعالیت‌ها |
| این گزارش متمم گزارش «برنامه سرمایه‌گذاری» می‌باشد، و برنامه زمانی فعالیت‌ها را ارائه می‌دهد. جزئیات آن شامل حجم انواع فعالیت‌های مورد نیاز و زمان‌بندی اجرای این فعالیت‌ها می‌باشد. | گزارش سودآوری |
| این گزارش با تحلیل روند تاریخی هزینه‌ها/ سرمایه‌گذاری‌های گذشته، منافع و سودآوری برنامه سرمایه‌گذاری را براساس شاخص‌های کارایی موردنظر برآورد و پیش‌بینی می‌نماید. حفظ یا بهبود وضعیت/ کارایی اموال خروجی مورد انتظار این گزارش می‌باشد. | گزارش استهلاک اموال |
| خلاصه گزارشی از مفروضات به‌کارگرفته‌شده در طرح مدیریت اموال برای «طول عمر مفید» و «رخ استهلاک» اموال. | |

جدول ۱۱-۸ درجه‌بندی دامنه دقت داده‌ها (عدم قطعیت).

| درجه | شرح |
|------|--|
| ۱ | عدم قطعیت کمتر یا برابر با $\pm 1\%$ |
| ۲ | بدتر از درجه ۱، و کمتر یا برابر با $\pm 5\%$ |
| ۳ | بدتر از درجه ۲، و کمتر یا برابر با $\pm 10\%$ |
| ۴ | بدتر از درجه ۳، و کمتر یا برابر با $\pm 25\%$ |
| ۵ | بدتر از درجه ۴، و کمتر یا برابر با $\pm 50\%$ |
| ۶ | بدتر از درجه ۵، و کمتر یا برابر با $\pm 100\%$ |

جدول ۱۲-۸ درجه اعتمادپذیری داده‌ها.

| درجه | نام | شرح |
|------|-----------------------|---|
| A | کاملاً قابل اعتماد | اندازه‌گیری شده بر اساس برآوردشده داده‌ها مبتنی بر اندازه‌گیری‌های صحیح، با استفاده از دستورالعمل‌های استاندارد، مبتنی بر مطالعات و تحلیل (براساس بهترین روش‌های شناخته‌شده) |
| B | قابل اعتماد | به‌طور کلی مانند درجه A، ولی همراه با کاستی‌های مختصر. برای مثال ممکن است ارزیابی مربوط به سال جاری نباشد یا برخی داده‌ها یا اطلاعات در دسترس نباشند یا برخی اطلاعات بازسازی شده باشند. |
| C | غیرقابل اعتماد | داده‌ها براساس برون‌یابی از مقدار محدودی داده‌های درجه A و B به‌دست آمده باشند. |
| D | کاملاً غیرقابل اعتماد | داده‌ها مبتنی بر گزارش‌های شفاهی و تأیید نشده یا داده‌های حاصل از بررسی‌های غیردقیق می‌باشند. |

ارزیابی تمایل و توانایی آب‌بران در پرداخت پرده

طرح سرمایه‌گذاری ممکن است برای مطابقت توانایی آب‌بران در پرداخت پرده‌های سرویس‌دهی نیاز به یک تجدید نظر داشته باشد. در صورتی که این اتفاق صورت پذیرد، پتانسیل سطح خدمات ناشی از وضعیت و کارایی زیرساخت ممکن است کاهش یابد. کاهش سطح سرویس‌دهی ممکن است موجب کاهش عملکرد محصول و نیز کاهش پرده‌های پرداختی برای آب شود. واضح است که یک توازن بین این دو عامل وجود دارد. به این نکته مهم باید توجه کرد بین توانایی آب‌بران در پرداخت پرده و تمایل ایشان برای پرداخت تفاوت وجود دارد. بدین دلیل لازم است که فرایند مدیریت اموال روشن و شفاف باشد و آب‌بران نقش فعالی در این فرایند داشته باشند.

پیاده‌سازی طرح مدیریت اموال

اگرچه به طور کلی طرح‌ریزی مدیریت اموال در بازه زمانی بلندمدت (۱۵ تا ۲۰ سال) صورت می‌گیرد، اما می‌توان آن را به تدریج در بخش‌های کوتاه‌مدت نیز اجرا نمود. طرح مدیریت اموال پروفایلی از سرمایه‌گذاری مورد نیاز زیرساخت‌ها را در طول دوره مزبور ارائه می‌دهد. بنابراین، منجر به استمرار درستی کارکرد اموال در طول زمان می‌شود. این طرح ممکن است از منابع مختلف کمک گیرد از جمله، پرده‌های جمع‌آوری شده و یارانه‌های دولتی. بودجه‌بندی برای دوره‌های کوتاه‌مدت برای مدیریت سرمایه در جهت پایداری سرویس‌دهی صورت می‌پذیرد؛ به طوری که انجام عملیات نگهداری و جایگزینی‌های ضروری برای حفظ سطح مطلوب خدمات در کوتاه‌مدت و بلندمدت تضمین گردد. کنترل هزینه و پایش عملکرد از قسمت‌های اساسی این فرایند می‌باشند. وقتی این امور با مشارکت و نظارت آب‌بران صورت گیرد موجب شفاف شدن هزینه‌ها برای آب‌بران و جلب رضایت ایشان خواهد شد.

نگهداری از پایگاه داده اموال / بایگانی

پایگاه داده اموال / بایگانی‌ها مداوم بازبینی می‌شوند. امور نگهداری ثبت‌شده، و به‌روزآوری دوره‌ای موجب درجه‌بندی وضعیت و کارایی برای پیمایش اموال می‌شود. تجربه می‌تواند اطلاعاتی از شدت خرابی، مدل‌های هزینه، هزینه‌های OPEX و CAPEX و... را مشخص سازد و طرح مدیریت اموال ایجاد شود.

پایش ارائه سرویس‌دهی

پایش و ارزیابی از بخش‌های مهم فرایند مدیریت اموال بوده که به‌منظور پایش سطح سرمایه‌گذاری و تأثیر آن بر سرویس‌دهی صورت می‌پذیرد. پایش و ارزیابی شبکه‌ها باید به‌صورت شفاف و گویا تنظیم شود، بنابراین سرمایه‌گذاران (آب‌بران و یا دولت) باید اطمینان داشته باشند که پولشان به‌نحوی مؤثر و کارا

استفاده می‌شود. اتخاذ روش مناسب برای بازخورد نتایج پایش و ارزیابی مهمترین بخش این فرایند می‌باشد. پایش اموال در واقع «وضعیت» و «کارایی» زیرساخت‌ها را مشخص خواهد کرد؛ در حالی که پایش شاخص‌های کلیدی (مانند عرضه آب در مقابل تقاضای آب) به همراه نظرسنجی از آب‌بران، منجر به ارزیابی «سطح سرویس‌دهی» می‌شود.

مسائل

۱. چرخه انحطاط نگهداری (ناشی از نگهداری ناکافی) در شبکه‌های آبیاری و زهکشی شامل چه بخش‌هایی است؟
۲. مراحل مختلف رشد و از کار افتادگی یک شمای آبیاری تحت سناریوهای نگهداری کافی و ناکافی را شرح دهید؟
۳. اهداف مهم نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی را نام ببرید؟
۴. شش دسته اصلی طبقه‌بندی نگهداری را نام برده و هر یک را مختصراً تشریح نمایید؟
۵. منظور از بازرسی مستمر، فصلی و سالانه چیست؟
۶. نقش سیستم کدگذاری در بهبود مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی را شرح دهید؟
۷. اولویت‌بندی امور نگهداری در شبکه آبیاری و زهکشی بر چه اساسی می‌باشد؟
۸. منظور از مدیریت اموال در سیستم مدیریتی چیست و شامل چه زیربخش‌هایی می‌شود؟
۹. ارزیابی کارایی اموال به چه نحوی شکل می‌گیرد؟

ارزیابی کارایی و پایش شبکه‌های آبیاری و زهکشی

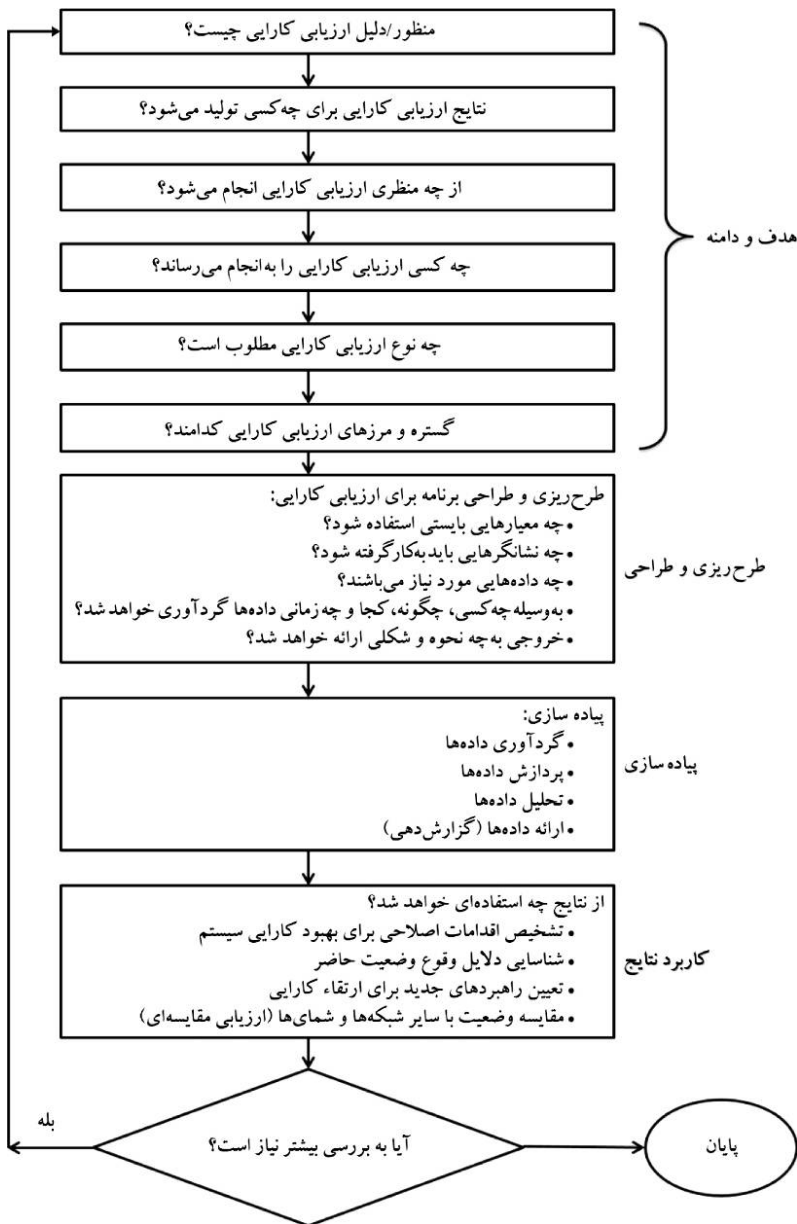
این فصل چارچوبی برای ارزیابی کارایی شبکه ارائه نموده و بر اهمیت شناسایی اهداف این ارزیابی تأکید کرده است. همچنین جزئیات چگونگی انجام ارزیابی شامل جزئیات نشانگرهای کارایی برای مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری در سطوح شبکه اصلی، واحد درجه سه و قطعه زراعی در این فصل تشریح گردیده است. در ادامه فهرستی از فرایندها و دستورالعمل‌های پایش با ارائه جزئیات دو روش معمول: «چارچوب منطقی» و «چارچوب نتایج» آمده است. بخش پایانی این فصل به ارائه معیارهای «قیاس‌گیری» (Benchmarking) می‌پردازد. این روش به‌طور گسترده برای مقایسه‌ی کارایی شمایا و شبکه‌های آبیاری و زهکشی به کار می‌رود. در انتها مثالی کاربردی برای نشان دادن چگونگی اجرای قیاس‌گیری آورده شده است.

ارزیابی کارایی جزئی جدایی‌ناپذیر از مدیریت می‌باشد. مسلماً هر مدیر در تعقیب اهداف سازمان خویش می‌کوشد. ارزیابی کارایی داده‌هایی فراهم می‌نماید تا مدیر، سطح دستیابی به اهداف را سنجش نموده و لذا بتواند معلوم نماید که وضعیت رضایت‌بخش است و یا اینکه وضعیت بایستی بهبود یابد. یک مدیر براساس نتایج ارزیابی حتی می‌تواند تشخیص دهد که چرا دستیابی کامل به اهداف وقوع نیافته است؛ و نیز قادر به تشخیص موارد/مناطق خواهد بود که کارایی آن را می‌تواند بهبود بخشد. اطلاعات به‌دست آمده از ارزیابی کارایی شبکه می‌تواند در طرح‌ریزی، طراحی، پیاده‌سازی برنامه‌ها و/یا اجرای پروژه‌های آینده به کار آید. پایش و ارزشیابی، بخش‌هایی از ارزیابی کارایی شبکه و قسمت‌های جدایی‌ناپذیر از مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی هستند. پایش در ارتباط با فعالیت‌ها به‌طور مستمر صورت

می‌پذیرد و در پی اطمینان از انجام فعالیت‌ها در زمان اختصاص داده‌شده، در قالب بودجه تخصیصی، و با کیفیت مورد انتظار می‌باشد. اما ارزشیابی، زمانی که یک پروژه (مجموعه مشخصی از فعالیت‌ها) تکمیل شده و برای تشخیص اینکه پروژه در دستیابی به اهداف خود موفق بوده است صورت می‌پذیرد. در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ارزیابی کارایی در سطوح متفاوت و توسط نهادهای مختلفی صورت می‌پذیرد. در سطح شبکه اصلی، متصدیان شبکه تمایل دارند تا از چگونگی تحویل آب، و اینکه آیا پردازش‌های دریافتی هزینه‌های مورد نیاز را پوشش می‌دهد آگاه گردند. در سطح واحد درجه سه، انجمن آب‌بران تمایل دارند بدانند که آیا آب به موقع، به اندازه، و با دبی معلوم دریافت شده است؟ آیا به خوبی توزیع شده است؟ نهایتاً اینکه، آیا پردازش‌های دریافتی هزینه‌های مورد نیاز (خرید آب از شبکه اصلی و MOM شبکه درجه سه) را پوشش می‌دهد یا خیر. در سطح قطعات زراعی، کشاورزان تمایل دارند تا با اندازه‌گیری محصولات مزرعه (تولیدات کشاورزی) و درآمد حاصل از فروش محصولات اطمینان حاصل نمایند که در ازای پردازش‌های پرداختی‌شان آب سرویس / خدمات مناسب را دریافت داشته‌اند یا خیر.

چارچوب ارزیابی کارایی

قبل از بحث در خصوص روش‌ها و دستورالعمل‌های ارزیابی کارایی، لازم است تا اجزای مختلف فرایند ارزیابی و چارچوبی برای آن مشخص شود. چنین چارچوبی باید بیانگر ضرورت ارزیابی کارایی، سطح پایش، داده‌های مورد نیاز، روش‌های تحلیل نتایج ارزشیابی، و تعیین سطح دسترسی مسئولین به اطلاعات فراهم شده و ... باشد. بدون یک چارچوب مناسب، برنامه‌ریزی ارزیابی کارایی ممکن است در تعیین / جمع‌آوری داده‌های ضروری با شکست مواجه شود و لذا نتواند اطلاعات مورد نیاز را فراهم نماید. این چارچوب براساس یک سری از سؤالات که در شکل ۱-۹ آورده شده شکل می‌گیرد. گام اول، تعیین «هدف و دامنه» ارزیابی است. برای تشخیص «هدف و دامنه» ارزیابی باید معلوم شود که: نتایج برای چه کسی تولید می‌گردد؟ از چه منظری (دیدگاه چه کسی) ارزیابی صورت می‌گیرد؟ چه کسی آن را انجام می‌دهد؟ همچنین اینکه چه نوعی از ارزیابی و در چه گستره‌ای مورد نیاز است؟ زمانی که این پرسش‌ها پاسخ یافت، در گام دوم «برنامه» ارزیابی کارایی را می‌توان طرح‌ریزی و طراحی کرد. در این گام، معیارهای مناسب برای ارزیابی کارایی انتخاب شده و براساس آنها نشانگرهای مطلوب تعیین می‌شوند. سپس داده‌های مورد نیاز برای تولید این نشانگرها فهرست می‌شوند. همچنین معلوم می‌گردد که این داده‌ها چگونه باید جمع‌آوری و ارائه شوند. در گام سوم، «پیاده‌سازی» برنامه با جمع‌آوری داده‌ها آغاز شده و سپس با پردازش داده‌ها، تجزیه و تحلیل نتایج، و نهایتاً ارائه گزارش ادامه خواهد یافت. گام چهارم بر «کاربرد» اطلاعات فراهم‌شده تمرکز دارد. در این مرحله باید انواع اقدامات ممکن فهرست شوند؛ این اقدامات عبارتند از: تغییر اهداف بلندمدت، ارتقاء راهبردها، بهبود مستمر دستورالعمل‌های MOM، و ...؛ که توضیح بیشتر در ذیل آمده است.



شکل ۹-۱ چارچوب کلی برای ارزیابی کارایی شیمای آبیاری و زهکشی.

گام اول: هدف و دامنه

گام اول در تدوین برنامه ارزیابی کارایی، تصمیم‌گیری در مورد هدف و دامنه ارزیابی کارایی می‌باشد. در این بخش اجزا مربوط به هدف و دامنه معرفی شده‌اند.

جدول ۹-۱ مثالی از تبیین هدف برای ارزیابی کارایی.

| | |
|-------------------|--|
| منطق (ضرورت/دلیل) | برای دستیابی تمامی کشاورزان عضو شمای آبیاری به سطح معیشت کافی بایستی مدیریت آب بهبود یابد. |
| هدف کلی | شناسایی راهکارهای باصرفه/توجه‌پذیر و پایدار برای مدیریت آب که منجر به بهبود تولید محصولات و لذا افزایش درآمد کشاورزان می‌گردد. |
| اهداف جزئی | ۱. بررسی چگونگی کاربرد آب آبیاری در حال حاضر فعالیت‌ها: پایش عرضه و تقاضای آب؛ تجزیه و تحلیل عرضه و تقاضا. ۲. شناسایی مواردی که بهبود می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری گردد فعالیت‌ها: پایش فرایندها و نیز بررسی دستورالعمل‌های مورد استفاده برای جمع‌آوری داده و پردازش آن؛ تجزیه و تحلیل وضعیت تقاضا، تخصیص و تحویل آب؛ تشخیص کاستی‌ها و مواردی که می‌توانند بهبود یابند. |

هدف ارزیابی

برای ارزیابی هر پروژه و یا فعالیت، ضروری است تا در ابتدا اهداف و مقاصد ارزیابی کارایی تعریف شوند. تعیین اهداف می‌تواند با بیان: (۱) منطق، (۲) هدف کلی و (۳) اهداف جزئی، صورت پذیرد. بیان منطق به معنای تشریح ضرورت/دلیل تدوین برنامه ارزیابی کارایی است. بیان هدف کلی یعنی تبیین مقصود (هدف نهایی) از ارزیابی کارایی، در حالی که بیان اهداف جزئی به معنای ارائه جزئیات بیشتری (مراحل اقدام/اقدامات فرعی) در مورد چگونگی دستیابی به هدف کلی می‌باشد (جدول ۹-۱). بیان منطق، هدف کلی و اهداف جزئی برای تدوین برنامه ارزیابی کارایی امر آسانی نیست. در هر حال، در این مرحله و قبل از هرگونه اقدامات بیشتر، لازم است تا اطمینان حاصل شود که هدف به وضوح تبیین شده باشد.

برای چه کسی؟

ارزیابی کارایی می‌تواند به نمایندگی از انواع گروه‌داران انجام شود؛ که عبارتند از: دولت، سازمان‌های حمایتی مالی، متصدیان شبکه آبیاری و زهکشی، مدیران شبکه آبیاری و زهکشی، کشاورزان، و سازمان‌های پژوهشی. پاسخ به پرسش «برای چه کسی؟»، ارتباط نزدیکی با هدف ارزیابی دارد.

از چه منظری؟

ارزیابی ممکن است به نمایندگی از یک گروه‌دار یا گروهی از گروه‌داران صورت گیرد؛ اما ممکن است دیدگاه سایر گروه‌داران در ارزیابی کارایی مورد توجه باشد. دولت ممکن است برای ارزیابی کارایی از طریق یک مؤسسه تحقیقاتی اقدام نماید و هدف از مطالعه بررسی تأثیر یا پیامدهای کارایی سیستم بر معیشت کشاورزان باشد. در این حالت ارزیابی برای دولت ولی از منظر کشاورزان به انجام می‌رسد. مثال دیگر اینکه ممکن است کشاورزان برای حصول اطمینان از دریافت سرویس/خدمات مناسب (به‌ازای پرداخته‌های پرداختی‌شان) ارزیابی کارایی را به‌انجام رسانند. یعنی ارزیابی برای کشاورزان ولی از منظر متصدیان خدمات شبکه انجام می‌گیرد.

جدول ۲-۹ مثال‌هایی از ارزیابی کارایی شبکه: «برای چه کسی؟»، «از چه منظری؟»، و «توسط چه کسی؟»

| | | |
|-------------------|----------------------------|--------------------------------|
| برای چه کسی | از چه منظری | توسط چه کسی |
| مدیر شبکه | مدیریت شبکه | مدیر و کارکنان شبکه |
| دولت | دولت (بررسی بازگشت سرمایه) | شرکت مشاور |
| دولت | جامعه با تمرکز بر آب‌بران | مسئولین دولتی |
| مؤسسات تأمین مالی | کشاورزان (از منظر معیشت) | شرکت مشاور |
| مراکز تحقیقاتی | مدیریت شبکه | مراکز تحقیقاتی و یا دانشگاه‌ها |
| کشاورزان | کشاورزان | شرکت مشاور |

جدول ۳-۹ انواع ارزیابی.

| شرح | نوع |
|---|------------------------------|
| بررسی امکان تغییر راهبردها برای دستیابی به بهره‌وری بیشتر و بهبود کارایی شمای آبیاری | راهبردی/Strategic |
| پایش و ارزشیابی مستمر (یا دوره‌ای/ فصلی) کارایی شبکه و سطح سرویس‌دهی آن | عملیاتی/Operational |
| مانند ارزیابی «عملیاتی» با این تفاوت که در موارد خاص پس از مشاهده مشکل/ مسئله به‌انجام می‌رسد | مداخله‌ای/Intervention |
| وقتی ارزیابی‌های عملیاتی یا مداخله‌ای کاستی را شناسایی نمایند ولی ریشه و علت آن معلوم نباشد ارزیابی تشخیصی به پیگیری علل نقص کارایی می‌پردازد | تشخیصی/Diagnostic |
| بررسی آثار بلندمدت آبیاری بر منابع (آب، خاک، محیط‌زیست، ...) و تحلیل پایداری | پایداری/Sustainability |
| ارزیابی مسئولیت‌پذیری مسئولین و مدیران شبکه | مسئولیت‌پذیری/Accountability |

توسط چه کسی؟

سازمان‌ها و افراد مختلف قابلیت‌های متفاوتی در رابطه با ارزیابی کارایی دارند و متقابلاً انواع مختلف ارزیابی کارایی نیازمند قابلیت‌های خاص می‌باشد (جدول ۲-۹). مدیر یک شبکه آبیاری ممکن است یک برنامه پایش و ارزیابی کارایی را با استفاده از پرسنل واحد بهره‌برداری و نگهداری شبکه تدوین و اجرا نماید. یک سازمان دولتی ممکن است انجام ارزیابی کارایی در یک شمای آبیاری از منظر سرمایه‌گذاری (برای بررسی امکان سرمایه‌گذاری بیشتر) را به یک شرکت مشاور بسپارد. درحالی‌که، یک تیم تحقیقاتی دانشگاهی ممکن است از منظر مدیریت شبکه به‌انجام برنامه‌های تحقیقاتی برای شناسایی و درک عواملی که بر کارایی یک شبکه مشخص تأثیر می‌گذارند بپردازد.

نوع ارزیابی

نوع ارزیابی کارایی براساس اهداف آن انتخاب می‌شود. به‌طور کلی روش‌های موجود برای ارزیابی کارایی شبکه به انواعی تقسیم می‌گردند که شرح این انواع در جدول ۳-۹ آمده است:

مقایسه کارایی شبکه‌ها

برای شناخت بهتر نقاط ضعف و قوت شبکه‌های آبیاری، توصیه می‌شود تا کارایی شبکه‌ها با یکدیگر مقایسه گردد. در واقع، در بسیاری از موارد ممکن است که نتایج ارزیابی داخلی (بدون مقایسه با سایر شبکه‌ها) برای یک شبکه در مقایسه با اهداف خودش موفقیت‌آمیز جلوه نماید؛ در حالی‌که مقایسه با سایر شبکه‌ها می‌تواند نشانگر فرصت‌هایی زیادی برای بهبود سیستم باشد. بنابراین، قبل از انجام ارزیابی لازم

است مشخص شود که ارزیابی کارایی صرفاً برای یک شبکه آبیاری و یا برای مقایسه چند شبکه مختلف صورت می‌پذیرد.

یک مشکل مهم در مقایسه ارزیابی‌های کارایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی پیچیدگی و تنوع شبکه‌ها می‌باشد، که موجب می‌شود تا مقایسه بین آنها مشکل شود. برای مثال: برخی شبکه‌ها توسط بخش عمومی (دولت، انجمن آب‌بران، ...) مدیریت می‌شوند، در حالی که برخی دیگر از آنها خصوصی هستند؛ و یا جریان آب در برخی از آنها به صورت ثقلی است، در حالی که برخی دیگر دارای سیستم‌های تحت فشار هستند. این در حالی است که هنوز هیچ روش قطعی یا استانداردی برای طبقه‌بندی شبکه‌های آبیاری و زهکشی تدوین نگردیده است. لذا، همیشه این بحث که آیا این نوع مقایسه‌ها (بین شبکه‌های متفاوت) مفید است یا خیر وجود دارد. البته، پاسخ چنین پرسشی این است: «مقایسه بین شبکه‌های مختلف می‌تواند بسیار ارزشمند باشد. بنابراین، بهتر آن است که مقایسه‌ها میان شبکه‌های نسبتاً مشابه صورت پذیرند.»

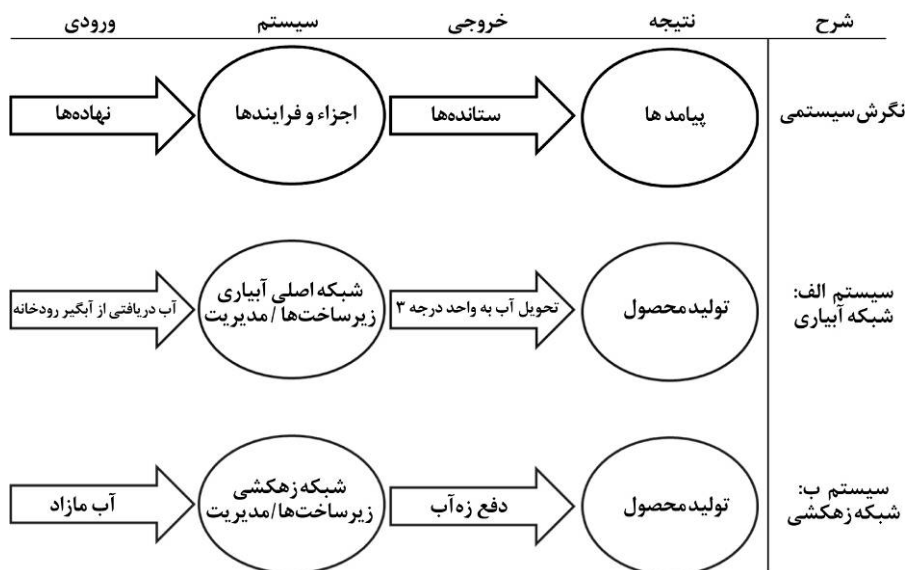
برای تشخیص شباهت (یا عدم شباهت) دو شبکه به یکدیگر می‌توان اجزاء آنها را مورد توجه قرار داد. فهرست کوتاهی از ویژگی‌های کلیدی برای هر شبکه آبیاری و زهکشی در جدول ۴-۹ آورده شده است. این فهرست می‌تواند به عنوان نقطه شروعی (یا روشی) برای تشخیص میزان شباهت دو شبکه باشد. بدیهی است، موارد مندرج در این جدول می‌تواند افزوده/ کاسته شوند. بایستی توجه نمود که میزان شباهت وابسته به هدف ارزیابی است. برای مثال، ممکن است مقایسه کارایی میان شبکه‌های با املاک بزرگ خصوصی با شبکه‌های خرده مالکی آبیاری برای دولت‌ها مطلوب باشد. زیرا، با همه تمایزات این دو با یکدیگر، اما کارایی آنها براساس معیارهای کارایی و بهره‌وری منابع مورد استفاده (زمین، آب، مالی، انسانی) سنجیده می‌شود؛ و نتایج آن می‌تواند در تدوین سیاست‌ها و تخصیص منابع مالی برای دولت‌ها مفید باشد.

قیاس‌گیری نوعی مقایسه کارایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی است که بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. قیاس‌گیری به دنبال مقایسه کارایی «بهترین شبکه» با کارایی سایر شبکه‌ها و درک دلایل تفاوت کارایی میان آنها است. منظور از بهترین شبکه، شبکه‌ای با برترین کارایی است. برای قیاس‌گیری، ابتدا ارزیابی عملیاتی به منظور تعیین کارایی هر شبکه، صورت می‌پذیرد. این ارزیابی اولیه معمولاً مبتنی بر خروجی‌های شبکه (تحویل آب، تولید محصول و ...) است. در مرحله بعدی مقایسه میان شبکه‌ها (قیاس‌گیری) انجام می‌گیرد. پایین بودن کارایی هر شبکه در هر یک از این موارد (در قیاس با «بهترین شبکه») دلیلی بر ضعف عملکرد آن می‌باشد. به دنبال قیاس‌گیری، معمولاً «ارزیابی تشخیصی» برای تعیین دلایل ضعف در شبکه‌های با کارایی پایین به انجام می‌رسد. ارزیابی تشخیصی بایستی به دو مورد پاسخ دهد: (۱) چه چیزی باعث پایین بودن نسبی کارایی شبکه شده است؛ و (۲) چه اقداماتی برای افزایش کارایی شبکه بایستی صورت گیرد.

جدول ۴-۹ ویژگی‌های کلیدی شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

| ویژگی | حالات محتمل | شرح | مثال |
|--|---|---|--|
| مساحت اراضی فاریاب شبکه | - | مشخص‌کننده مقیاس و اندازه‌ی (بزرگ، متوسط، کوچک) شبکه آبیاری است | ۸۵۶۷ هکتار |
| مساحت تحت آبیاری سالانه | تحت آبیاری با آب سطحی تحت آبیاری با آب زیرزمینی | بیانگر تراکم کاربری اراضی و تناسب بین کاربرد آب سطحی و زیرزمینی است | ۷۲۶۷ هکتار ۴۲۴۳ هکتار سطحی ۳۰۱۴ هکتار آب زیرزمینی |
| اقلیم/ آب‌وهوا | خشک، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، مرطوب | مشخص‌کننده وضعیت اقلیمی منطقه است که براساس آن تنوع گیاهان قابل کشت مشخص می‌گردد | مدیترانه‌ای |
| متوسط بارش سالانه | - | موقعیت اقلیمی منطقه را بهتر شرح داده و نیز در نیاز شبکه به آبیاری/ زهکشی دخالت دارد | ۴۴۰ میلی‌متر |
| متوسط سالانه تبخیرتعرق مرجع منابع آب | - | موقعیت اقلیمی منطقه را بهتر شرح داده و نیز در برآورد نیاز آبیاری مؤثر است | ۷۸۰ میلی‌متر |
| روش برداشت آب | سد، بند، آب‌زیرزمینی، کاربرد توأم آب سطحی و زیرزمینی پمپاژ، ثقلی، آرتزین | تشریح‌کننده قابلیت استحصال و اعتمادپذیری منابع تأمین آب آبیاری بر الگوی تأمین آب و قیمت آب تأثیر دارد | سد با ذخیره یک‌ساله در بالادست یک شبکه آبخوان تأمین ثقلی از رودخانه، پمپاژ از آب زیرزمینی |
| زیرساخت‌های آبیاری و انتقال آب | کانال/ لوله پوشش‌شده/ خاکی | بر حداکثر کارایی قابل دستیابی تأثیر می‌گذارد | نهر، کانال‌های درجه یک و دو پوشش شده |
| نوع توزیع آب | تقاضا، توافقی، عرضه محور | بر حداکثر کارایی قابل دستیابی تأثیر می‌گذارد | حسب تقاضا، توافقی |
| میزان و نوع منابع ذخیره آب | سد، در شبکه (بر روی کانال، در کنار کانال، در مزارع، ذخیره یک‌ساله، ذخیره فصلی، ذخیره شبانه) | بر قابلیت تأمین آب (اعتمادپذیری، مقدار و زمان تحویل آب) تأثیر می‌گذارد | سد یک‌ساله بر روی رودخانه در بالادست شبکه، بدون ذخیره در سطح شبکه |
| روش آبیاری مزارع | سطحی: جویچه‌ای، کرتی، نواری بارانی: گان، سنتریپوت، متحرک خطی قطره‌ای: سطحی و زیرسطحی | بر حداکثر کارایی قابل دستیابی تأثیر می‌گذارد | روش جویچه‌ای و مقداری آبیاری بارانی و قطره‌ای (در حال ازدیاد) |
| ترکیب کشت (گیاهان کشت‌شده و درصد هرکدام) | - | تشریح‌کننده وضعیت کشاورزی فاریاب است | پنبه (۵۳٪) انگور (۲۷٪) ذرت (۱۷٪) سایر محصولات (۳٪) |
| مساحت مزارع | - | از جهت مقایسه میان شبکه‌ها و مالکیت اراضی مهم است | ۵-۰ هکتار (۲۰٪) ۵-۲۰ هکتار (۴۰٪) ۲۰-۵۰ هکتار (۲۰٪) بیشتر از ۵۰ هکتار (۲۰٪) |
| نوع مدیریت شبکه | مؤسسات دولتی، شرکت خصوصی، مدیریت توأم (دولتی آب‌بران)، آب‌بران | بر حداکثر کارایی قابل دستیابی تأثیر می‌گذارد | مدیریت منابع آب دولتی است و مدیریت شبکه برعهده انجمن آب‌بران است |

در هر حال، در فرایند قیاس‌گیری بایستی توجه ویژه‌ای به اهداف هر شبکه مبذول گردد؛ زیرا شبکه‌های مختلف اهداف متفاوتی دارند. علاوه بر این، بایستی توجه گردد که مطلوب یا نامطلوب بودن سطوح کارایی شبکه امری قطعی و جهانی نیست و در شبکه‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد. برای مثال،



شکل ۲-۹ ورودی، سیستم، خروجی و نتیجه در شبکه آبیاری و زهکشی.

آبیاری از منظر کشاورزان امری مطلوب ولی از نظر ماهیگیران و آب‌بران پایین دست نامطلوب است؛ زیرا زه آب آبیاری برای ایشان مشکلاتی پدید می‌آورد.

گستره و مرز

ارزیابی کارایی در محدوده معینی صورت می‌پذیرد؛ و از این رو نیازمند تعیین گستره و تعریف مرزها می‌باشد. حداقل دو مرز اصلی، در ابعاد زمانی و مکانی، بایستی تعریف شوند. مرز مکانی، تعیین کننده سطح اراضی و یا تعداد شبکه‌های تحت پوشش (برای مثال: یک کانال درجه دو، یک شبکه و یا تعداد زیادی شبکه)؛ و مرز زمانی، مشخص کننده گستره زمانی (یک هفته، یک فصل و یا چندسال) ارزیابی می‌باشند. گاهی اوقات مرزهای دیگری نیز وجود دارند که کمتر جلوه داده می‌شوند (مرزهایی مرتبط با جنبه‌های دیگر ارزیابی کارایی مانند فنی، سازمانی و مالی). این نوع مرزها برای بررسی درجه تأثیر عوامل دیگر در کارایی شبکه تعریف می‌گردند؛ برای مثال، اینکه آیا وجود برخی «قوانین مرتبط با تأسیس انجمن‌های آب‌بران» تأثیری بر کارایی شبکه آبیاری و زهکشی دارند؟ و اگر بلی، چه نوع تأثیر و چه میزان؟

کاربرد نگرش سیستمی در ارزیابی شماها/شبکه‌ها در کتب بهتری از گستره و مرز ایجاد می‌نماید. مطابق شکل ۲-۹، در نگرش سیستمی بر «نهادها»، «اجزاء و فرایندهای سیستم»، «ستاندها» و «نتایج» توجه ویژه می‌شود. اندازه‌گیری ستاندها و نهادها و قیاس این دو با یکدیگر اطلاعاتی در مورد اثربخشی و بازده سیستم را فراهم می‌نماید. مسلماً اجزاء و فرایندهای سیستم در تبدیل نهادها به ستاندها مؤثر هستند. برای

مثال وجود زیرساخت‌های خوب و کافی و نیز مدیریت صحیح موجب افزایش بازده و اثربخشی شبکه می‌شود که نهایتاً دستیابی به حداکثر بهره‌وری را ممکن خواهد نمود. ستانده‌ها، خروجی‌های سیستم هستند ولی به دنبال آنها نتایج دیگری مورد انتظار می‌باشند. در شکل ۲-۹ دو مثال از سیستم‌های آبیاری و زهکشی مورد تجزیه قرار گرفته‌اند.

بر اساس تعریف مرزهای ارزیابی کارایی، داده‌های مورد نیاز تفاوت خواهند نمود. برای مثال، اگرچه اندازه‌گیری «دبی کانال‌ها» اطلاعات مفیدی برای تحلیل کارایی «شبکه آبیاری» فراهم می‌نماید؛ اما این داده برای تحلیل کارایی یک «شمای آبیاری و زهکشی» اطلاعات کافی فراهم نخواهد آورد. ارزیابی کارایی شمای آبیاری، علاوه بر جمع‌آوری داده‌هایی از شبکه کشاورزی فاریاب نیازمند جمع‌آوری داده‌هایی از سیستم اقتصاد کشاورزی و اجتماعی نیز می‌باشد. زیرا، شمای آبیاری خود سیستمی مرکب از زیرسیستم‌های خردتر (شبکه، جامعه روستائی، اقتصاد) است. مسلماً کارایی شبکه آبیاری (برای مثال تأمین آب کافی و به موقع) بر کارایی سیستم اقتصاد کشاورزی (برای مثال درآمد کشاورز) مؤثر است. لذا بایستی در ارزیابی سیستم‌های فراگیرتر، ارزیابی زیرسیستم‌ها لحاظ گردد (رجوع شود به: شکل ۲-۲، فصل ۲).

گام دوم: طرح‌ریزی و طراحی «برنامه ارزیابی کارایی»

پس از مشخص شدن مبنای برنامه ارزیابی کارایی (هدف و دامنه)، می‌توان برنامه ارزیابی کارایی را طرح‌ریزی و طراحی نمود. در این مرحله بایستی پاسخ پرسش‌های کلیدی زیر مشخص شود:

- معیارهای مورد استفاده چیست؟
- از چه نشانگرهای کارایی می‌توان استفاده کرد؟
- چه داده‌هایی مورد نیاز است؟
- توسط چه کسی، چگونه، کجا و چه‌زمانی داده‌ها جمع‌آوری می‌شوند؟
- خروجی مورد نیاز به چه نحوه‌ای گزارش خواهد شد؟

معیارهای ارزیابی و اهداف پروژه

در متون مختلف اصطلاحات «معیارهای کارایی»، «نشانگرهای کارایی» و «روش‌های کارایی» توسط نویسندگان مختلف در معانی متفاوتی ظاهر گشته‌اند. در ادامه به منظور روشن شدن این مفاهیم به تعریف اصطلاحات معیارهای کارایی (Performance Criteria)، اهداف فرعی (Objectives)، نشانگرهای کارایی (Performance Indicators) و مقدار هدف (Target) پرداخته می‌شود.

معیارها شامل مواردی در شبکه/شمای هستند که برای مدیران شبکه (انجمن آبران) اصل شمرده می‌شوند. برای مثال: «بهره‌وری در تولید»، «عدالت در توزیع امکانات»، «پایداری منابع»، «اعتمادپذیری» و «رضایت‌مندی گروداران» به عنوان معیار در بسیاری از شبکه‌ها/شماهای آبیاری و زهکشی پذیرفته شده‌اند.

جدول ۵-۹ مثالی از ارتباط اهداف فرعی، معیارها، نشانگرهای کارایی و مقادیر هدف با یکدیگر.

| اهداف فرعی | معیار | نشانگر کارایی | مقدار هدف |
|--------------------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------|
| حداکثر نمودن سطح برداشت محصول | بهره‌وری | کاهش سطح آیش | ۲۰۵۲ هکتار (۱۰۰٪) |
| حداکثر نمودن تولید محصول | بهره‌وری | مقدار کل تولید محصول | ۷۶۰۰ تن |
| حداکثر نمودن ارزش کل محصولات | بهره‌وری | ارزش کل محصولات | ۱۰۶۷۲۳۸ واحد پولی |
| حداکثر نمودن بهره‌وری آب | بهره‌وری | مقدار محصول تولیدی به‌ازای هر مترمکعب | ۰٫۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب |
| | | ارزش محصول تولیدی به‌ازای هر مترمکعب | ۰٫۲۳ واحد پولی بر مترمکعب |
| حداکثر نمودن عدالت در توزیع آب | عدالت | مساحت کشت‌شده به مساحت برداشت‌شده | ۱٫۰ |
| | | نسبت کارایی تحویل آب | ± ۱۰٪ مقدار مقرر |

اهداف فرعی براساس معیارها شکل می‌گیرند. برای مثال: «افزایش تولیدات کشاورزی»، «اطمینان از عرضه عادلانه آب به کشاورزان» و «بهینه‌سازی بازده توزیع آب» نمونه‌هایی از اهداف فرعی برای شبکه‌های آبیاری و زهکشی هستند.

توفیق/عدم توفیق یک شبکه یا شمای با اندازه‌گیری رشد یا نزول شبکه در امتداد معیارها به‌انجام می‌رسد. برای کنترل وضعیت شبکه/شمای نشانگرهای کارایی مشخص و اندازه‌گیری می‌شوند. در واقع، سطح دستیابی شبکه به اهداف فرعی براساس همین نشانگرها قابل ارزیابی است. مثال‌هایی از نشانگرها عبارتند از: کل محصول تولیدشده، سطح زیر کشت/آیش، بهره‌وری آب (کیلوگرم محصول یا واحد پولی سود بر متر مکعب آب)، و مساحت اراضی ماندابی.

در برنامه‌های شبکه، دستیابی به اهداف کمی (مقدار هدف: Target) در زمان معین مشخص شده است. از وظایف ارزیابی شبکه بررسی توفیق مدیران شبکه در پیاده‌سازی برنامه‌ها و دستیابی به این اهداف کمی در زمان مقرر می‌باشد. معمولاً برای هر سال مقادیر هدف در برنامه مشخص و اعلام می‌شوند.

در هر حال، پس از تعیین موارد چهارگانه فوق در طرح‌ریزی و طراحی برنامه ارزیابی، فهرست داده‌های مورد نیاز ارزیابی براساس نشانگرهای کارایی تهیه می‌گردد. آنگاه، داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری، پردازش و تجزیه و تحلیل می‌شوند. برای نتیجه‌گیری و تشخیص خوبی یا بدی نتایج، بایستی مراجع قیاس (استانداردها، مقادیر آستانه، مقادیر پتانسیل و یا سایر مقادیر قابل مقایسه) برای نشانگرها معلوم باشند. مثالی از اهداف فرعی و مقادیر هدف برای یک شبکه در جدول ۵-۹ آورده شده است. می‌توان برای ارزیابی پایداری شبکه از بررسی برخی از نشانگرهای مندرج در جدول در طول زمان استفاده نمود. برای مثال، پایش مستمر مقادیر هدف برای «سطح برداشت» و «تولید محصول» برای ارزیابی وضعیت پایداری شبکه مناسب است.

بسته به نوع و دامنه ارزیابی، ممکن است معیارهای ارزیابی کارایی لزوماً همان معیارهای شبکه نبوده و با آنها تفاوت داشته باشند. در جدول ۶-۹ انتظارات افراد مختلف از یک شمای آبیاری ارائه شده که تفاوت زیاد دیدگاه‌ها به‌خوبی در آن مشهود است. برای مثال، ممکن است دولت در نظر داشته باشد تا کارایی یک شمای آبیاری را در رابطه با «نیازهای اقتصادی کشور» و یا «پایداری محیط‌زیست پیرامونش»

جدول ۶-۹ معیارهای کارایی مطلوب از منظر افراد مختلف.

| | |
|----------------------|---|
| افراد | اولین معیار محتمل برای مطلوبیت کارایی سیستم از منظر هر فرد |
| کارگران | افزایش تقاضا برای کارگر، افزایش روزهای کاری و دستمزد (اشتغال و دستمزد بیشتر) |
| کشاورز | دریافت آب کافی، به‌موقع، به‌راحتی و قابل پیش‌بینی از شبکه |
| مهندس آبیاری | بازده بالا برای شبکه اصلی (درجه یک و دو)، از تأسیسات سراب تا آبیگرهای واحد درجه ۳ |
| متخصص اقتصاد کشاورزی | پایداری (یکنواختی) تولید مزارع و درآمد کشاورزان |
| اقتصاددان | نرخ بازگشت سرمایه بالا برای سرمایه‌گذاری صورت گرفته |
| متخصص اقتصاد سیاسی | توزیع عادلانه منافع شبکه، به‌ویژه برای اقشار ضعیف |
| متخصص محیط‌زیست | پایین بودن مقادیر آلودگی (کودها و سموم) در زه‌آب‌ها و نفوذ عمقی |

ارزیابی نماید؛ ممکن است «حداقل نمودن تخلیه آلودگی به محیط» جزء اهداف فرعی این شِمای نباشد. اما، سازمان محیط‌زیست استانداردهای خاص خود را داشته و می‌تواند کارایی شِمای مذکور را از این جهات مورد ارزیابی قرار دهد. در واقع، معیارهای این ارزیابی‌ها با اهداف شِمای متفاوتند؛ ولی به‌این معنا نیست که ارزیابی شِمای در مقابل برخی معیارهای خارجی ممکن نباشد.

وقتی ارزیابی کارایی یک شبکه/شِمای براساس معیارهای خود آن باشد، کار آسان می‌شود. البته، به‌شرط آنکه معیارها/اهداف فرعی آن صریحاً بیان شده باشند. ولی زمانی که این اهداف به‌صراحت برای یک شبکه بیان نشده باشند، کاری سخت در پیش خواهد بود. تدوین هدف اصلی، معیارها و اهداف فرعی بخش مهمی از فرایند مدیریت هر سازمانی است. در این زمینه مطالب زیادی در حوزه علوم مدیریت تجاری وجود دارد. برخی نکات کلیدی شناسایی اهداف مدیریت شبکه آبیاری (و ارزیابی کارایی آن) به شرح زیر می‌باشند:

۱. صریح یا ضمنی: اهداف می‌توانند صریح و به‌وضوح اعلام شوند، یا ضمنی باشند، یعنی به‌جای اعلام کردن فرض شده‌اند. برای مثال: هدف صریح برای شِمای آبیاری «گنگ کوباداک» در بنگلادش «تولید غذا» بوده؛ و هدف ضمنی آن حفاظت از اراضی تحت آبیاری در مقابل سیل رودخانه گنگ و پیشگیری از خسارات بوده است. برای ارزیابی کارایی، شناسایی هر دو نوع هدف مهم می‌باشد.

۲. سلسله‌مراتب اهداف اصلی: هر سیستم ممکن است اهداف متفاوتی در سطوح مختلف داشته باشد؛ که این اهداف یک ارتباط سلسله‌مراتبی با یکدیگر دارند. مانند آنچه قبلاً گفته شد (رجوع شود به: شکل ۳-۵، فصل ۳)، اهداف توسعه شِمای آبیاری در سطوح مختلف ممکن است به‌صورت زیر تعریف شوند:

- توزیع مناسب و تحویل به‌موقع/به‌اندازه آب (نقش شبکه) {پایین‌ترین مرتبه}؛
- استفاده مناسب از نهاده‌های کشاورزی (نقش مدیریت مزرعه)؛
- فروش محصولات کشاورزی با سود بیشتر؛
- بهبود (افزایش سطح و تنوع) خدمات اجتماعی؛
- بهبود رفاه کشاورزان {بالا‌ترین مرتبه}.

جدول ۷-۹ مقایسه اهداف فرعی در دو واحد تولید کشاورزی دولتی و روستایی و رتبه و وزن‌های اهداف

| اهداف فرعی | دولتی | | روستایی | | نشانگر کارایی | مقدار هدف |
|---------------------------------|-------|------|---------|------|---------------------------------------|----------------------------|
| | وزن | رتبه | وزن | رتبه | | |
| حداکثر نمودن سطح برداشت محصول | ۶ | ۵ | ۹ | ۲ | کاهش سطح آیش | ۲۰۵۲ هکتار (۱۰۰٪) |
| حداکثر نمودن تولید محصول | ۷ | ۴ | ۶ | ۳ | مقدار کل تولید محصول | ۷۶۰۰ تن |
| حداکثر نمودن ارزش کل محصولات | ۱۰ | ۱ | ۶ | ۴ | ارزش کل محصولات | ۱۰۶۷۲۳۸ واحد پولی |
| حداکثر نمودن بهره‌وری آب (وزنی) | ۹ | ۲ | ۸ | ۵ | مقدار محصول تولیدی به‌ازای هر مترمکعب | ۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب |
| حداکثر نمودن بهره‌وری آب (پولی) | ۸ | ۳ | ۷ | ۶ | ارزش محصول تولیدی به‌ازای هر مترمکعب | ۰/۰۲۳ واحد پولی بر مترمکعب |
| حداکثر نمودن عدالت در توزیع آب | ۲ | ۶ | ۱۰ | ۱ | مساحت کشت شده به مساحت برداشت شده | ۱/۰ ± مقدار مقرر |
| | | | | | نسبت کارایی تحویل آب | |

توضیح: یک (۱) کمترین وزن و ۱۰ بیشترین وزن می‌باشد. یک (۱) بالاترین رتبه و ۶ پایین‌ترین رتبه می‌باشد.

هر یک از این اهداف در سطح سیستمی خود، دارای اهمیت می‌باشند. دستیابی به اهداف مراتب بالاتر، نیازمند دستیابی به اهداف در مراتب پایین‌تر است. این «سلسله‌مراتب اهداف» از بخش‌های جدایی‌ناپذیر «چارچوب منطقی طرح‌ریزی پروژه» است. برای ارزیابی شیماهای آبیاری و زهکشی شناخت هدف هر مرتبه و ارتباط آن با اهداف سایر مراتب، از خروجی تا پیامد و تا هدف‌نهایی (مقصود) ضروری است.

رتبه‌بندی و یا وزن‌دهی اهداف فرعی: در یک شبکه ممکن است اهداف فرعی متعددی وجود داشته باشد. در چنین صورتی برای جمع‌بندی نتایج ارزیابی کارایی شبکه، رتبه‌بندی و یا وزن‌دهی این اهداف ضروری است. این فرایند معمولاً «تحلیل چندمعیاره» نامیده می‌شود. یک نمونه از وزن‌دهی و رتبه‌بندی اهداف، برای دو حالت که شیمای آبیاری به‌عنوان یک واحد دولتی و یا یک واحد مربوط به روستایان باشد، در جدول ۷-۹ ارائه شده است. ممکن است مهمترین هدف فرعی برای واحد دولتی حداکثرسازی ارزش تولیدات باشد، درحالی‌که برای یک واحد مربوط به روستایان حداکثرسازی عدالت در توزیع آب مهمترین هدف است.

نشانگرهای کارایی

کارایی با استفاده از نشانگرهایی که برای محاسبه آنها داده‌ها جمع‌آوری و ثبت می‌شوند، اندازه‌گیری می‌گردد. نشانگرها سطح کارایی را مشخص می‌نمایند؛ و تحلیل زمانی - مکانی آنها نسبت به یکدیگر اطلاعات مفیدی در مورد وضعیت و روند کارایی شبکه را به‌دست می‌دهد. همچنین، مقادیر هدف (که معمولاً براساس نشانگرها تعیین می‌شوند) در تحلیل نشانگرها و تعیین وضعیت کارایی سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند. درک ارتباط بین معیارها (که کارایی در امتداد آنها تفسیر می‌شود) و نشانگرها (که کارایی

جدول ۸-۹ مثال‌هایی از ارتباط میان معیارها و نشانگرهای کارایی

| نشانگر کارایی | | معیار |
|-------------------------|--|---|
| سیستم آبیاری و زهکشی | سیستم کشاورزی فاریاب | سیستم اقتصاد کشاورزی |
| نسبت تراز آب | - | - |
| نسبت مصرف سراسری | متوسط تولید محصول هر | متوسط ارزش محصولات |
| نسبت کارایی تحویل آب | کشاورز نسبت به نیاز خانوار | تولیدی هر کشاورز به خط فقر |
| نسبت مصرف سراسری | توزیع مکانی: نوع کشت، تولید محصول، آیش | توزیع مکانی درآمد کشاورزان |
| نسبت کارایی تحویل آب | تعداد ساله‌ای دستیابی به تولید محصول مورد انتظار | تعداد ساله‌ایی که درآمد کشاورزان خوب بوده است |
| نسبت مصرف سراسری | تولید محصول | نسبت هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری به کل شبکه |
| نسبت مصرف سراسری | - | نسبت بازگشت داخلی سرمایه سودآوری مزرعه |
| نسبت کاربرد آب در قطعات | تولید محصول | نسبت بازگشت سرمایه خودکفایی مالی |
| نسبت زه‌آب به آب تحویلی | - | نسبت هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری به کل شبکه |
| - | تولید محصول | نسبت دریافت پدازه‌ها |
| - | - | نسبت دریافت پدازه‌ها |
| کارآمدی زیرساخت‌ها | پایداری اراضی قابل آبیاری | پایداری |
| عمق آب زیرسطحی | - | - |
| (سطح ایستایی) | - | - |
| مقدار نشانگر شوری | - | - |

جدول ۹-۹ نمونه‌هایی از نشانگرهای مشترک برای نهاده‌ها و ستانده‌ها در سیستم‌های تودرتو

| معیار | نشانگر مشترک | سیستم‌های مربوطه |
|----------|----------------------------------|---|
| بهره‌وری | بهره‌وری آب (kg/m^3) | بین سیستم آبیاری و سیستم کشاورزی فاریاب |
| بهره‌وری | بهره‌وری زمین (kg/ha) | بین سیستم آبیاری و سیستم اقتصاد کشاورزی |

به وسیله آنها سنجش می‌شود) بسیار مهم می‌باشد. با استفاده از مفهوم سیستم‌های تودرتو (رجوع شود به: شکل ۲-۲، فصل ۲)، معیارها و نشانگرهای کارایی برای سیستم‌های «آبیاری و زهکشی»، «کشاورزی فاریاب» و «اقتصاد کشاورزی» در جدول ۸-۹، به عنوان یک مثال، ارائه شده است. توجه شود که معمولاً معیارهای کارایی برای هر سیستم متفاوت تعریف می‌شوند. البته، در نظر گرفتن نشانگرهای مشترک برای نهاده‌ها و ستانده‌های سیستم‌های تودرتو مفید است؛ که به عنوان نمونه در جدول ۹-۹ آورده شده است.

داده‌های مورد نیاز

پس از شناسایی معیارهای کارایی و تعیین نشانگرها برای برنامه‌ریزی ارزیابی کارایی، داده‌های مورد نیاز باید فهرست شوند. در جدول ۱۰-۹ برخی نشانگرهای مورد استفاده در ارزیابی شبکه/شیمای آبیاری معرفی شده‌اند. داده‌های مورد نیاز برای تعیین این نشانگرها با توجه به تعریف آنها (مثلاً عوامل مندرج در صورت و مخرج کسر) مشخص می‌شوند.

جدول ۱۰-۹ تعیین داده‌های مورد نیاز براساس تعریف نشانگرهای ارزیابی کارایی

| نشانگر | تعریف | دامنه (مقدار مطلوب) | توضیحات |
|------------------------------------|--|------------------------|--|
| نسبت اراضی کشت‌شده (تراکم سطح کشت) | $\frac{\text{kg}}{\text{kg}} = \frac{\text{سطح واقعی کشت‌شده}}{\text{سطح اراضی فاریاب}}$ | ۰ تا ۱ | سهام مطلوب برای آیش اراضی در شبکه تابع عوامل متعددی است. تغییرات این نشانگر بیانگر تغییر در ترکیب کشت است. |
| تولید محصول | $\frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{\text{تولید محصول}}{\text{سطح زیر کشت محصول}}$ | ۰ تا ∞ | حداکثر قابل دسترسی تولید «پتانسیل» نامیده می‌شود و برای محصول / منطقه / مدیریت / فناوری قابل برآورد است. |
| پایداری اراضی فاریاب ۱ | $\frac{\text{ha}}{\text{ha}} = \frac{\text{متوسط سطح کشت حال حاضر}}{\text{سطح اولیه اراضی فاریاب}}$ | ۰ تا ۱ | وجود تغییرات منفی در این نشانگر، ناپایداری (کاهش سطح اراضی فاریاب) را گزارش می‌نماید. |
| نسبت مصرفی سراسری | $\frac{\text{mm}}{\text{mm}} = \frac{\text{باران مؤثر - نیاز آبی گیاهان}}{\text{آب تحویلی به اراضی ایخور}}$ | ۰ تا ۱ تا ∞ | کمتر و بیشتر از ۱ یعنی برای آبیاری اراضی آب بیشتر یا کمتر داده شده است. عدد مطلوب برابر بهترین اراندمان انتقال G راندمان کاربرد می‌باشد. |
| نسبت کارایی تحویل آب | $\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} = \frac{\text{جریان واقعی در هر نقطه از شبکه}}{\text{جریان مورد نظر برای آن نقطه}}$ | ۰ تا ۱ تا ∞ | در هر نقطه از شبکه، مقدار معینی آب باید به پایین دست تحویل شود. تحویل کمتر یا بیشتر با اصل عدالت در توزیع آب مغایرت دارد. |
| بهره‌وری آب | $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{محصول برداشت‌شده}}{\text{حجم آب تحویل‌شده}}$ | ۰ تا ∞ | هرچه بیشتر، بهتر. |
| نسبت تراز آب | $\frac{\text{m}}{\text{m}} = \frac{\text{سطح واقعی آب در کانال}}{\text{سطح طراحی شده آب در کانال}}$ | ۰ تا ۱ تا ∞ | تراز آب در کانال شبکه نقشی اساسی در تحویل آب دارد. |
| نسبت کاربرد آب در قطعه | $\frac{\text{mm}}{\text{mm}} = \frac{\text{باران مؤثر - نیاز آبی گیاهان}}{\text{حجم آب تحویلی به قطعات}}$ | ۰ تا ۱ تا ∞ | کمتر و بیشتر از ۱ یعنی برای آبیاری قطعه آب بیشتر یا کمتر داده شده است. عدد مطلوب برابر بهترین راندمان کاربرد (حدود ۰/۶ تا ۰/۹) می‌باشد. |
| کارآمدی زیرساخت‌ها | $\frac{\text{تعداد زیرساخت‌های کارآمد}}{\text{تعداد کل زیرساخت‌ها}}$ | ۰ تا ۱ | وجود تغییرات زمانی منفی در این نشانگر، عدم کفایت عملیات O&M را گزارش می‌نماید. |
| عمق ایستایی | عمق ایستایی (m) | ۰ تا ∞ | مقدار مطلوب: \geq (عمق ریشه + ۰/۵ متر) |
| نشانگر شوری | $\frac{\text{mmho/cm}}{\text{mmho/cm}} = \frac{\text{شوری موجود}}{\text{آستانه تحمل گیاه به شوری}}$ | ۰ تا ۱ تا ∞ | وجود تغییرات زمانی مثبت در این نشانگر، بسیار خطرناک تلقی می‌شود. |
| نسبت هزینه بهره‌وری و نگهداری | $\frac{\text{هزینه MOM}}{\text{کل بودجه مورد نیاز برای پایداری شبکه}}$ | ۰ تا ۱ | هزینه‌کرد کم یا زیاد برای MOM مناسب نیست. بنابراین برای هر شبکه عددی متفاوت (حدود ۰/۲ تا ۰/۴) است. |
| نسبت دریافت پردازه‌ها | $\frac{\text{مجموع پردازه‌های دریافت‌شده}}{\text{مجموع پردازه‌ها}}$ | ۰ تا ۱ | نشانی از قدرت مالی مدیریت شبکه است. |

منظور از اراضی فاریاب مساحت کلیه زمین‌هایی است که تحت شبکه (قابل آبیاری) هستند؛ و در هر فصل شامل اراضی در حال آبیاری و اراضی آیش می‌شوند.

جمع آوری داده (چه کسی؟ چگونه؟ کجا؟ چه زمانی؟)

در مرحله طرح‌ریزی و طراحی «برنامه ارزیابی کارایی»، ضروری است تا مشخص شود که داده‌ها توسط چه کسی، چگونه، کجا و چه زمانی جمع‌آوری خواهند شد. با بررسی اولیه مشخص می‌شود که کدام داده‌های مورد نیاز در دسترس هستند و کدام وجود نداشته و باید تهیه شوند. در صورت عدم وجود داده‌ها، ممکن است تهیه آنها نیازمند مراحل اضافی و تجهیزات ویژه (مانند ثبت خودکار سطح آب) باشد. برای این کار، هزینه‌های مربوطه باید برآورد شده و در «بودجه ارزیابی کارایی» لحاظ شود. برای درک کارایی یک شبکه آبیاری و زهکشی نیازی نیست که داده‌ها از تمامی نقاط شبکه برداشت شوند؛ زیرا این

جدول ۹-۱۱ نمونه‌ای از برنامه زمانی جمع‌آوری داده‌ها، چه‌کسی، چگونه، کجا و چه‌زمانی؟

| داده | واحد | چه‌کسی | چگونه | کجا | چه‌زمانی |
|-------------------|-------------------|--------------|--|--|-------------|
| اراضی فاریاب | ha | مدیر شیمای | براساس طراحی اولیه | دفتری | - |
| تولید محصول | kg | مسئول بخش | مصاحبه با کشاورزان | نمونه‌های منتخب از | انتهای دوره |
| سطح واقعی کشت‌شده | ha | مسئول بخش | براساس داده دریافتی از کشاورزان/ یا کنترل نقطه‌ای در مزارع | واحدهای درجه ۳ برای تمامی شیمای و همراه با کنترل‌های نقطه‌ای در مزارع نمونه درجه ۳ | طی دوره |
| بهره‌وری زمین | kg/ha | مسئول بخش | نمونه‌گیری از مزارع | نمونه‌های منتخب از واحدهای درجه ۳ | زمان برداشت |
| نیاز آبی گیاه | mm/day | مهندس آبیاری | براساس روش‌های استاندارد (CROPWAT) | نمونه‌های منتخب از واحدهای درجه ۳ | طی دوره رشد |
| بارش | mm/day | میراب | براساس داده‌های باران سنجی | در ایستگاه‌های باران سنجی درون یا مجاور شیمای | روزانه |
| دبی واقعی | m ³ /s | میراب | قرائت دبی از روی اشل | در آبگیرهای واحد درجه ۱ و ۲ و ۳ | روزانه |
| دوام واقعی جریان | hr | میراب | براساس اطلاعات تحویل آب به مزارع | در آبگیرهای واحد درجه ۱ و ۲ و ۳ | روزانه |
| دبی مورد نظر | m ³ /s | مدیر شیمای | براساس تقاضای کشاورزان | دفتری | هفتگی |
| دوام مورد نظر | hr | مدیر شیمای | براساس تقاضای کشاورزان | دفتری | هفتگی |
| قیمت محصول | kg/واحدپولی | مسئول بخش | بررسی وضعیت بازار | بازارهای محلی | انتهای دوره |
| | | میراب | زرعی شبکه | | |

روش مقرون به‌صرفه نبوده و زمان‌بر است. بلکه «برنامه ارزیابی کارایی» باید در راستای «هدف» به‌دنبال جمع‌آوری نمونه‌هایی معدود (به‌عنوان نماینده بخش‌های شبکه) در حد کفایت برای انجام تجزیه و تحلیل باشد. برای مثال، مرسوم است برای مطالعه «ارزیابی کارایی مدیریت» نمونه‌هایی از واحدهای درجه سه در بالا، میانه و پایین یک شبکه آبیاری انتخاب و بررسی شوند. پس از آنکه در مورد استراتژی نمونه‌گیری و داده‌های مورد نیاز تصمیم گرفته شد، می‌توان برنامه زمانی جمع‌آوری داده‌ها را تنظیم کرد. نمونه‌ای از چنین برنامه زمانی در جدول ۹-۱۱ آورده شده است. علاوه‌براین، جدول ۹-۱۲ رابطه میان نشانگرهای مورد استفاده و داده‌های جمع‌آوری شده را مشخص نموده است.

گزارش‌دهی

در مرحله طرح‌ریزی و طراحی «برنامه ارزیابی کارایی» بهتر است که در مورد نحوه گزارش نتایج نیز چاره‌ای اندیشیده شود. آماده‌سازی پیش‌نویسی از مندرجات گزارش (فهرست مطالب، جداول و شکل‌های قابل ارائه)، کمک می‌نماید تا برنامه جمع‌آوری داده‌ها و نیز جزئیات و مراحل کار شفاف‌تر شود. معمولاً

جدول ۹-۱۲ ارتباط نشانگرهای ارزیابی با داده‌ها.

| نشانگر | | | | | | واحد | داده |
|--|--------------------|--------------------|------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| کارایی تحویل آب (m ³ /واحدپولی) | بهره‌وری آب (پولی) | بهره‌وری آب (وزنی) | نسبت مصرفی | بهره‌وری زمین (پولی) | بهره‌وری زمین (وزنی) | تراکم سطح کشت (%) | |
| | * | * | | * | * | * | اراضی فاریاب |
| | | | | * | * | * | تولید محصول |
| | | | | * | * | | سطح واقعی کشت‌شده |
| | | | * | | * | | بهره‌وری زمین |
| | | | * | | | | نیاز آبی گیاه |
| | | | * | | | | بارش |
| * | * | * | * | | | | دبی واقعی |
| * | * | * | * | | | | دوام واقعی جریان |
| * | | | | | | | دبی مورد نظر |
| * | | | | | | | دوام مورد نظر |
| | * | | | * | | | قیمت محصول |

هر گزارش برای رفع نیاز مخاطبین خاصی تهیه می‌شود. با توجه به مخاطبین گزارش، می‌توان طرحی ساده از «قالب گزارش» را تدوین نمود. این طرح شامل: فهرست مطالب، انواع داده‌ها و چگونگی ارائه آنها (جدول، نمودار،...) است. هدف «قالب گزارش» تعیین نحوه ارائه یافته‌های ارزیابی کارایی به‌نحوی مؤثر و مفید برای مخاطبین می‌باشد. گزارش باید برای پرسنل غیرفنی نیز مفید و قابل فهم باشد. برای مثال نشان دادن روند نزولی کیفیت آب طی یک دوره معین در قالب یک نمودار ساده و بدون توضیحات و جزئیات اضافی، بسیار کارآمد خواهد بود. البته، به‌همراه آن ممکن است ارائه جدولی از داده‌ها نیز که جزئیات بیشتری را شرح می‌دهد برای پرسنل فنی ضروری باشد. در جدول ۹-۱۳ مثالی برای انواع شکل‌ها و جداول قابل ارائه در یک گزارش ارزیابی کارایی آورده شده است.

پیاده‌سازی

مرحله طرح‌ریزی و طراحی برنامه ارزیابی کارایی با مرحله پیاده‌سازی ادامه می‌یابد. پیاده‌سازی شامل جمع‌آوری داده‌ها و سپس پردازش و تحلیل آنها بوده و با تنظیم و تحویل «گزارش یافته‌های ارزیابی» خاتمه می‌یابد. با توجه به ماهیت برنامه ارزیابی کارایی، پیاده‌سازی ممکن است طی دوره‌ای کوتاه‌مدت (یک هفته) و یا بلندمدت (چندسال) به‌طول انجامد. اکیداً توصیه می‌شود تا در حین پیشرفت مراحل ارزیابی، داده‌های جمع‌آوری‌شده مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند. این کار باعث می‌شود تا در صورت وجود خطا در داده‌های جمع‌آوری‌شده، اقدامات اصلاحی به‌موقع به‌عمل آید و از وقوع خطاهای بیشتر جلوگیری گردد.

جدول ۱۳-۹ نمونه‌ای از شکل‌ها و جداول قابل ارائه در یک گزارش ارزیابی کارایی

| شماره شکل | شرح |
|------------|---|
| ۱ | پلان شبکه آبیاری |
| ۲-۱۰ | نمودارستونی از دبی در مقابل زمان (روز) برای تنظیم‌کننده‌های جریان در واحدهای درجه ۱ و ۲ و نیز برای واحدهای منتخب درجه ۳ |
| ۱۱-۱۶ | نمودارهای ستونی از عمق کاربرد آبیاری در مقداری از مزارع نمونه |
| ۱۷-۲۲ | نمودار ستونی از «نسبت کارایی تحویل آب» برای تعدادی از مزارع نمونه |
| شماره جدول | شرح |
| ۱ | خلاصه وضعیت کارایی در محل سازه‌های تنظیم جریان شامل: سطح آبخور، سطح تحت آبیاری، حجم جریان، تعداد روزهای با جریان طی دوره رشد، متوسط دبی ویژه (l/s/ha) |
| ۲-۶ | خلاصه وضعیت اراضی فاریاب شامل سطوح کشت‌شده، نوع کشت، تراکم سطح کشت در واحدهای درجه ۱ و ۲ و ۳ |
| ۷-۱۲ | خلاصه داده‌های جمع‌آوری‌شده در مزارع شامل: مساحت، نوع کشت، تعداد آبیاری‌ها، عمق آبیاری، دور آبیاری، حداکثر کمبود رطوبت خاک، حجم آب عرضه شده، حجم آب مورد تقاضا، محصول تولیدشده و قیمت محصول |
| ۱۳-۱۸ | خلاصه نتایج از بهره‌وری زمین (وزنی و پولی)، بهره‌وری آب (وزنی و پولی) |

خروجی نهایی

استفاده از اطلاعات ارائه‌شده در گزارش ارزیابی کارایی، بستگی زیادی به مقصود ارزیابی دارد. به عبارت دیگر، نحوه «کاربرد» نتایج حاصل از ارزیابی کارایی، تابع «علت» اجرای ارزیابی کارایی می‌باشد. جمع‌بندی نتایج ارزیابی ممکن است به اقدامات زیر منجر گردد:

- تعریف مجدد اهداف راهبردی و/یا مقادیر هدف؛
- تعریف مجدد اهداف عملیاتی و/یا مقادیر هدف؛
- پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی مانند: آموزش کارکنان، ایجاد زیرساخت‌های جدید، انجام تعمیرات و نگهداری ویژه، تدوین دستورالعمل‌های جدید برنامه زمانی، تغییر روش‌های آبیاری، بازسازی و نوسازی شبکه.

اقدامات بیشتر

ارزیابی کارایی مشکلات و محدودیت‌ها را شناسایی می‌کند. لذا، نتایج این ارزیابی ممکن است مطالعه و بررسی بیشتری را توصیه نماید. در بسیاری موارد پس از اتمام «ارزیابی کارایی» برای شناخت علل اصلی مشکلات و محدودیت‌ها، ضرورت انجام «ارزیابی تشخیصی» مشهود می‌گردد. گاهی، برای شناخت بهتر مشکلات، نیاز به اندازه‌گیری داده‌های بیشتر شناسایی شده و در صورت وجود امکانات جمع‌آوری این داده‌ها توصیه می‌شود. برای مثال، چنانچه نتایج ارزیابی اولیه مشکل ماندابی شدن اراضی را گزارش نماید، پیشنهاد می‌شود در قالب «ارزیابی تشخیصی»، بررسی‌های لازم برای رفع حالت ماندابی زمین صورت پذیرد.

ارزیابی کارایی در سطوح مختلف

با توجه به توضیحات گفته‌شده، ارزیابی کارایی در سطوح مختلف با اهدافی متفاوت انجام می‌شود:

بخش‌های مصرف‌کننده آب: در مقایسه میان بخش‌ها، ارزیابی یک شبکه آبیاری و زهکشی به مقایسه کارایی شبکه با اهداف تنظیم‌شده برای آن در «بخش کشاورزی» می‌پردازد؛ و علاوه بر این، کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی را با کارایی آن در سایر بخش‌های مصرف‌کننده (صنعت، شهری، توریسم، ...) مقایسه می‌نماید.

شِمای آبیاری و زهکشی: در سطح شِمای، ارزیابی به چگونگی کارایی شِمای و نیز دستیابی آن به اهداف صریح و یا ضمنی آن می‌پردازد. همچنین، ارزیابی کارایی ممکن است برای مقایسه شِماهای مختلف صورت گیرد.

شبکه اصلی: در سطح شبکه اصلی، کارایی خدمات تحویل آب مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ و **واحد درجه سه:** در این سطح، کارایی تحویل آب به گیاه (یکنواختی توزیع، ...)، و نیز کارایی استفاده و کاربرد آب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقصود از ارزیابی در این سطوح مختلف و نحوه انتخاب نشانگرهای مورد استفاده برای ارزیابی کارایی در ادامه به اختصار آورده شده است. رویکردی که در این قسمت اتخاذ می‌شود عملکرد اصلی برای کانال‌های آبیاری را تحویل آب و برای کانال‌های زهکشی را دفع زه آب فرض نموده است. سایر عملکردها مانند: نگهداری، بازایی هزینه و امثال آن عملکردهای فرعی محسوب می‌شوند. گرچه، هر عملکرد دارای اهمیت خاصی است. برای مثال بازایی هزینه مهم است؛ زیرا منابع مالی برای ادامه فعالیت کارکنان شبکه ضروری است، و وجود ایشان برای نگهداری از شبکه لازم است، و نهایتاً شبکه سالم آب را در زمان مقرر و به مقدار لازم (متناسب با نیاز آبی گیاه) به منطقه توسعه ریشه گیاه می‌رساند.

بخش‌های مصرف‌کننده آب

در بسیاری از حوضه‌های رودخانه و کشورها، فشار بر منابع آب موجود زیاد بوده و برای تخصیص منابع محدود آبی میان بخش کشاورزی و سایر بخش‌های مصرف‌کننده (از جمله شهری، صنعتی، محیط‌زیست و یا توریسم) رقابتی شدید وجود دارد. برای ایجاد امکان مقایسه «بهره‌وری آب» میان بخش کشاورزی و سایر بخش‌ها؛ ارزیابی روشی مناسب به نظر می‌آید. بدین منظور برای بخش کشاورزی، ارزیابی کارایی شِماها/شبکه‌های آبیاری و زهکشی با هدف بررسی «بهره‌وری سرمایه‌گذاری مالی» (یا نرخ بازگشت سرمایه) و «بهره‌وری مصرف آب» به انجام می‌رسد. معمولاً ارزیابی در این سطح به سفارش دولت و توسط شرکت آب منطقه‌ای و یا از طریق شرکت‌های مشاور صورت می‌گیرد.

شِمای آبیاری و زهکشی

در سطح شِمای، ارزیابی کارایی بر ستانده، پیامد و اثرات (Output, Outcome, Impact) شِمای آبیاری و زهکشی تمرکز دارد. در حالت کلی منظور از «ستانده» شِمای، عمدتاً همان تولید محصولات کشاورزی است. در حالی که، «پیامدها» وضعیت معیشت و منافع مالی جامعه کشاورزان را دربر می‌گیرند. «اثرات»، ممکن است شامل اثرات محیط‌زیستی و یا تأثیرات گسترده‌تر بر جوامع روستایی و یا حتی بر اقتصاد ملی باشد. جدول ۹-۱۴ نشانگرهای کلیدی برای ارزیابی کارایی در این سطح را نمایش می‌دهد. این نشانگرها مرتبط با طیف وسیعی از موارد از جمله تولید محصولات کشاورزی، تحویل آب آبیاری، دفع زه‌آب، امور مالی و حفاظت از محیط‌زیست هستند.

شبکه اصلی

در سطح شبکه اصلی، ارزیابی کارایی بر تحویل آب تمرکز دارد؛ که خود تابع فرایندها و دستورالعمل‌های مدیریتی، بهره‌برداری و نگهداری شبکه اصلی است. در جدول ۹-۱۵ نشانگرهای کلیدی به‌منظور ارزیابی کارایی در سطح شبکه اصلی نشان داده شده‌اند.

واحد درجه سه

در این سطح، ارزیابی کارایی بر محدوده‌ای از «آبگیر واحد درجه ۳» تا «قطعات مزارع» و چگونگی کاربرد آب توسط کشاورزان، تمرکز دارد. ارزیابی کارایی می‌تواند به دو «خرد- ارزیابی» در زمینه‌های «تحویل آب» به مزارع و قطعات (که معمولاً تحت مدیریت انجمن‌های آب‌بران می‌باشد)، و «کاربرد آب» (توسط کشاورز) تفکیک شود. در این صورت، ارزیابی کارایی انجمن آب‌بران و کشاورزان جداگانه به‌انجام می‌رسد. بدیهی است، کارایی واحد درجه سه ترکیبی از کارایی هر دو (کشاورز و/یا انجمن آب‌بران) می‌باشد. علاوه‌براین، مسلماً الگوی تحویل آب (از شبکه اصلی) نیز بر کارایی واحد درجه سه مؤثر است.

یک نمونه از روش امتیازدهی برای ارزیابی «تحویل آب» در جدول ۹-۱۶ نشان داده شده است. امتیازات برای هر یک از نشانگرها براساس مقایسه دست‌آورد با مقدار هدف مشخص می‌شوند و از این طریق می‌توان نشانگرهای مختلف را با یکدیگر (براساس امتیاز) ترکیب و امتیاز متوسط هر واحد تحت ارزیابی را محاسبه نمود. برای ارزیابی «کاربرد آب» در مزارع یا قطعات نیاز به نشانگرهای فرعی تری است. برخی از این نشانگرها در جدول ۹-۱۷ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱۴-۹ نشانگرهای کلیدی برای ارزیابی کارایی MOM در سطح شیمیایی.

| نشانگر | تعریف |
|---|--|
| تولید کشاورزی | |
| مجموع تولید محصولات برای هر فصل رشد تراکم سطح کشت | کل محصولات کشاورزی به تفکیک محصول در اراضی آبخور سطح واقعی کشت شده |
| کل ارزش محصولات کشاورزی در هر فصل رشد بهره‌وری زمین (وزنی) | ارزش کسب شده توسط تولیدکننده مجموع تولید محصولات برای هر فصل رشد سطح کل اراضی فاریاب (آبخور) |
| بهره‌وری زمین (پولی) | مجموع درآمد محصولات برای هر فصل رشد سطح کل اراضی فاریاب (آبخور) |
| بهره‌وری آب (وزنی)، برحسب آب آبیاری (کاربرد شده) | مجموع تولید محصولات برای هر فصل رشد مجموع حجم آب آبیاری به کاررفته |
| بهره‌وری آب (وزنی)، برحسب تبخیر تعرق گیاه | مجموع تولید محصولات برای هر فصل رشد مجموع آب مورد نیاز گیاه |
| بهره‌وری آب (پولی)، بر حسب آب آبیاری (کاربرد شده) | مجموع درآمد محصولات برای هر فصل رشد مجموع حجم آب آبیاری به کاررفته |
| بهره‌وری آب (پولی)، بر حسب تبخیر تعرق گیاه | مجموع درآمد محصولات برای هر فصل رشد مجموع آب مورد نیاز گیاه |
| تحويل آب آبیاری | |
| ظرفیت تحويل آب | ظرفیت کانال شبکه در محل آبیگری نیاز حداکثر آب آبیاری در همان آبیگر |
| مجموع حجم آب آبیاری به کاررفته | کل حجم آب برداشت شده (بند انحرافی، پمپاژ، ...) برای آبیاری بدون منظور نمودن استفاده مجدد از زه‌آب در درون شبکه |
| آب آبیاری به کاررفته در هکتار (طی فصل رشد) | مجموع حجم آب آبیاری به کاررفته پایین دست یک نقطه کنترلی سطح کل اراضی فاریاب (آبخور) همان نقطه کنترلی |
| بازده فصلی تحويل آب در شبکه اصلی (طی فصل رشد) | کل حجم آب آبیاری تحويل شده به واحدهای درجه سه کل حجم آب آبیاری وارد شده به شبکه اصلی |
| عرضه نسبی آب آبیاری طی فصل رشد | کل حجم آب آبیاری تحويل شده به مزرعه (مزارع) مجموع آب مورد نیاز گیاهان در مزرعه (مزارع) |
| مالی | |
| کل هزینه MOM به‌ازای هر هکتار (طی فصل رشد) | کل هزینه MOM |
| مجموع هزینه‌های MOM به‌ازای یک مترمکعب آب (عرضه شده طی فصل رشد) | کل مساحت اراضی آبخور شبکه |
| مجموع هزینه‌های نگهداری بر واحد سطح (طی فصل رشد) | کل هزینه فصلی MOM |
| نسبت هزینه‌های نگهداری (طی فصل رشد) | کل حجم آب آبیاری عرضه شده در همان فصل |
| نسبت اعتبارات MOM | کل هزینه‌های نگهداری (آبخور) سطح کل اراضی فاریاب (آبخور) |
| نسبت جمع‌آوری پرده‌ها | کل هزینه‌های نگهداری |
| سود مزرعه به‌ازای هر هکتار (برای فصل رشد یا سالانه) | کل هزینه MOM |
| دفع زه‌آب | درآمد واقعی سالانه |
| شوری آب خاک (عصاره اشباع) | بودجه مورد نیاز برای MOM |
| شوری آب در نهرهای زهکش | مجموع پرده‌های جمع‌آوری شده |
| کیفیت بیولوژیکی آب در نهرهای زهکش | مجموع پرده‌ها |
| کیفیت شیمیایی آبی در نهرهای زهکش | (مجموع هزینه‌های مزرعه) - (مجموع درآمدهای مزرعه) مساحت مزرعه |
| | هدایت الکتریکی آب خاک |
| | هدایت الکتریکی آب در زهکش‌ها |
| | BOD زه‌آب نهرهای زهکش |
| | COD زه‌آب نهرهای زهکش |

جدول ۱۵- ۴ نشانگرهای مورد استفاده برای ارزیابی معیارهای مختلف کانالین بر ارتباط با «تحویل آب»

| معیار | نشانگر | تعریف | توضیحات |
|-------------|--|--|---|
| اعتمادپذیری | RWS | حجم آب عرضه‌شده حجم آب درخواست‌شده | نشانگر قابلیت اعتماد به «تحویل آب در فیلتر» یا «مقدار تعهدشده» است (بر اساس تناسب میان عرضه و تقاضا). |
| کفایت | RWS DPR DII | حجم هدف برای عرضه آب آبیاری حجم آب عرضه‌شده حجم آب درخواست‌شده حجم واقعی آب آبیاری عرضه‌شده حجم هدف برای عرضه آب آبیاری فاصله آبیاری برنامهریزی شده (یا مورد نیاز) تاریخ و زمان برنامه‌ریزی شده (یا حسب تقاضا) | نشانگر هدف آن یک بوده و کمتر از یک به معنی کمبود عرضه آب می‌باشد (بر اساس تناسب عرضه واقعی و برنامه‌شده). در محل آبیروهای گال‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود. اگر برابر یک نباشد، یعنی فواصل تحویل آب قابل اطمینان نیستند. مخرج کسر بر اساس برنامه از قبل تنظیم شده و یا بر اساس رطوبت سطحی (در شبکه‌های مته‌بر) به تغییرات مطمئن مشخص می‌شود. مقیاس‌هایی شامل تاریخ و ساعت تحویل آب (به یا خارج از زمان برنامه‌ریزی‌شده) مورد تقاضای کشاورز «صورت می‌گیرد» اگر برابر یک نباشد، یعنی مواعید تحویل آب قابل اطمینان نیستند. تحلیل توزیع مکانی این دو نشانگر در سطح شبکه، نشان دهنده میزان رعایت عملیات در سطح شبکه خواهد بود. نابرابری این نشانگر در سطح شبکه می‌تواند عکس را گزارش می‌پسند. |
| عدالت | RWS DPR RWS | حجم آب درخواست‌شده حجم واقعی آب آبیاری عرضه‌شده حجم هدف برای عرضه آب آبیاری حجم آب عرضه‌شده حجم آب درخواست‌شده | مقیاسه RWS در مجموع آبیروهای RWS در آبیروهای فرعی نشانگر کاهش آب در محدوده شبکه اصلی می‌باشد. |
| بازده | EoS MSE | حجم آب در دسترس‌شده از منبع اصلی حجم آب تحویل‌شده به واحدهای درجه ۳ حجم آب دریافت شده از منبع اصلی کل تولید محصول در شبکه | نشانگر مفیدی است. محاسبه آن آسان است. صورت کسر با برآورد نیاز آبی گیاه (مستلماً از مدل CROPWAT) و مخرج آن با اندازه‌گیری دستی در ورودی به شبکه قابل برآورد است. صورت کسر با اندازه‌گیری دستی‌های آبیروهای واحدهای درجه ۳ و مخرج آن با اندازه‌گیری دستی در ورودی به شبکه قابل برآورد است. ارزش این نشانگر در فصل‌های خشک و تر متفاوت است. بسیار مهم است. صرفاً برای شبکه‌های تک‌محصول مناسب است. |
| بهره‌وری | بهره‌وری وزنی آب در مقیاس شبکه (نوع ۱) بهره‌وری وزنی آب در مقیاس شبکه (نوع ۲) بهره‌وری وزنی آب در مقیاس شبکه (نوع ۳) بهره‌وری بولی آب در مقیاس شبکه (نوع ۱) بهره‌وری بولی آب در مقیاس شبکه (نوع ۲) | حجم آب برداشت‌شده از منبع اصلی کل تولید محصول در واحدهای درجه ۳ یا برزاع کل حجم آب تحوولی به واحدهای درجه ۳ یا برزاع کل درآمد محصولات در واحدهای درجه ۳ یا برزاع حجم آب برداشت‌شده از منبع اصلی کل درآمد محصولات در واحدهای درجه ۳ یا برزاع کل حجم آب تحوولی به واحدهای درجه ۳ یا برزاع کل بهره‌دهای جمع‌آوری‌شده کل هزینه پمپاژهای جمع‌آوری‌شده | بسیار مهم است. صرفاً برای یک محصول قابل کاربرد است. برای این واحدهای درجه ۳ یا برزاع مورد نظر باید همه دارای یک محصول باشند. بسیار مهم هستند و می‌توانند محصولات را در برگیرند. مقایسه این دو نشانگر از دست رفتن فرصت درآمدزایی به دلیل تلفات انتقال و توزیع آب در شبکه می‌باشد. بین بهره‌دهای جمع‌آوری‌شده (برپه‌دهای MDM) و درآمد بخالص شبکه مقیاسه‌ای صورت می‌دهند. |
| اثرپذیری | نسبت CSF به GNP | نسبت CSF به GNP | مقیاسه بین «بازده آب» و «مجموع هزینه پمپاژها» (در کلیه مراحل) کاهش، کاهش و بازگشت و بازگشتی است. معمولاً ۱۰-۱۴٪ کل هزینه پمپاژها سطح مناسبی از MOM و پایت‌اری شبکه فراهم می‌کند. |
| بازده کلی | نسبت MSE | نسبت MSE | مقیاسه بین «بازده کلی» از ارزش ناخالص محصول، ISF؛ بهره‌دهای آبیاری، TID؛ به موقع بودن تحویل آب، EoS؛ بازده کلی شبکه، MSE؛ بازده تحویل آب در شبکه. |

۹: ارزیابی کارایی و پایش شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۳۱۷

جدول ۹-۱۶ نمونه‌هایی از نشانگرهای کلیدی برای پایش کارایی مدیریت واحدهای درجه سه.

| نشانگر | تعریف | امتیاز |
|--|--|---|
| اراضی فاریاب | | |
| نسبت اراضی تحت کشت به کل اراضی فاریاب | کل اراضی تحت کشت ثبت شده (درحال آبیاری) | $> 30\%$ ، $(30-50)\%$ ، 1 ، $50\% \geq 2$ |
| ضریب تصحیح اراضی تحت کشت | کل اراضی فاریاب (اراضی آبخور شبکه) مساحت تحت آبیاری گزارش شده مساحت اراضی تحت آبیاری شناسایی شده | $> 75\%$ ، $(75-90)\%$ ، 1 ، $90\% \geq 2$ |
| مالی | | |
| حضور حسابدار مساحت شبکه/ISF | حضور حسابدار و مدت به کارگیری کل CSF جمع آوری شده کل اراضی تحت شبکه | بدون حسابدار= 4 سال \leftarrow ، 1 سال \leftarrow ، 4 سال \leftarrow A^* |
| نسبت موفقیت در جمع آوری پرده‌ها مساحت تحت آبیاری/CSF | CSF ISF CSF مساحت تحت آبیاری | $> 60\%$ ، $(60-90)\%$ ، 1 ، $90\% \geq 2$ A^* |
| حسابرسی مالی | درجه تأیید امور مالی واحد درجه ۳ توسط یک حسابرس مستقل | مردود \leftarrow ، 0 ، حسابرسی نشده \leftarrow ، 1 ، مورد تأیید \leftarrow 2 |
| بهره‌برداری | | |
| مساحت تحت نظر هر میراب وضعیت سنجش دبی | مساحت کل اراضی فاریاب تعداد میراب‌های موجود چگونگی اندازه‌گیری جریان از ورودی به واحد درجه سه | بدون میراب \leftarrow ، 250 هکتار \leftarrow ، 1 ، 250 هکتار \leftarrow 2 بدون اندازه‌گیری \leftarrow اندازه‌گیری نامرتب \leftarrow 1 اندازه‌گیری مرتب (مستمر) \leftarrow 2 |
| نگهداری | | |
| وضعیت طرح‌ریزی نگهداری | وضعیت طرح‌ریزی امور نگهداری | برنامه‌ریزی وجود ندارد \leftarrow 0 برنامه نگهداری بدون ارزیابی نیازها تهیه شده است \leftarrow 1 برنامه نگهداری براساس نیازهای شناسایی شده \leftarrow 2 A^* |
| نسبت هزینه‌های نگهداری بر هکتار (شبکه) | هزینه نگهداری کل اراضی فاریاب | $> 40\%$ ، $(40-70)\%$ ، 1 ، $70\% \geq 2$ |
| نسبت هزینه‌های نگهداری به درآمد | هزینه نگهداری جمع درآمد شبکه | بیشتر از 20 (بسیار خوب) بین 16 تا 20 (نیازمند حمایت و آموزش محدود) کمتر از 16 (نیازمند آموزش و حمایت جدی) |
| امتیاز کل | جمع امتیازات نشانگرهای کارایی | |

A^* = اگر مبلغ جمع‌آوری در حد مورد نیاز باشد وضعیت خوب ارزیابی شده و 2 امتیاز به آن تعلق می‌گیرد؛ در صورتی که کسری در حد معقولی باشد (موجب خسارت به شبکه نشود و مشکل برای آبیاری فراهم نیارد) در این صورت وضعیت قابل قبول ارزیابی شده و 1 امتیاز به آن تعلق می‌گیرد؛ و در صورتی که از این حد نیز پایین‌تر باشد وضعیت نامطلوب ارزیابی شده و 0 امتیاز خواهد گرفت. توضیح: به‌طور کلی چنین روشی برای ارزیابی موفقیت یا عدم موفقیت مدیریت واحدهای بزرگ و کوچکتر قابل کاربرد است. البته حسب مورد نشانگرها بایستی تغییر یابند.

جدول ۱۷-۹ نمونه‌هایی از نشانگرهای مورد استفاده برای ارزیابی کاربرد آب در مزارع/ قطعات فاریاب.

| نشانگر | تعریف |
|----------------------------------|--|
| ضریب کریستیانسن (Cu) | $100 \times (1 - \frac{\sum X}{n})$ |
| یکنواختی توزیع (Du) | که در آن: X مقدار انحراف مطلق از متوسط عمق کاربرد آب و n تعداد مشاهدات متوسط عمق کاربرد آب در چارک پایین عمق متوسط کاربرد آب |
| بازده کاربرد (Ea) | حجم آب ذخیره‌شده در منطقه ریشه حجم آب کاربرده شده |
| بازده نیاز آبی (E _r) | حجم آب ذخیره‌شده در منطقه ریشه حجم قابل ذخیره آب در منطقه ریشه |
| بازده نفوذ عمقی (DPR) | حجم آب نفوذ عمقی حجم آب کاربرده شده |
| نسبت پایاب (TWR) | حجم رواناب پایاب حجم آب کاربرده شده |

پایش و ارزشیابی

پایش و ارزشیابی دو مقوله جدا ولی مرتبط باهم می‌باشند. برای درک رابطه بین این دو، ابتدا تعاریف آنها در زیر آمده است:

پایش: جمع‌آوری مستمر داده برای نشانگرهای تعیین شده که به منظور ارزیابی چگونگی پیشرفت امور (در امتداد برنامه) و ارزیابی دستاوردها صورت می‌پذیرد. معمولاً نتایج پایش با برنامه زمانی و بودجه پروژه، برنامه‌های بالادستی و سیاست‌ها مقایسه می‌شود تا وضعیت «پایاده‌سازی» در رابطه با آنها تعیین گردد.

ارزشیابی: یک ارزیابی دوره‌ای است که می‌تواند مرتبط با طراحی، پایاده‌سازی و نیز تأثیرات توسعه به‌انجام رسد. ارزشیابی در سه سطح صورت می‌پذیرد: (۱) برای کنترل میزان پیشرفت اهداف فرعی، و نیز تناسب دستیابی به این اهداف در مقایسه با یکدیگر؛ (۲) به منظور کنترل وضعیت پایاده‌سازی از طریق بررسی «بازده» و «اثر بخشی» فعالیت‌ها؛ و (۳) برای تعیین ماهیت اثرات پروژه/ فعالیت، توزیع مکانی آنها و نیز ارزیابی وضعیت پایداری محیط (تحت این اثرات).

ارتباط بین پایش و ارزشیابی به شکل‌های زیر ممکن می‌گردد:

نتایج پایش می‌تواند اهمیت ارزشیابی برخی موضوعات و موارد را نشان داده، و موجب بهبود برنامه ارزشیابی گردد. متقابلاً، نتایج ارزشیابی می‌تواند نشان دهد که چه نقاط و / یا فعالیت‌هایی نیاز به پایش دارند؛ و لذا موجب تغییر برنامه پایش شود.

یک مدیر برای تحلیل وضعیت سیستم تحت مدیریت خود، نیازمند پایش و ارزشیابی به‌طور توأم می‌باشد؛ و اغلب، همان داده‌های مورد استفاده در پایش، برای ارزشیابی نیز به کار می‌روند؛ گرچه، این داده‌ها به شیوه‌های متفاوتی استفاده می‌شوند.

پایش به مقایسه بین پیشرفت‌های «واقعی» و «برنامه‌ای» می‌پردازد. مدیران به کمک پایش، مستراً نسبت

جدول ۱۸-۹ اصطلاحات پایش و ارزشیابی.

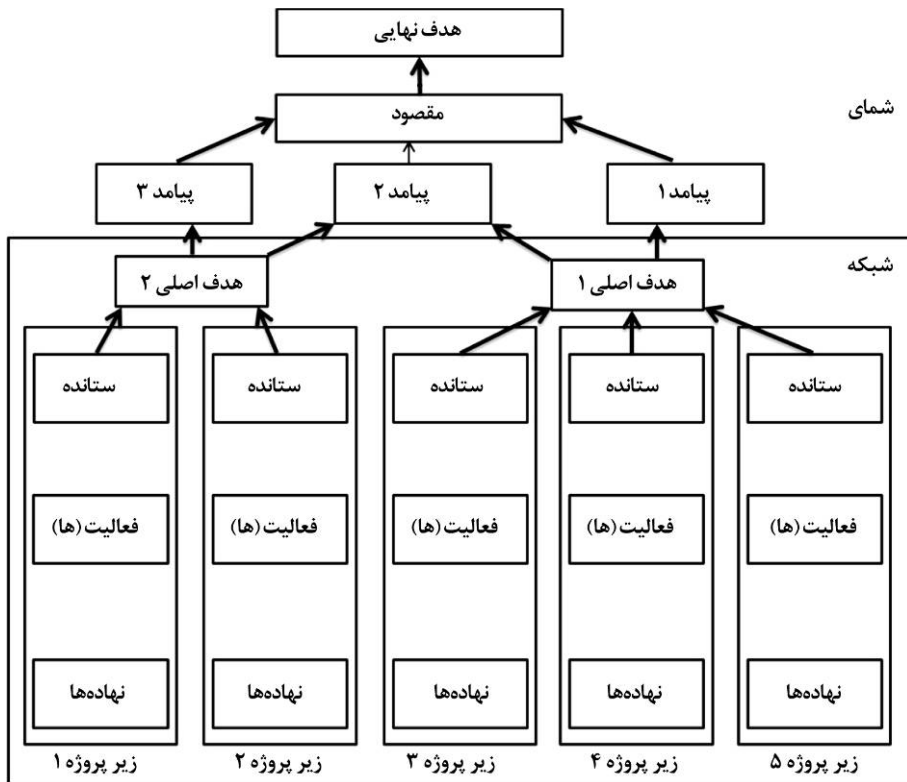
| اصطلاح | توضیح |
|-------------------------------------|---|
| هدف نهایی / Goal | هدف نهایی توسعه است. |
| (معمولاً برای شمای) مقصود / Purpose | مثال: هدف نهایی یک طرح توسعه روستایی و جلوگیری از مهاجرت روستا به شهر و افزایش تولید ناخالص ملی. ترکیبی از پیامدهای پروژه که موجب تغییر در وضعیت فیزیکی، مالی، نهادی، اجتماعی و محیط‌زیستی و... در شمای آبیاری از وضع موجود به وضع مطلوب می‌گردد. |
| پیامد / Outcome | مثال: مقصود از ساخت یک شبکه می‌تواند ارتقاء معیشت و رفاه کشاورزان در سطحی معین باشد. اثرات پروژه در قالب تغییرات محسوس در کارایی، رفتار یا وضعیت منابع (آب، خاک، نیروی انسانی و...). |
| هدف اصلی / Goal | مثال: ارتقاء بهره‌وری آب پیامد ساخت یک شبکه است. |
| (معمولاً برای شبکه) ستانده / Output | هدف از اجرای پروژه است. در واقع پروژه برای دستیابی به این هدف طراحی و اجرا شده است. مثال: هدف اصلی از ساخت یک شبکه می‌تواند توسعه فیزیکی شبکه آبیاری و زهکشی باشد. خروجی‌ها و محصولات بلافاصله یک پروژه که در مجموع منجر به پیامدها خواهند شد. |
| فعالیت‌ها / Activities | مثال: دفع زه‌آب ستانده ساخت یک شبکه زهکشی است. گام‌های پیاده‌سازی پروژه، با استفاده از نهاده‌ها برای دستیابی به ستانده‌ها، می‌باشد. |
| نهاد / Input | مثال: عملیات بتن‌ریزی برای ساخت کانال شبکه آبیاری. منابع انسانی، مصالح و پولی که برای پروژه هزینه می‌شود. |

به وضعیت پیشرفت امور در امتداد دستیابی به «خروجی نهایی» و «پیامدها» آگاه می‌شوند؛ و در صورت آگاهی از هرگونه انحرافی، نسبت به اصلاح آن اقدام نمایند. فرایند پایش خوب و مؤثر، مبتنی بر یک «سیستم اطلاعات مدیریتی» (Management Information System) است، که بایستی در اولین مراحل پیاده‌سازی هر پروژه ایجاد شود. ارزشیابی می‌تواند در طی پیاده‌سازی پروژه و یا در مرحله پایانی آن صورت گیرد. در ارزشیابی‌های رسمی، گزارشی از وضعیت پیشرفت پروژه و مقایسه آن با مقادیر هدف مورد نیاز می‌باشد. زیرا منابع مالی پروژه با توجه به این گزارش به تدریج و متناسب با پیشرفت پروژه تأمین می‌گردد. ارزشیابی میان-دوره می‌تواند در شناسایی مشکلات مقطعی و علل آنها مفید باشد. در واقع تجزیه و تحلیل پیشرفت پروژه (دستیابی یا عدم دستیابی به مقادیر هدف) موجب آشکارسازی دلایل وقوع مشکلات گشته و زمینه را برای رفع آنها فراهم می‌نماید.

نوعی دیگر از ارزشیابی معمولاً با فاصله کافی پس از پایان پروژه به منظور آگاهی از میزان دستیابی به پیامدها و ارزیابی اثرات پروژه به انجام می‌رسد. برای مثال، در یک شمای آبیاری ممکن است چنین ارزشیابی ۲ تا ۳ سال بعد از اتمام عملیات فیزیکی یک پروژه بازسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی صورت پذیرد. برخی اصطلاحات که معانی به خصوصی در پایش و ارزشیابی یک پروژه دارند در جدول ۱۸-۹ آورده شده‌اند.

چارچوب‌های پایش و ارزشیابی

دو نوع چارچوب که به طور گسترده برای پایش و ارزشیابی (M&E) مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از: چارچوب منطقی و چارچوب نتایج. این دو نوع چارچوب به یکدیگر مرتبط هستند اما تمرکزشان بر



شکل ۳-۹ سلسله‌مراتب و مؤلفه‌های یک پروژه.

موضوعات مختلف می‌باشد. «چارچوب منطقی» بیشتر بر پایش و ارزشیابی فعالیت‌ها و ستانده‌های پروژه (طی پیاده‌سازی و یا در پایان) تمرکز دارد. در حالی که، «چارچوب نتایج» تأکید بیشتری بر پیامدها و اثرات پروژه دارد؛ و لذا تنها پس از پایان پروژه قابل اجرا است. هر دو چارچوب مبتنی بر «زنجیره علت» هستند. یعنی، بر اساس سلسله‌مراتب {نهادها} فعالیت‌ها {ستانده‌ها} پیامدها { که در شکل ۳-۹ نشان داده شده، به‌انجام می‌رسند.

اولین شرط وقوع فعالیت‌ها و نهایتاً دستیابی به هدف، وجود عزم کافی برای پیشبرد کار می‌باشد. شرط دوم، وجود شرایط مناسب «محیط پیرامون پروژه» است (برای مثال در شرایط یخبندان بتن‌ریزی ممکن/ مجاز نیست). اکنون، در صورتی که نهادها (کارگر ماهر، مصالح مناسب، منابع مالی، ...) با کیفیت مورد نظر، به‌اندازه کافی، و به‌موقع تأمین شوند، فعالیت‌ها به‌نحو مطلوب بایستی به‌انجام رسند. زیرا پدید آمدن یک معلول نتیجه حتمی وقوع «علت تامه» آن است. این چرخه «علت و معلول» در مراحل بعدی نیز تکرار می‌شود تا از فعالیت‌ها، ستانده‌ها و سپس از ستانده‌ها، پیامدها پدید آیند؛ و در نهایت منجر به «هدف نهایی» گردد. دانستن این ارتباط سلسله‌مراتبی، ضرورت تدوین برنامه زمانی دقیق برای مراحل پیاده‌سازی هر

پروژه را ایجاب می‌نماید.

درک اثر محیط پیرامون پروژه بر روی پیشرفت فعالیت‌ها بسیار مهم است. برای مثال، بازسازی اجزای فیزیکی یک شبکه آبیاری و زهکشی با اهداف افزایش تولیدات محصول، بهبود معیشت کشاورزان، و ارتقاء تولید ناخالص ملی صورت می‌پذیرد. بدیهی است بهسازی فیزیکی این شبکه عمدتاً تحت کنترل عوامل درونی پروژه (عزم، منابع، ...) است. اما، وقوع اهداف این پروژه از کنترل خارج بوده و تابع عوامل پیرامونی نیز می‌باشد. یعنی افزایش تولیدات محصول تابع شرایط آب و هوایی، بهبود معیشت تابع قیمت‌های بازار، و رشد تولید ناخالص ملی تابع هر دو مورد است. در صورتی که در مرحله طراحی و طرح‌ریزی پروژه شرایط ضروری و کلیدی (درونی و پیرامونی) برای هر فعالیت مشخص و رعایت نشوند؛ مرحله اجرا با مشکلاتی روبرو خواهد بود. این مشکلات، گاهی با به‌کارگیری اقدامات تکمیلی یا جبرانی رفع می‌شوند، و گاهی نیز این مشکلات می‌توانند موجب خسارات جدی حتی شکست پروژه گردند.

پایش پروژه را می‌توان به دو قسمت طولی در امتداد زمان تقسیم کرد: «پایش نتایج» و «پایش پیاده‌سازی». برای مدیران پروژه که در پی دستیابی به ستانده مشخص (به کمک نهاده‌ها و از طریق فعالیت‌های مختلف) می‌باشند، «پایش پیاده‌سازی» بیشتر مفید است. اما، «پایش نتایج» برای مدیران ارشد (مقامات استانی و ملی) که علاقه‌مند به دانستن تأثیرات درازمدت پروژه بر جامعه و ذینفعان هستند، مفید می‌باشد. در ارزشیابی (ارزیابی کارایی) پروژه، استفاده از پنج معیار مرسوم است. تعاریف این پنج معیار به شرح زیر است و نقش این معیارها در ارتباط با محدوده قضاوت (ارزشیابی) و نوع نشانگر در دو ستون انتهایی شکل ۴-۹ آورده شده است.

اثرات محیطی: بررسی تأثیر پروژه بر محیط پیرامونش، و سهم آن در پیشبرد سیاست‌های بخشی / منطقه‌ای در امتداد اهداف توسعه ملی.

تناسب اهداف: بررسی تناسب بین اهداف پروژه با مسائل و مشکلاتی که پروژه برای رفع / کنترل آنها به‌وجود آمده؛ و نیز تناسب این اهداف با اهداف برنامه‌های بالادستی.

اثر بخشی: تا چه اندازه ستانده‌های پروژه در دستیابی به پیامدها و اهداف کلی شبکه مؤثر بوده‌اند؟ و تا چه اندازه شرایط خارجی در دستیابی به دستاوردهای پروژه کمک کرده است؟

بازده: بررسی بازده پروژه در مسیر تبدیل نهاده‌ها به ستانده‌ها (یعنی آیا ستانده‌های پروژه با هزینه معقول به‌دست آمده‌اند؟).

پایداری: بررسی احتمال «تداوم منافع پروژه» بعد از اتمام کمک‌های مالی دولتی (یارانه‌ها).

| معیارهای قابل استفاده | ویژگی | نوع پایش | نوع نشانهگر | زنجیره علت |
|------------------------------------|---|-----------------|-------------|-------------------|
| تناسب اهداف، اثرات محیطی و پایداری | بهبود گسترده وضع جامعه در درازمدت اثرات میان‌مدت برای ذینفعان | پایش نتایج | اثرات محیطی | مقصود/اهداف نهایی |
| | | | پیامد | پیامدها |
| | | | ستانده | ستانده‌ها |
| اثربخشی، بازده و پایداری | اقدامات/کارهای انجام شده برای تبدیل نهادها به ستانده‌ها منابع انسانی و مصالح | پایش پیاده‌سازی | فرآیند | فعالیت‌ها |
| | | | نهاد | نهادها |

شکل ۳-۹ ساختار منطقی پایش و ارزشیابی پروژه‌ها.

جدول ۱۹-۹ ساختار ماتریس «چارچوب منطقی».

| مفروضات و ریسک‌ها | داده‌ها | نشانه‌ها | زنجیره علت |
|---|--|---|--|
| اگر PDPها حاصل گردند چه شرایط دیگری خارج از محدوده پروژه بایستی وجود داشته باشند تا هدف نهایی وقوع یابد. | داده‌های موجود و یا داده‌هایی که جمع‌آوری آنها طی پیاده‌سازی پروژه توجیه باشد. | چگونه دستیابی به هدف نهایی را می‌توان سنجش نمود؟ باید در قالب‌های کیفیت، کمیت و زمان مشخص گردد. | هدف نهایی: منظور هدف بلندمدت از اجرای پروژه است که معمولاً با بهبود حالت یا وضعیت گروه هدف یا ... وقوع می‌یابد. |
| اگر پیامدهای پروژه وقوع یابد، چه شرایط دیگری خارج از محدوده پروژه بایستی وجود داشته باشند تا مقصود وقوع یابد؟ | جزئیات مراجع و منابع داده و اطلاعات، چگونگی جمع‌آوری اطلاعات (به‌وسیله چه کسی و چه موقع) | چگونه می‌توان دستیابی به مقصود را مشخص نمود (کمی، کیفی، زمانی) | مقصود: وقوع پیامدهای یک پروژه منجر به بهبود وضعیت‌های فیزیکی، مالی، نهادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و... می‌گردد که همان مقصود پروژه می‌باشد. |
| اگر ستانده‌ها تولید/ ایجاد شده‌اند، چه شرایط دیگری خارج از محدوده پروژه بایستی وجود داشته باشند تا پیامد وقوع یابد؟ | جزئیات مراجع و منابع داده و اطلاعات، چگونگی جمع‌آوری اطلاعات (به‌وسیله چه کسی و چه موقع) | مشخص نمودن اینکه چگونه هر پیامد پروژه قابل اندازه‌گیری است (کمی، کیفی، زمانی). | پیامد: بیان اثرات پروژه در قالب بهبود قابل مشاهده در کارایی، رفتار یا حالت/ وضعیت منابع. |
| اگر فعالیت‌ها تکمیل شده‌اند، چه شرایط دیگری خارج از محدوده پروژه بایستی وجود داشته باشند تا ستانده وقوع یابد؟ | جزئیات مراجع و منابع داده و اطلاعات، چگونگی جمع‌آوری اطلاعات (به‌وسیله چه کسی و چه موقع) | چگونه می‌توان دستیابی به ستانده را مشخص نمود (کمی، کیفی، زمانی) | ستانده: محصول مستقیم پروژه (موصول، زیرساخت، خدمات و...). |
| اگر نهاده‌ها به‌طور کامل و مناسب تأمین گردیده باشند، چه شرایط دیگری خارج از محدوده پروژه بایستی وجود داشته باشند تا فعالیت‌ها تکمیل شوند؟ | خلاصه‌ای از هزینه‌ها و بودجه‌ها | خلاصه‌ای از ستانده‌ها و نهاده‌ها. | فعالیت‌ها: اقدامات انجام‌شده برای پیاده‌سازی پروژه (پدیدآوری ستانده‌ها) با به‌کارگیری نهاده‌ها. |
| چه پیش‌شرط‌هایی برای تأمین نهاده‌ها و آغاز پروژه ضروری است. | - | - | نهاده‌ها: نیروی انسانی، مصالح و... که به‌وسیله پروژه تأمین (مالی) شده باشند. |

چارچوب منطقی

چارچوب منطقی از سال ۱۹۶۰ به‌عنوان ابزاری برای بهبود طرح‌ریزی و پیاده‌سازی پروژه‌ها، توسعه داده شده است و توسط تعدادی از سازمان‌ها از جمله بانک جهانی، ابزاری برای طرح‌ریزی و مدیریت پروژه به تصویب رسید. در مرکز فرایند طرح‌ریزی و پیاده‌سازی پروژه‌ها ماتریس چارچوب منطقی قرار دارد (جدول ۱۹-۹).

این ماتریس برای خلاصه نمودن استدلال/ ضرورت (مبنی بر «مشکلات شناسایی شده» و «تحلیل ذینفعان») اجرای پروژه می‌باشد که خود منجر به طرح‌ریزی پروژه شده است. ماتریس از چهار ستون و شش ردیف و برای نشان دادن موارد زیر تشکیل شده است:
سلسله‌مراتب اهداف پروژه یا زنجیره علت (ستون اول)؛

نشانگرها و منابع داده به‌منظور تعیین چگونگی پایش و ارزشیابی «نتایج» (ستون‌های دوم و سوم)؛ و مفروضات و ریسک‌های محتمل هر مرحله به‌منظور تشخیص شرایط مورد نیاز برای پدید آمدن اهداف مرحله بالاتر (ستون آخر).

مراحل طرح‌ریزی پروژه براساس «تحلیل چارچوب منطقی» در کادر ۱-۹ آورده شده است. اما، در ذیل چگونگی تدوین ماتریس چارچوب منطقی شرح داده شده است.

کادر ۱-۹ مراحل طرح‌ریزی پروژه جعبه.

مرحله تجزیه و تحلیل

۱. تحلیل گروداران: شناسایی و تعیین خصوصیات گروداران کلیدی (اصلی) و ارزیابی ظرفیت‌های ایشان.
۲. تحلیل مسئله: شناسایی مسائل اصلی، محدودیت‌ها و فرصت‌ها؛ همچنین تعیین و تحلیل روابط علت و معلولی.
۳. تحلیل اهداف: ارائه راه‌حل‌های مختلف برای مسئله؛ همچنین خرد کردن راه‌حل به گام‌های کوچک.
۴. سیاست‌های اجرایی: شناسایی سیاست‌های اجرایی مناسب برای پیاده‌سازی راه‌حل‌ها و انتخاب برترین سیاست‌های اجرایی.

مرحله طرح‌ریزی

۱. ایجاد ماتریس (چارچوب منطقی): تعیین ساختار پروژه و کنترل زنجیره علت و ریسک‌های آن؛ همچنین انتخاب یا تدوین نشانگرهای قابل اندازه‌گیری برای ارزیابی پیشرفت پروژه.
۲. جدول زمانی فعالیت‌ها: تعیین توالی و وابستگی فعالیت‌ها، برآورد مدت هر کدام و تعیین مسئولیت‌ها.
۳. جدول زمانی نهاده‌ها (منابع): ایجاد برنامه زمانی منابع (به‌ویژه بودجه) براساس جدول زمانی فعالیت‌ها.

شناسایی گروه هدف

گام اول شناسایی گروه هدفی (گروداران، ذینفعان، ...) است که اجرای پروژه به‌منظور رساندن سود به آنان، یا ایجاد اثرات بر ایشان، و یا تغییر رفتارشان می‌باشد. ماهیت گروه هدف بر رویکردهای پروژه، سطح فناوری قابل به‌کارگیری، و سازمان پروژه تأثیر می‌گذارد. در شناسایی گروه هدف، مسائل مربوط به وضع اجتماعی، امکان دسترسی به منابع، طبقه و قومیت، جنسیت، شغل، و وضعیت معیشتی بایستی جستجو و معلوم گردد (به تناسب و در حد ممکن).

تدوین اهداف

اهداف بیانگر «حالت مطلوب» هستند و پروژه به‌دنبال پیاده‌سازی این اهداف می‌باشد. به‌طور کلی اهداف در سه سطح بایستی تدوین شوند: (۱) هدف نهایی از توسعه در سطوح بالاتر (استانی، ملی، ...)؛ (۲) مقصود از ایجاد / توسعه پروژه (Project Development Purpose: PDP)؛ و (۳) اهداف اصلی مرتبط با پیامدها که قابل شناسایی باشند.

«مقصود» یا «بهبود مورد انتظار» از اجرای هر پروژه، مهمترین هدف آن بوده؛ و بسیار مهم است که واقع‌بینانه (و نه اغراق‌آمیز) بیان شود. بدیهی است که دستیابی کامل به مقصود به شرط تکمیل موفق پروژه وقوع خواهد یافت. برای آنکه بتوان میزان دستیابی به مقصود را ارزیابی نمود، معمولاً «مقصود» بایستی به صورت کمی (عدد و رقم) بیان شود تا قابل سنجش باشد. برای مثال، بازسازی پروژه خواهد توانست تحویل آب آبیاری را بهبود بخشیده و موجبات ارتقاء تولیدات کشاورزی را فراهم آورد. اما تأثیر آن بر ریشه‌کنی فقر کمتر مشخص است و به دلیل مداخلات سایر عوامل از کنترل پروژه نیز خارج است. بنابراین، مقصود ممکن است به این شرح بیان شود: «بازده انتقال به ۸۰٪ برسد، بهره‌وری آب به مقدار ۲۰٪ رشد نماید، و نشانگر عدالت به ۰/۹ ارتقاء یابد».

تشریح ستاندها

نهاده‌ها از طریق فعالیت‌های مختلف پروژه، به ستانده تبدیل می‌شوند. تولید/ایجاد ستانده‌ها، پیش‌شرطی برای دستیابی به اهداف پروژه می‌باشد. از آنجا که دستیابی به ستانده‌ها در کنترل عوامل داخلی بوده و لذا تحت مدیریت مدیران پروژه می‌باشد، آنها بایستی در قبال تولید/ایجاد ستانده‌ها پاسخگو باشند. در اینجا نیز مهم است که ستانده‌ها: به درستی تعریف شده باشند، قابل اندازه‌گیری (از نظر کمی، کیفی، و یا زمان و مکان وقوع) باشند، واقع‌بینانه تشریح شده باشند، پدیدآوری آنها با توجه به منابع موجود توجیه‌پذیر (با صرفه) باشد. اغلب چندین ستانده در دستیابی به PDP مشارکت دارند؛ مهم است که زنجیره علت این ستانده‌ها برای دستیابی به PDP به وضوح مشخص شده باشد.

تشریح فعالیت‌ها

فعالیت‌ها، نهاده‌های پروژه را در یک بازه زمانی مشخص به ستانده‌ها تبدیل می‌کنند. فهرست فعالیت‌ها باید شامل تمامی فعالیت‌های مورد نیاز برای دستیابی به ستانده‌های پروژه بوده، و متقابلاً هیچ فعالیت زائد دیگری نباید در فهرست فعالیت‌ها قید شود. علاوه بر این، فعالیت‌ها باید با دقت تشریح شوند. به طوری که پیشرفت آنها را طی اجرای پروژه بتوان اندازه‌گیری نمود؛ یعنی بتوان به لحاظ کمی، زمانی و مکانی آنها را سنجش و ارزیابی نمود. همچنین، مسئول اجرای هر فعالیت باید به صراحت معرفی شود.

تشریح نهاده‌ها

نهاده‌ها شامل کالا یا مصالح، نیروی انسانی، خدمات و نیز سایر منابع مورد نیاز فعالیت‌های پروژه می‌باشند. در مرحله طرح‌ریزی بایستی به دقت فهرست نهاده‌های مورد نیاز پروژه تنظیم گردد. این فهرست می‌تواند شامل این موارد باشد: نوع (نیروی انسانی، تجهیزات، مصالح، وسایل نقلیه و ...)، مقادیر و زمان و مدت مورد نیاز از هر نوع، هزینه هر مورد، و نیز چگونگی دسترسی به این نهاده‌ها. علاوه بر این، بایستی مشخص

شود هر فعالیت نیازمند کدام نهاده‌ها است. از ارتباط جدول زمانی فعالیت‌ها با نهاده‌ها معلوم می‌شود که هر نهاده به چه مقدار، در چه زمان و برای چه مدت بایستی فراهم گردد (جدول زمانی تهیه و تأمین نهاده‌ها).

بررسی شرایط پیرامونی، مفروضات و ریسک‌ها

رویکرد چارچوب منطقی نیازمند توجه جدی به محیط پیرامونی پروژه است؛ و نیز مفروضات و ریسک‌هایی که پیاده‌سازی پروژه در این محیط با آن روبرو است. فرضیات نادرست و برآورد نادرست از میزان ریسک‌ها یا منجر به شکست و از کارافتادگی پروژه و یا موجب رشد هزینه‌ها می‌شود. با ارزیابی دقیق و صحیح از مفروضات و ریسک‌های پروژه در مرحله طراحی، می‌توان اندازه تأثیر آنها را بر پیامدهای پروژه شناخت؛ و در صورت امکان به چاره‌جویی پرداخت. همچنین، با این کار در مراحل اولیه می‌توان مرزهای پروژه را بهتر رسم نمود. برای مثال، ممکن است فرض یا ریسک معینی (صادره از محدوده‌ای مشخص) در ابتدا خارج از پروژه قرار داده شود. اما سپس معلوم گردد که اثری جدی بر سرنوشت پروژه دارد (به‌طوری که موفقیت/ شکست پروژه به آن مربوط است). در چنین حالتی بهتر است این محدوده به محدوده پروژه افزوده شود؛ یعنی از ستون چهارم به ستون اول (۱۹-۹) تغییر مکان یابد.

چارچوب نتایج

«چارچوب نتایج»، نسخه ساده‌شده‌ی «چارچوب منطقی» است که متمرکز بر PDPها و نتایج میانی (در طی مراحل مختلف اجرای پروژه) می‌باشد. چارچوب نتایج شامل موارد زیر است:

- جدولی برای تشریح PDPها، معرفی نشانگرهای مفید برای ارزیابی پیامدهای مرتبط با نتایج مرحله‌ای، و فایده استفاده از این نشانگرها (جدول ۲۰-۹)؛
 - جدولی برای نشان دادن ستانده‌های هر مرحله، نشانگرهای مناسب برای ارزیابی ستانده‌های مرتبط با نتایج مرحله‌ای، و فایده استفاده از این نشانگرها در پایش ستانده‌ها (جدول ۲۱-۹)؛
 - جدولی برای مشخص نمودن مقادیر هدف هر دو نشانگر (پیامد و ستانده‌ها) در هر سال از پروژه. علاوه بر این، این جدول شامل جزئیات جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز (تعداد دفعات اندازه‌گیری، نوع ابزار اندازه‌گیری داده، و مسئول جمع‌آوری داده) و نیز نحوه تنظیم گزارش‌ها می‌باشد (جدول ۲۲-۹).
- انتخاب نشانگرهای مناسب برای سطوح مختلف بسیار مهم می‌باشد. معمولاً انتخاب اینگونه نشانگرها با سعی و خطا همراه بوده و پس از چندین تکرار به نتیجه می‌رسد. هر نشانگر باید بتواند بیانگر مقدار پیشرفت حاصل شده آن‌هم به‌طور خلاصه باشد. لازم است که PDPها به‌طور واضح و مختصر بیان شوند و گویای میزان/ چگونگی بهبود وضعیت در نتیجه اجرای پروژه باشند. در بخش مدیریت آب کشاورزی، این بهبود وضعیت معمولاً از نظر فناوری، بهره‌وری کشاورزی و ارزش تولیدات کشاورزی بیان می‌گردد؛ که نهایتاً منجر به افزایش درآمد کشاورزان می‌شود. هر PDP باید موارد زیر را روشن سازد:

- ذینفعان چه کسانی هستند و در کجا قرار دارند؟
- اساساً پروژه برای رفع چه مشکلی طرح ریزی شده است؟
- ماهیت و مقیاس بهبود وضعیت (ناشی از پروژه) چیست؟

با توجه به منابع و مدت زمان تخصیص داده شده، هر PDP باید هدفی واقع بینانه و قابل دستیابی باشد. همچنین، PDPها باید در سطح مناسبی بیان شوند تا قابل درک، قابل اندازه گیری و قابل ارزیابی باشند. به عنوان مثال، «کاهش فقر در بخش روستایی» در سطحی بالا، و «بازسازی فیزیکی زیرساخت‌ها» در سطحی پایین می باشد و مناسب نیستند؛ در حالی که «افزایش رفاه خانواده‌های روستایی در محدوده شمای» یک PDP در سطحی مناسب، با بیانی خلاصه شده و جمع بندی کننده اهداف پروژه است. علاوه بر این، PDPها نباید تکرار مجدد ستانده‌ها و یا پیامدها باشند.

در جدول نتایج باید به وضوح مشخص شده باشد که چگونه اجزای مستقل پروژه در جهت دستیابی به اهداف توسعه پروژه (PDP) با یکدیگر در ارتباط هستند. در واقع در جدول ۲۱-۹، نحوه استفاده از نشانگرها» برای «ارزیابی ستانده‌های میانی» بیانگر همین ارتباط است. بدیهی است این پایش به منظور «کنترل پیشرفت پروژه» در امتداد «دستیابی به اهداف» آن صورت می پذیرد. این جدول توسط جدول ۲۲-۹ پشتیبانی می شود؛ زیرا جدول مزبور «مقادیر هدف» سالانه، تعداد «دفعات اندازه گیری»، «ابزار اندازه گیری»، و «مسئول جمع آوری داده‌ها»، و نیز نحوه دوره «انتشار گزارش‌ها» و دریافت کنندگان آنها را مشخص می کند. بر این اساس، مدیر شبکه / شمای قادر به پیگیری پیشرفت پروژه می گردد.

جدول ۲۰-۹ نمونه‌ای از «چارچوب نتایج» با PDPها و نشانگرهای پیامدها.

| PDP | نشانگرهای پیامدها | کاربرد اطلاعات حاصل |
|--|--|--|
| بهبود خدمات تحویل آب و دفع زه‌آب و نیز مدیریت آب و خاک، به منظور افزایش بهره‌وری کشاورزی با لحاظ نمودن پایداری در یک شمای آبیاری و زهکشی | تحویل آب به واحدهای درجه سه، در ۷۵٪ از اراضی فاریاب منطبق بر تقاضای آب باشد. | خدمات آبیاری و زهکشی مناسب، آب را با قابلیت اطمینان بالا در زمان مقرر و به مقدار کافی به کشاورزان تحویل داده و زه‌آب اضافی را دفع نماید و لذا موجب بهبود عملکرد محصول، بهره‌وری و نهایتاً رفاه خانواده‌های کشاورزان می‌گردد. |
| حداقل ۷۵٪ از پردازه‌های آبیاری توسط انجمن آب‌بران دریافت می‌گردد | میزان پردازه جمع‌آوری شده نشانه‌ای از پایداری شبکه/ شمای است، زیرا تضمین کننده انجام صحیح و کامل عملیات نگهداری و بهره‌برداری می‌باشد. | میزان پردازه جمع‌آوری شده نشانه‌ای از پایداری شبکه/ شمای است، زیرا تضمین کننده انجام صحیح و کامل عملیات نگهداری و بهره‌برداری می‌باشد. |
| تعداد کشاورزان در محدوده شمای آبیاری که آگاهی کافی از علم و مهندسی آبیاری دارند و روش‌های نوین مدیریت آبیاری را به کار می‌گیرند. | تولید محصول و بهره‌وری می‌شوند. | کاربرد شیوه‌های علمی، نوین و مهندسی موجب بهبود تولید محصول و بهره‌وری می‌شوند. |
| متوسط افزایش تولید محصول پس از انجام عملیات بازسازی. | با توجه به سایر عوامل مؤثر، تحلیل این نشانگر نیازمند دقت در جداسازی اثر بازسازی بر افزایش محصول می‌باشد. | با توجه به سایر عوامل مؤثر، تحلیل این نشانگر نیازمند دقت در جداسازی اثر بازسازی بر افزایش محصول می‌باشد. |

جدول ۲۱-۹ نمونه‌ای از جدول ستاندها (خروجی‌ها) با ستاندهای میانی و نشانگرها.

| مؤلفه اول: بازسازی و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی | نشانگرهای ستاندها | کاربرد پایش ستاندها |
|--|--|---|
| در نتیجه بازسازی شبکه اصلی و زیرساخت‌ها، تحویل آب به آبران در ۲۰ واحد درجه سه بهبود یافته و با قابلیت اعتماد بالاتر و مدیریتی بهتر به ایشان تحویل می‌گردد. | تعداد واحدهای درجه سه که قادرند تحویل آب کنترل‌شده (اندازه‌گیری حجمی آب) در پاسخ به تقاضای کشاورزان داشته باشند. تعداد واحدهای درجه سه که سطح ایستابی را اندازه‌گیری و پایش می‌نمایند تا آنرا در عمق مناسبی نگهدارند. | نتایج بهتر است بر مبنای واحدهای درجه سه مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان پیشرفت فیزیکی کارها را به تفکیک واحدهای درجه سه پایش نمود. |
| مؤلفه دوم: مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری پایدار از شبکه‌های آبیاری و زهکشی | تعداد واحدهای پشتیبان از انجمن‌های آبران که به ایشان آموزش و سایر حمایت‌های لازم را ارائه می‌نمایند. تعداد انجمن آب برائی که توانسته‌اند ترتیبات جمع‌آوری پردازها را برقرار و لذا پایداری شبکه تحت مدیریت خود را تضمین نمایند. | برای ارزیابی تغییرات ضروری در واحدهای پشتیبانی در طول عمر پروژه (پایش تحول واحدهای پشتیبانی) این نشانگر بیانگر درک و پذیرش انجمن آبران و کشاورزان از ضرورت وجود MOM پایدار می‌باشد. |
| ۱- انجمن‌های آبران در واحدهای درجه سه، شکل گرفته و به‌طور مؤثر فعالیت می‌نمایند. | وجود یا عدم وجود برنامه‌های پیش‌فصل برای تخصیص آب و همچنین مقایسه مقادیر هدف و واقعی با مقادیر برنامه‌ای تحویل آب در سیستم مدیریتی شبکه اصلی. | ارزیابی قدرت/ توان برنامه‌ریزی تخصیص آب و پاسخگویی به تقاضاهای دریافت آب کشاورزی. |
| ۲- خدمات تحویل آب شبکه اصلی که به‌خوبی سرویس‌دهی می‌نمایند. | تعداد واحدهای درجه سه که در طول فصل رشد آب آبیاری نزدیک به مقدار تخصیصی خود را دریافت می‌کنند. هزینه‌های سالانه نگهداری شبکه اصلی، حداقل برابر با ۷۵٪ هزینه‌های نگهداری برآورد شده باشد. | ارزیابی توانمندی مدیریت و بهره‌برداری شبکه اصلی در تأمین آب آبیاری قابل اعتماد، به‌موقع، کافی و عادلانه. ارزیابی‌کننده پایداری مدیریت شبکه به برنامه‌های نگهداری و نیز تعهد او به MOM پایدار می‌باشد. |
| ۳- خدمات تحویل آب مزارع که به‌خوبی سرویس‌دهی می‌نمایند. | ۸۰٪ از کشاورزان از آب دریافتی رضایت دارند (منطبق بر درخواست، آب دریافت کرده‌اند). | ارزیابی‌کننده توانمندی انجمن آبران در مدیریت محدوده تحت نظارت آن می‌باشد. |

قیاس‌گیری (Benchmarking)

قیاس‌گیری روشی برگرفته از شرکت‌های تجاری است که به‌عنوان ابزاری برای سنجش کارایی یک سازمان نسبت به رقبای اصلی آن استفاده می‌شود. نتایج این ارزیابی موجب شناسایی نقاط ضعف و قوت سازمان شده و نهایتاً اسباب بهبود کارایی آن (در فضای رقابتی) می‌گردد. با بررسی روش‌های دستیابی به ستاندها که توسط رقبای اصلی استفاده می‌شوند، و مقایسه آنها با وضعیت سازمان، بسیاری از سازمان‌ها قادر به اتخاذ شیوه‌های مدیریتی مناسب به‌منظور افزایش کارایی خود خواهند گردید. قیاس‌گیری یا درونی است، یعنی با توجه به ارزیابی‌های قبلی وضعیت سازمان نسبت به اهداف/ مقادیر هدف سنجش می‌گردد؛ و یا بیرونی است، یعنی وضعیت سازمان با سازمان‌های مشابه و قابل مقایسه سنجیده می‌شود. در هر دو حالت، معیارها و استانداردهایی که وضعیت سازمان نسبت به آنها ارزیابی می‌شود باید متناسب با شرایط سازمان و دست‌یافتنی باشند (کادر ۲-۹). برخی مواقع، کارایی یک سازمان در یک/ چند حوزه به‌قدری خوب است، که آن سازمان به‌عنوان معیاری برای سایر سازمان‌ها قرار می‌گیرد.

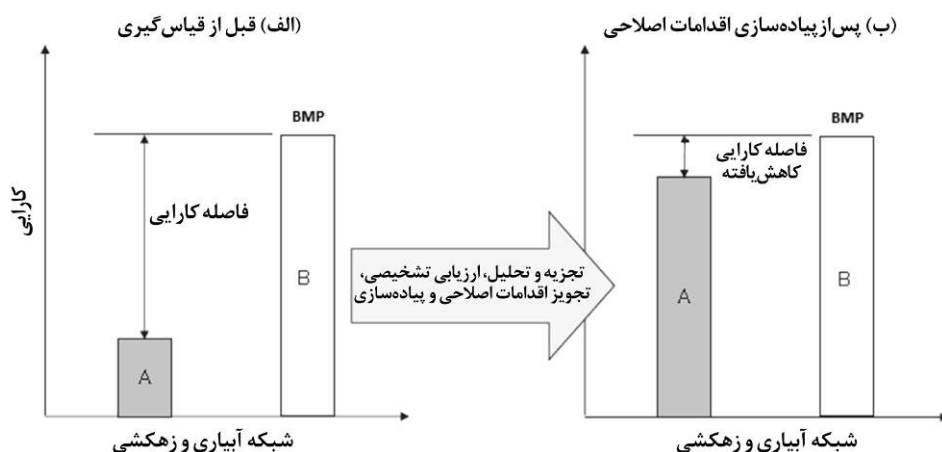
جدول ۲۲-۹ جدول پایش ستاندها.

| مشمول داده‌های | جمع‌آوری داده‌ها و گزارش‌دهی | | | | | | واحد | نشانگرهای پایش | | |
|---|--|---|--------|-------|-------|------|------|----------------|-------|--|
| | ابزار داده‌های | تاریخ اندازه‌گیری و گزارش‌دهی | سال | سال | سال | سال | | | سال | سال |
| با تیم پایش و ارزیابی پرسنل واحد پشتیبانی کهنه اجمن ابریزان | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط مدیریت شبکه اصلی برای مقایسه تطابق شده و عودت‌یافته آب آبیاری | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۱۲ م | ۵ م | ۴ م | ۳ م | ۲ م | ۱ م | مقدار | مقدار و وسعت راحتهای درجه سه تحت شبکه اصلی، که معمولاً آب آنها در ۲/۱۵ از اراضی قابل‌سلیق بر مبنای آب پائین. |
| کارکنان شبکه اصلی | ارزیابی اولیه (سال ۱) و ارزیابی ستانده (سال ۴) | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۵۱۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | | | | مقدار | مقدار |
| مقاطعه کر (جسملکاران) | | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۳۰ | ۱۰ | ۵ | | | | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |
| با تیم پایش و ارزیابی پرسنل واحد پشتیبانی کهنه اجمن ابریزان | اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط اجمن ابریزان | سازمانده از سال چهارم به برحسب پیشرفت پروژه بازسازی فاضلی و سوله، گزاش پهلوی پس از تکمیل پروژه در سال ششم | ۱۲۴۰۰۰ | ۴۲۰۰۰ | ۲۱۰۰۰ | | | | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |
| مقاطعه کر (جسملکاران) | ارزیابی اولیه (سال ۱) و ارزیابی ستانده (سال ۴) | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۱۱۰ | ۹۰ | ۷۰ | ۵۰ | ۳۰ | ۰ | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |
| با تیم پایش و ارزیابی پرسنل واحد پشتیبانی کهنه اجمن ابریزان | ارزیابی اولیه (سال ۱) و ارزیابی ستانده (سال ۴) | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۷۰۰۰ | ۵۵۰۰ | ۴۰۰۰ | ۲۵۰۰ | ۰ | ۰ | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |
| مقاطعه کر (جسملکاران) | ارزیابی اولیه (سال ۱) و ارزیابی ستانده (سال ۴) | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۳۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۰ | ۰ | ۰ | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |
| با تیم پایش و ارزیابی پرسنل واحد پشتیبانی کهنه اجمن ابریزان | ارزیابی اولیه (سال ۱) و ارزیابی ستانده (سال ۴) | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۳۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۰ | ۰ | ۰ | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |
| مقاطعه کر (جسملکاران) | ارزیابی اولیه (سال ۱) و ارزیابی ستانده (سال ۴) | بر اساس نتایج پایش کلی شبکه | ۲۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | مقدار | مقدار و وسعت اجمن‌های ابریزان که در آنها حداقل ۷۵٪ از پروازهای آبیاری زیر اجمن موجب MONI توسط اجمن ابریزان جمع‌آوری می‌گردد. |

کادر ۲-۹ تعریف قیاس‌گیری.

یک فرایند سیستماتیک برای تضمین «بهبود مستمر» از طریق مقایسه درونی یا بیرونی براساس «معیارهای متناسب» و «استانداردهای قابل دستیابی».

- دلایل زیادی مبنی بر استفاده سازمان‌ها از شیوه قیاس‌گیری وجود دارد. در بخش خصوصی، دلیل اصلی تمایل به بهبود بازگشت سرمایه و افزایش سود سهام‌داران است. در بخش دولتی، هدف عمده بهبود اثربخشی و بازده سازمان و نیز بهبود ارائه خدمات می‌باشد. اما، مهمترین دلیل علاقه مدیران شِمای‌ها یا شبکه‌های آبیاری و زهکشی در کاربرد روش قیاس‌گیری، نیاز به «افزایش بهره‌وری» و ضرورت «پاسخگویی به آب‌بران و/ یا دولت» است. در زیر، این نیازها و ضرورت‌ها فهرست شده‌اند:
 - در فضای رقابتی تخصیص آب، هم درون بخش کشاورزی فاریاب و هم با سایر بخش‌ها، افزایش بهره‌وری ضروری است.
 - تأمین غذا برای جمعیت فزاینده کره زمین (در شرایط محدودیت منابع آب) تنها با افزایش بهره‌وری آب کشاورزی ممکن است. در این رابطه، مفهوم «محصول بیشتر به‌ازای هر قطره آب» توسط مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) و سازمان خواروبار (FAO) در دهه گذشته مطرح شده است.
 - افزایش نیاز برای کاهش / صرفه‌جویی در هزینه‌ها، از طریق بهبود بهره‌وری آب و نیز افزایش بازده استفاده از ذخایر آبی ممکن می‌گردد.
 - خصوصی‌سازی شِمای‌های آبیاری و زهکشی و انتقال مدیریت آنها به آب‌بران منجر به کاربرد شیوه‌های مدیریتی شفاف و پاسخگو به آب‌بران می‌شود؛ زیرا مدیران بایستی شایستگی خود را به انجمن آب‌بران نشان دهند.
 - افزایش علاقه جامعه به حفاظت از محیط‌زیست، به‌ویژه محیط‌های آبی (رودخانه‌ها، برکه‌ها، ...) نیازمند استفاده پربازده‌تر از آب و بهره‌وری بیشتر کاربرد آب است.
 - افزایش نیاز به پاسخگویی به دولت و آب‌بران در رابطه با چگونگی مصرف منابع مالی (پردازه‌های جمع‌آوری‌شده + یارانه‌های دولتی) پرداختی برای آب.
- قیاس‌گیری ممکن است با انگیزه‌های متفاوتی و برای بهبود وضعیت از منظرهای مختلفی به‌انجام رسد. ضروری است تا در آغاز قیاس‌گیری این انگیزه‌ها (و بهبود مورد نظر) به‌درستی شناسایی شده و در برنامه‌ریزی ارزیابی مورد توجه قرار گیرند. به‌طور کلی، قیاس‌گیری ابزاری برای شناسایی فاصله کارایی هر شبکه با «بهترین شبکه» یا همان «معیار قیاس» (Benchmark) است. این مقایسه به‌منظور حرکت از سطح کارایی موجود به سطح بالاتر صورت می‌پذیرد (شکل ۵-۹). منظور از بهترین شبکه (Best Management Practice: BMP)، شبکه‌ای است که بهترین بهره‌وری را دارا است، و بایستی طی فرایند قیاس‌گیری شناسایی شود. این ارزیابی برای تغییر روش مدیریتی موجود در شبکه و نیز برای بالابردن سطح توقع و انتظارات تمامی افراد مؤثر در دستیابی به سطح کارایی BMP می‌باشد. نکته حائز اهمیت آن است که نقطه



شکل ۹-۵ قیاس‌گیری - مقایسه عملکرد با بهترین شبکه. (الف) شبکه تحت بررسی؛ (ب) بهترین شبکه.

هدف، یک الگوی واقعی (موجود) و دست‌یافتنی است؛ و لذا افزایش سطح توقع افراد به نیروی محرکی برای وقوع بهبود تبدیل خواهد شد. بنابراین، این یک فرایند «تحول مدیریتی» است که از «شناسایی کاستی‌ها» آغاز شده و سپس «اهداف نهایی» آن توسط گرداران اصلی تعریف و تأیید می‌شوند. قیاس‌گیری، خود بخشی از فرایند برنامه‌ریزی راهبردی می‌باشد، که به سؤالاتی مانند: «کجا هستیم؟»، «کجا می‌خواهیم باشیم؟» و «چگونه به مقصد می‌رویم؟» پاسخ می‌دهد. در واقع، قیاس‌گیری از ارزیابی کارایی برای شناسایی وضعیت کارایی (در شبکه‌های مورد مقایسه) استفاده می‌نماید؛ سپس با استفاده از روش‌های «پایش و ارزشیابی» به بررسی ثمربخشی اقدامات صورت گرفته برای رفع فاصله کارایی (کنترل پیشرفت برنامه بهبود) می‌پردازد.

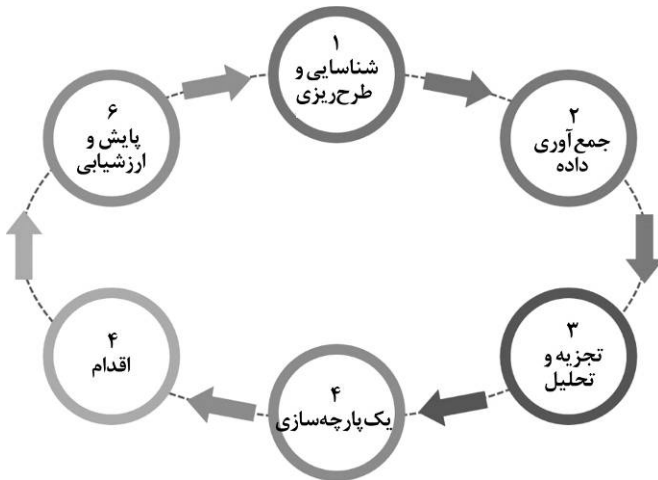
گام‌های قیاس‌گیری

در شکل ۹-۶ گام‌های کلیدی قیاس‌گیری نشان داده شده و در زیر هر مورد تشریح شده است.

گام اول: شناسایی و طرح‌ریزی

در این مرحله به شناسایی موارد زیر می‌پردازد: (۱) اهداف و مرزهای قیاس‌گیری؛ (۲) قیاس‌گیری به سفارش چه کسی انجام می‌گیرد؛ (۳) فرایندهای کلیدی؛ (۴) نتایج به چه کسانی ارائه خواهد شد؟ (۵) نشانگرهای کارایی قابل استفاده؛ و (۶) داده‌های مورد نیاز.

همان‌طور که در بخش‌های اولیه این فصل بحث شد، در ابتدا باید اهداف فرعی و مرزهای مورد نظر برای قیاس‌گیری تعیین شوند. آیا اهداف فقط ارتقاء بازده و بهره‌وری آب (شبکه) است؟ و یا به‌طور کلی بهبود اراضی فاریاب (شمای) مورد نظر می‌باشد؟ پس از آن، باید معلوم شود که قیاس‌گیری از چه منظری (کشاورز، مدیر شبکه و یا ادارات دولتی) باید انجام گیرد؟ سپس، ضروری است تا فرایندهای (در محدوده



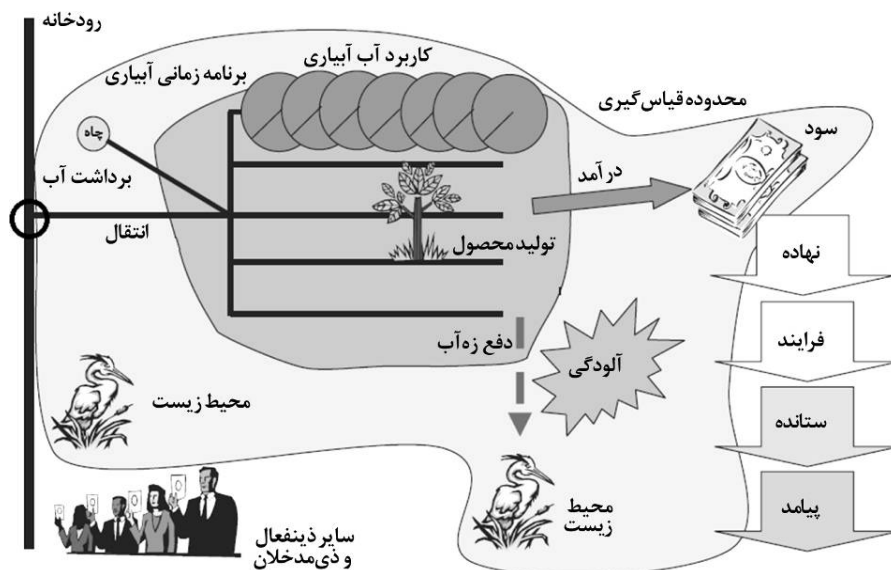
شکل ۶-۹ گام‌های قیاس‌گیری.

مرزها) مورد بررسی مشخص و فهرست شوند. انتخاب نشانگرهای کارایی مبتنی بر دو معیار است. معیار اول، فرایندهای مورد بررسی هستند. براساس این معیار، نشانگرهای مرتبط با این فرایندها مشخص می‌شوند. معیار دوم، دریافت‌کنندگان گزارش هستند. براساس این معیار، از میان نشانگرهای مرتبط فقط آنهایی که برای دریافت‌کنندگان گزارش مفید باشند انتخاب می‌شوند. در انتها، براساس نشانگرهای منتخب داده‌های مورد نیاز معلوم می‌شوند.

یک بخش اصلی در فرایند قیاس‌گیری، شناسایی بهترین شبکه آبیاری و زهکشی است. بدیهی است این شبکه باید قابل قیاس با شبکه‌های دیگر باشد؛ و مسلماً تفاوت‌های ذاتی و فراوان میان شبکه‌ها، قیاس میان آنها را مع‌الفارق می‌نماید. با استفاده از مشخصه‌های کلیدی (مندرج در کادر ۳-۹) می‌توان شبکه‌ها و فرایندهای مشابه را شناسایی نمود، تا میان آنها مقایسه‌های معنی‌دار صورت گیرد. برای مثال نحوه کاربرد آب در اراضی شالیزار تفاوت جدی و ذاتی با کاربرد آب در کشت پنبه دارد و مقایسه میان آنها جایز نمی‌باشد.

کادر ۳-۹ مشخصه‌های شمای آبیاری و زهکشی.

| | |
|--|-----------------------------------|
| روش برداشت آب | مساحت فاریاب |
| زیرساخت‌های انتقال و تحویل آب به شبکه | مساحت زهکشی‌شده |
| نوع توزیع آب | مساحت تحت کشت (در هر سال) |
| نوع زهکش‌ها | اقلیم |
| سیستم قالب در آبیاری مزارع (سطحی، بارانی، ...) | ذخایر آبی در دسترس |
| ترکیب کشت (همراه با درصد کشت هر محصول) | منابع آب (نقاط برداشت) |
| اندازه متوسط مزارع | بارش متوسط سالانه |
| نوع مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی | تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط سالانه |



شکل ۷-۹ تعیین فرایندهای کلیدی.

شناسایی فرایندهای کلیدی (شکل ۷-۹) را می‌توان در پاسخ به این پرسش‌ها جستجو نمود: (۱) هدف از سرمایه‌گذاری چیست؟ (۲) ستانده‌ها و پیامدهای مورد نظر چیست؟ (۳) چگونه موفقیت اندازه‌گیری می‌شود؟ (۴) چه فرایندهایی در دست‌یابی به این ستانده‌ها و پیامدها نقش دارند؟ (۵) چگونه این فرایندها اندازه‌گیری می‌شوند؟

ضروری است که پیامدهای این فرایندهای کلیدی نیز در نظر گرفته شوند. از این نظر، عواقب برداشت آب از رودخانه‌ها و یا عواقب دفع زه‌آب اراضی فاریاب در پایین‌دست (بر سایر آب‌بران و بر محیط‌زیست طبیعی) از ملاحظات است که نایستی اغماض شوند. یک فهرست کمکی برای شناسایی فرایندها و نشانگرهای کلیدی در ذیل ارائه شده است:

برداشت، انتقال و کاربرد آب

- حجم آب برداشت‌شده برای آبیاری؛
- برداشت آب آبیاری برای واحد سطح؛
- عرضه نسبی آب آبیاری (نسبت برداشت به تقاضا).

تولید محصول

- ترکیب کشت در اراضی فاریاب (تنوع محصولات کشت‌شده)؛
- سهم هر محصول (تراکم کشت)؛
- عملکرد محصول؛
- ارزش محصول برای هر واحد سطح؛

- ارزش محصول برای هر واحد آب برداشتی.

فرایندهای تجاری

- جریان نقدینگی (سرمایه‌گذاری، در مقابل بازگشت سرمایه)؛
- کل درآمد سالانه؛
- سود سالانه.

اثرات محیط‌زیستی

- کیفیت (بیولوژیکی / شیمی‌آبی) زه‌آب‌ها و هرزآب‌های کشاورزی؛
- وضعیت جریان در رودخانه (نسبت به حداقل جریان مجاز).

گام دوم: جمع‌آوری داده

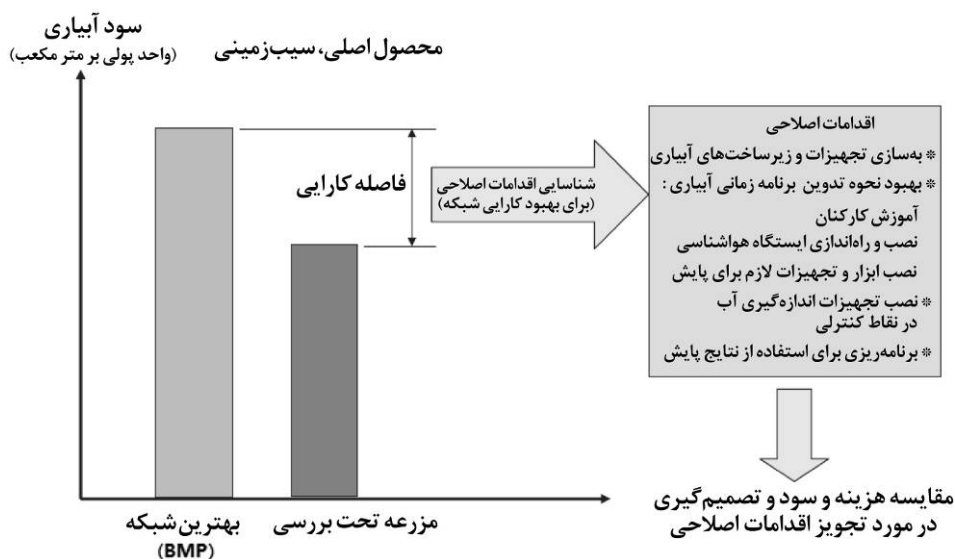
در برنامه قیاس‌گیری، داده‌ها جمع‌آوری می‌شوند تا نشانگرهای کارایی محاسبه شوند. برنامه جمع‌آوری داده به اینکه چه نوع داده‌ای نیاز است، و داده‌ها توسط چه کسی، با چه تناوبی، کجا و با چه دقتی گردآوری می‌شوند، می‌پردازد. این داده‌ها بایستی طی ارزیابی «شبکه‌های تحت بررسی» و «بهترین شبکه» در فرایند قیاس‌گیری، جمع‌آوری شوند. معمولاً این داده‌ها شامل نهاده‌ها، فرایندها، ستانده‌ها، و پیامدها (تأثیرات) می‌باشند. داده‌های بیشتری ممکن است برای انجام قیاس‌گیری عمیق‌تر / گسترده‌تر شبکه جمع‌آوری شوند.

گام سوم: تجزیه و تحلیل

داده‌ها تجزیه و تحلیل شده و تمایز کارایی میان واحدهای مختلف (مزارع، شبکه‌ها، ...) با BMP مشخص و فرایندهای کلیدی (مؤثر / مقصر) تعیین می‌شوند (شکل ۸-۹). بنابراین، تجزیه و تحلیل به شناسایی دلایل پایین بودن کارایی در برخی واحدها پرداخته، و سپس به تجویز اقدامات اصلاحی (برای کاهش فاصله میان آنها) می‌انجامد. توصیه اقدامات اصلاحی براساس گزینه‌های قابل انجام و در دسترس بوده؛ و البته قبل از اعلان، این اقدامات بررسی و تصحیح می‌گردند. در ادامه، ممکن است برای ارزیابی تشخیصی نیاز به جمع‌آوری داده‌های بیشتری باشد. زیرا برای شناسایی علت اصلی پایین بودن کارایی، اطلاعات و درک کامل‌تری نیاز می‌باشد. تشخیص می‌تواند از طریق بررسی عوامل / دلایل بالا بودن عملکرد در BMP و یا از طریق بررسی عوامل محدودکننده عملکرد در شبکه تحت بررسی صورت پذیرد. در هر حال، مقایسه BMP با سایر شبکه‌های تحت بررسی (قیاس‌گیری) مبنای ارزیابی تشخیصی است، که در انتها منجر به تجویز یک «برنامه عمل» برای بهبود (اقدامات اصلاحی) می‌شود.

گام چهارم: یکپارچه‌سازی

«برنامه عمل» به‌دست آمده از گام سوم، بایستی با دستورالعمل‌های مناسب همراه و یکپارچه گردد تا منجر



شکل ۸-۹ شناسایی اقدامات ممکن برای کاهش فاصله کارایی و برآورد هزینه آنها.

به تغییر و بهبود سیستم شود. مسلماً، تحول در یک سیستم نیازمند وجود/ همراهی افرادی است که از نظر سازمانی دارای قدرت و مجوزهای لازم برای ایجاد تحول باشند؛ یعنی مسئولین ارشد آن سیستم. بسیاری از برنامه‌های قیاس‌گیری در این گام با شکست مواجه می‌شوند؛ و متأسفانه موجب سرخوردگی افرادی که در فرایند قیاس‌گیری درگیر بودند می‌شود. استقرار و راه‌اندازی فرایندها و دستوالعمل‌های جدید (تحول سیستم) اغلب «مشتري‌مداری داخلی» نامیده می‌شود. در واقع، در این مرحله، مدیر بایستی با توجیه مردم (آب‌بران و کارکنان شبکه) و همراه نمودن ایشان با «برنامه عمل»، یک احساس مالکیت و پشتیبانی در ایشان ایجاد نماید. آموزش، گفتگو و تبادل نظر، توجه به دغدغه‌های آنان، ... راهکارهای مناسبی برای این منظور هستند.

گام پنجم: اقدام

زمانی که فرایندها و دستوالعمل‌های جدید مورد پذیرش قرار گرفت، بایستی آنها را به‌اجرا درآورد تا منجر به تغییرات و بهبود سیستم گردند. همراهی مدیران پیشکسوت با فرایند «اقدام»، نقشی کلیدی در موفقیت این گام و پیاده‌سازی «اقدامات اصلاحی» دارد. برای حصول اطمینان از پیشرفت مطلوب امور و دستیابی به هدف، پایش دقیق فرایندها لازم می‌باشد. در صورت وقوع هر انحراف از برنامه، لازم است تصحیح مناسب به جبران آن صورت گیرد.

گام ششم: پایش و ارزشیابی

موفقیت قیاس‌گیری توسط اندازه‌گیری مداوم کارایی شبکه/ شمای و مقایسه آن با مقادیر هدف مشخص

می‌شود. معمولاً، مقادیر هدف قبلاً در گام‌های «تجزیه و تحلیل» و «یکپارچه‌سازی» بایستی تعیین شده باشند. علاوه بر این، مقادیر هدف (اهداف مرحله‌ای) در طول زمان تغییر می‌کنند و لازم است تا براساس BMP و با توجه به کارایی نسبی، مستمراً بازنگری و به‌روز شوند.

بین هر دو قیاس‌گیری معمولاً بازه‌ای چندساله فاصله وجود دارد. در طی این وقفه، «برنامه عمل» تولیدشده در ارزیابی قبلی در حال پیاده‌سازی است و نتایج تحت پایش و ارزشیابی قرار دارند. در طی این بازه، تجارب کسب‌شده از پیاده‌سازی فرایندها و دستورالعمل‌های جدید موجب دقیق‌تر شدن درک مدیران از سیستم و مشکلات آن و نیز بهبود بیشتر امور می‌شود. پایداری بر این شیوه اصلاحی موجب شده تا برخی شبکه‌ها/شیمای‌های آبیاری و زهکشی، با بهبود مستمر عملکرد خود، از یک واحد «پیرو» به یک واحد «پیشرو» تبدیل شده و به‌عنوان BMP برای سایر واحدها تلقی شوند.

نمونه‌ای از استرالیا

کمیته ملی آبیاری و زهکشی استرالیا (ANCID) یکی از اولین سازمان‌هایی بوده که نسبت به پیاده‌سازی قیاس‌گیری اقدام نموده است. این حرکت از سال ۱۹۹۸ در محدوده‌های ۳۳ شیمای آبیاری و زهکشی غیردولتی شروع شده و اکنون با بیش از ۴۰ شیمای در حال انجام است که در مجموع شامل بیش از ۷۵٪ از اراضی فاریاب در محدوده شبکه‌های آبیاری استرالیا می‌شود. کل حجم آب توزیع‌شده سالانه در این شبکه‌ها معادل ۱۸ کیلومتر مکعب است که آبیاری حدود ۲ میلیون هکتار را برعهده دارد. این حجم آبیاری، برای تولید برنج، ذرت، انگور، پنبه، نیشکر، علوفه، مرکبات و سبزیجات مصرف شده و یک گردش مالی حدوداً ۲۰۰ میلیون دلاری (در سال ۲۰۰۴) را ایجاد می‌نماید.

در برنامه‌ریزی قیاس‌گیری، ۶۵ نشانگر کارایی در ۴ گروه تعیین شدند: ۱۲ نشانگر برای بهره‌برداری از شبکه؛ ۲۵ نشانگر برای فرایندهای تجاری (بازاریابی و بازاریابی)؛ ۱۴ نشانگر برای مدیریت مالی؛ و ۱۴ نشانگر برای وضعیت محیط‌زیستی. این نشانگرها برای بررسی وضعیت/کارایی کشاورزی فاریاب در چارچوب یک «فضای سه‌بعدی» با ابعاد اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی انتخاب شده‌اند. اگر چارچوب دیگری مدنظر باشد ممکن است نشانگرهای متفاوتی پیشنهاد می‌شدند.

برای رعایت حقوق تولیدکنندگان (که رقیب یکدیگر هستند)، یک روش «سه لایه» در جمع‌آوری اطلاعات به‌نحوی تنظیم شده تا اطلاعات محرمانه تجاری به سایر رقبا درز ننماید. در لایه اول، جمع‌آوری داده‌های عمومی اراضی فاریاب انجام می‌گیرد و مشخصات همه شیمای‌های آبیاری را به‌دست می‌دهد. در لایه دوم، داده‌های کارایی (نتایج ارزیابی) گردآوری می‌شود که وضعیت شیمای‌ها را گزارش می‌نماید. در لایه سوم، داده‌های مرتبط با وضعیت و کارایی تجاری این واحدهای تولیدی که محرمانه هستند جمع‌آوری می‌شوند. هر ساله با استفاده از پرسشنامه‌های استاندارد داده‌ها جمع‌آوری می‌شوند. هر واحد/شیمای شرکت‌کننده تمایل خویش را برای انتشار/عدم انتشار انواع داده‌ها اعلام می‌نماید؛ و در واقع،

داده‌های محرمانه مشخص می‌شوند. در این مرحله از برنامه قیاس‌گیری، داده‌ها تجزیه و تحلیل شده و نتایج در دسترس همه واحدهای تولیدی قرار می‌گیرد. اما به‌نحوی که هر شرکت‌کننده فقط می‌تواند کارایی خود را با نتایج مقایسه نماید ولی از نتایج دیگر واحدها مطلع نمی‌شود.

شکل ۹-۹ نتایج سه نمونه از نشانگرهای کارایی استفاده‌شده در استرالیا را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشهود است، مقادیر به‌دست‌آمده نشانگرها برای شمای‌های مختلف دامنه گسترده‌ای را به‌خود اختصاص داده است. این به‌دلیل تفاوت‌های موجود میان شمای‌های آبیاری در نوع محصولات، روش آبیاری، وضعیت زیرساخت‌ها و ... می‌باشد. این تفاوت، بر اهمیت انتخاب «واحدهای قابل مقایسه با یکدیگر» تأکید می‌نماید.

برای این کار، بایستی از «مشخصه‌های شمای‌های آبیاری و زهکشی» (کادر ۳-۹) به‌منظور دسته‌بندی کردن شبکه‌ها استفاده نمود. سپس معلوم خواهد شد که هر شمای با کدام شمای‌های دیگر قابل مقایسه می‌باشد. گزارش نتایج ارزیابی براساس همین دسته‌بندی تولید و تحویل واحدهای شرکت‌کننده می‌شود.

دستاوردهای برنامه‌ریزی قیاس‌گیری در استرالیا به‌صورت خلاصه به‌صورت ذیل می‌باشد:

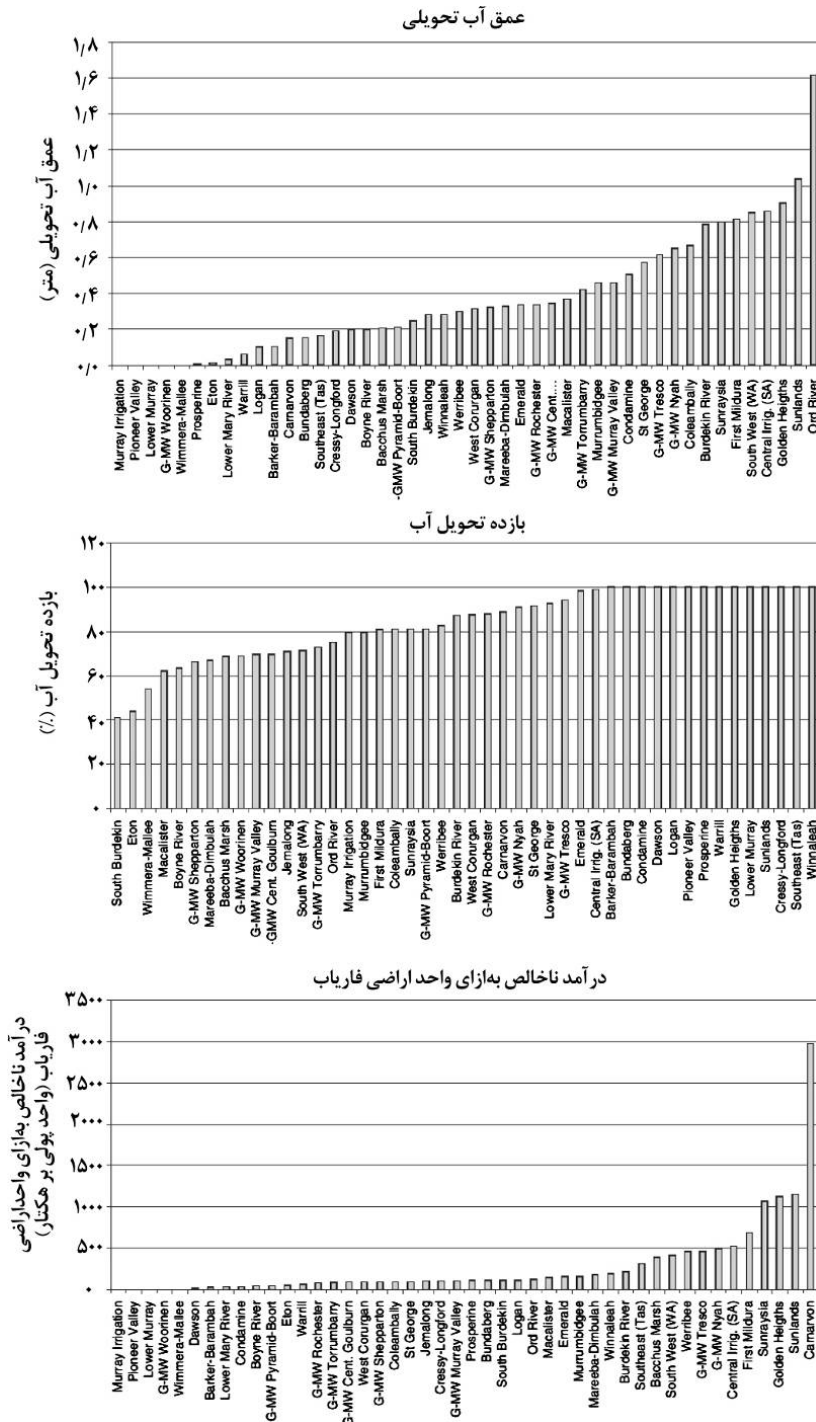
- مقایسه کارایی ارائه‌دهندگان آب آبیاری نسبت به یکدیگر، در هر دو سطح ملی و بین‌المللی؛
- ارائه تصویری مترقی‌تر و پاسخگوتر از بخش آبیاری؛
- پایش تأثیرات فناوری مدرن؛
- توانمندسازی مدیریت‌های شمای‌ها در پایش، بایگانی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و به‌طور کلی در ارزیابی کارایی؛
- فراهم نمودن داده‌های قابل اعتماد و در دسترس از «صنعت آبیاری» برای همه؛
- ایجاد اعتماد بیشتر برای مدیران در انتخاب مقادیر هدف (برای بازده تحویل آب، کارایی بهره‌برداری از شبکه، وضعیت بهداشت و ایمنی، و نیز در استفاده از منابع).

پیاده‌سازی قیاس‌گیری

در این بخش به روش‌های اجرای قیاس‌گیری با استفاده از چارچوب‌های مشخص‌شده در بخش‌های قبل پرداخته شده، و اجزای کلیدی «برنامه‌ریزی» قیاس‌گیری تشریح می‌شوند.

انگیزش برای انجام قیاس‌گیری

محرک اصلی برای انجام قیاس‌گیری، عزم و اراده دولت برای تسریع بهبود مدیریت شمای‌های آبیاری و زهکشی (بخش عمومی) از طریق اصلاح نهادی می‌باشد.



شکل ۹-۹ مثال‌هایی از نتایج ارزیابی کارایی شبکه‌های آبیاری در برنامه قیاس‌گیری استرالیا.

اهداف قیاس‌گیری

اهداف کلی از قیاس‌گیری، افزایش تولیدات کشاورزی و در عین حال حفظ پایداری می‌باشد؛ به طوری که موارد زیر باعث شود:

- بهبود بازده و بهره‌وری استفاده از آب، و لذا کاهش برداشت آب برای آبیاری؛
- حداقل کردن هزینه‌های تحویل آب و دفع زه‌آب؛
- فراهم کردن خدماتی اعتمادپذیر، به موقع و کافی در عرضه آب و دفع زه‌آب؛
- دوام بخشیدن به ثمردهی شمای از طریق:
- حفظ حاصلخیزی خاک و محیط رشد گیاه با مدیریت صحیح دفع زه‌آب و نیز نگهداری کافی از شبکه زهکشی؛
- نگهداری صحیح از شبکه برای ارائه مستمر خدمات مطلوب؛
- حفظ پایداری شمای در سطحی قابل قبول.

محدوده و مرز

در این مثال، فرایندهای اصلی برای قیاس‌گیری به صورت زیر تعریف شده‌اند: تحویل آب آبیاری، دفع زه‌آب زهکشی، نگهداری از زیرساخت، و حفاظت از محیط‌زیست (از طریق مدیریت کیفی آب و زه‌آب). این مجموعه فرایندها، همان محدوده ارزیابی است. همچنین، کانال‌های درجه دو به عنوان مرزهای فیزیکی انتخاب شده‌اند زیرا به دلایل زیر آنها واحدهای مناسب مدیریتی برای قیاس‌گیری، (جدول ۲۳-۹) تشخیص داده شده‌اند:

- پایین‌ترین سطح مدیریتی هستند که توسط مدیریت شبکه راهبری می‌شوند؛
- در انتهایی سطوح مدیریتی شبکه و در لبه ارائه خدمات به مشتری (کشاورزان) قرار دارند؛
- در این واحدها می‌توان به طور مجزا نهاده‌ها، ستانده‌ها و فرایندها را اندازه‌گیری نمود و جمع‌آوری داده با صرفه است؛
- اراضی آبخور آنها تحت تأثیر شدید مدیریت فرایندها در شبکه (فرایند تحویل آب و دفع زه‌آب) می‌باشند؛

جدول ۲۳-۹ مشخصات واحدهای درجه دو انتخاب شده برای قیاس‌گیری

| نام کانال درجه ۲ | نام کانال درجه ۱ | مساحت اراضی آبخور (ha) |
|------------------|------------------|------------------------|
| P1/S1 | P1 | ۵۵۰۰ |
| P1/S2 | P1 | ۲۳۵۰ |
| P1/S3 | P1 | ۵۶۰۰ |
| P2/S1 | P2 | ۵۲۰۰ |
| P2/S2 | P2 | ۵۶۴۰ |
| P2/S3 | P2 | ۳۶۳۰ |

- بهبود فرایند مدیریت در این سطح می‌تواند بر تولید محصول تأثیر بسزایی بگذارد (کارایی ستانده)؛ و ضمناً، با توجه به مشخصات نسبتاً یکسان و شباهت کافی میان این واحدها، مقایسه کارایی آنها ممکن و منطقی است.

برنامه ریزی

برنامه تعیین شده برای قیاس‌گیری به صورت خلاصه در جدول ۲۴-۹ آورده شده است.

نشانه‌های کارایی

نشانه‌های مرتبط با تحویل آب و دفع زه‌آب، تولید محصولات کشاورزی، و حفاظت محیط‌زیست برای چهار فرایند مرتبط در جدول ۲۵-۹ آورده شده است. در این جدول ۳۰ نشانه‌گر معرفی شده‌اند که نیازمند ۲۴ نوع داده می‌باشند.

جمع‌آوری داده

شکل ۱۰-۹ مکان جمع‌آوری داده‌ها در اراضی آبخور کانال درجه دو را نشان می‌دهد. همچنین، جدول ۲۶-۹ خلاصه‌ای از اینکه داده‌ها از کجا، توسط چه کسی و با چه تناوبی جمع‌آوری شده‌اند را نشان می‌دهد. خلاصه‌ای از نتایج قیاس‌گیری شامل نشانه‌های انتخابی و مقادیر آن برای شش کانال درجه دو در جدول ۲۷-۹ نشان داده شده است. در این جدول «بهترین مقدار» با رنگ خاکستری روشن، «مقادیر بحرانی» با رنگ دودی و «موارد نیازمند بهبود» با رنگ خاکستری تیره نشان داده شده است. برخی از نشانه‌ها بدون رنگ می‌باشند؛ زیرا آنها نشانه‌های گزارش‌دهنده (مطلق) هستند و نه مقایسه‌شونده (نسبی). برای مثال، در مورد «کل آب مورد تقاضای محصول در دوره رشد (در مزرعه)» و «کل آب آبیاری عرضه شده برای هر واحد مساحت آبخور»، مقادیر بستگی به ترکیب کشت در واحد درجه دو دارند. بنابراین، هیچ مقداری «بهترین» نیست. این مقادیر صرفاً نشانه‌گر اهمیت واحدها نسبت به هم و نشان‌دهنده مقیاس مصرف آب در این واحدها هستند. «عرضه نسبی آب آبیاری در دوره رشد» مهم‌ترین نشانه‌گر برای ارتباط عرضه و تقاضا می‌باشد. با توجه به نتایج قیاس‌گیری، این مثال به نتیجه‌گیری زیر دست یافته است:

معرفی کارایی در واحدهای کلیدی مدیریت (کانال‌های درجه ۲) و مقایسه کارایی این واحدها (با مشخصات مشابه) منجر به تعیین BMP؛ انتخاب مقادیر هدف مناسب، و تعیین فاصله‌های کارایی می‌شود. ارزیابی تشخیصی یک بخش اساسی از قیاس‌گیری می‌باشد. تجزیه و تحلیل اولیه از نشانه‌های کارایی می‌تواند منجر به گمانه‌زنی‌هایی از علل فاصله‌های کارایی گردد. در ادامه، با جمع‌آوری داده‌های بیشتر و مصاحبه با آب‌بران می‌توان علل اصلی ضعف کارایی را شناسایی نمود.

جدول ۲۴-۹ برنامه قیاس‌گیری کارایی در آبیاری و زهکشی

| ردیف | فعالیت | مثال / شرح |
|------|---|--|
| ۱ | تبیین اهداف فرعی برای فرایندها | افزایش تولید محصولات کشاورزی ارتقاء بازده و بهره‌وری آب حداقل نمودن هزینه‌ها و در عین حال ارائه خدمات مطلوب و رعایت استانداردهای نگهداری |
| ۲ | تعیین ستانده‌های اصلی | حفاظت از حاصلخیزی و پایداری محیط رشد گیاه (خاک) تحويل آب آبیاری دفع زه‌آب تولید محصول |
| ۳ | تعیین نشانگرهای کارایی برای سنجش ستانده‌ها | تولید محصول (Kg) و واحد پولی) بهره وری خاک (وزنی - پولی) (Kg/ha و یا ha/ واحد پولی) بهره‌وری آب (وزنی - پولی) (Kg/ha و یا ha/ واحد پولی) |
| ۴ | داده‌های مورد نیاز برای ارزیابی کارایی (محاسبه نشانگرها) | نوع محصول، مساحت، عملکرد، هزینه نهاده‌ها، قیمت بازار (فروش) و آب عرضه‌شده |
| ۵ | تعیین میزان فاصله کارایی نسبت به BMP | ممکن است قیاس‌گیری میان کل محصول در واحدهای درجه ۲ یا میان واحدهای درجه ۳ (درون واحد درجه ۲) صورت گیرد |
| ۶ | تعیین فرایند اصلی که نقش مهمی در کارایی دارد | تحويل آب (اعتمادپذیری، به‌موقع بودن و کفایت) دفع زه‌آب (به‌موقع بودن، کفایت و کنترل شوری) نگهداری شبکه آبیاری و زهکشی |
| ۷ | تعیین نشانگرهای کارایی برای سنجش فرایندهای اصلی | متوسط نسبی تأمین آب در طول دوره رشد (تقاضا/ عرضه) میزان آب تحويل‌شده در طول دوره رشد (مترمکعب بر هکتار) بازده تحويل آب در شبکه اصلی (درجه ۱ و ۲) |
| ۸ | جمع‌آوری داده برای نشانگرها و ارزیابی و قیاس‌گیری کارایی فرایندها با موارد قابل مقایسه | مقایسه آب تحويل‌شده به واحدهای درجه ۳ در ابتدا، میانه و انتهای کانال‌های درجه ۲ متوسط عمق آب زیرزمینی در طول دوره رشد (متر) کیفیت خاک و زه‌آب در طول دوره رشد هزینه‌های تحويل آب و دفع زه‌آب |
| ۹ | تعیین میزان فاصله کارایی برای فرایندها (مقایسه با BMP) | مقایسه کارایی نشانگرهای مشروح زیر، میان واحدهای درجه ۲ و واحدهای درجه ۳: بازده تحويل آب در کانال‌های درجه ۲ تحويل نسبی آب آب دریافتی واحد درجه ۳ (دبی و مدت جریان) آب تحويلی بر هکتار متوسط عمق تا آب‌زیرزمینی کیفیت آب زیرزمینی و خاک |
| ۱۰ | تعیین عوامل اصلی که بر فرایندها تأثیر می‌گذارند و ارائه پیشنهاد بهبود | ممکن است مقایسه میان واحدهای درجه ۲ یا میان واحدهای درجه ۳ (درون واحد درجه ۲) صورت گیرد. ممکن است مزارع در انتهای کانال درجه ۳ آب کمتری نسبت به مزارع در ابتدای کانال درجه ۳ دریافت کنند. |
| ۱۱ | تدوین یک «برنامه عمل»، ضمن معرفی راهکارهای پیشنهادی (اقدامات اصلاحی) و شیوه پیاده‌سازی آنها | ممکن است شوری آب زیرزمینی و خاک بالا بوده باشد و لذا تولید محصول کاهش یابد. براساس «برنامه عمل» ممکن است اجرای اقداماتی توسط مدیریت ارشد شبکه، انجمن آب‌بران و... لازم باشد. در برنامه عمل بایستی مشخص شده باشد که چه کسانی مسئولیت دارند و درگیر قسمت‌های مختلف کار هستند، چه منابعی (زمان، نیروی انسانی، منابع مالی) برای انجام کار نیاز می‌باشد، و نیز شیوه پیاده‌سازی به‌وضوح تشریح شده باشد. |
| ۱۲ | کسب توافق/ تصویب انجمن آب‌بران و سایر‌گرواران کلیدی برای برنامه عمل | موافقت مدیران ارشد شبکه موافقت انجمن‌های آب‌بران (کشاورزان) |

جدول ۲۴-۹ (ادامه)

| ردیف | فعالیت | مثال / شرح |
|------|--|---|
| ۱۳ | پیاده‌سازی برنامه عمل | انتشار برنامه عمل به‌طور گسترده برای آگاه نمودن کلیه افراد درگیر از چگونگی کار در راهبری فرایند پیاده‌سازی بایستی از همکاری گروداران کلیدی بهره جست تا تضمینی برای اجرای کامل و مناسب کار باشد. سیاست پیشروی گام‌به‌گام اتخاذ شود (تمرکز بر اقدامات کوچک در هر زمان و استمرار) |
| ۱۴ | پایش فرایند پیاده‌سازی و نیز میزان تغییرات به‌وجودآمده | نتایج پایش بایستی به تمامی گروداران کلیدی ارائه شود. این گروداران شامل مدیران ارشد شبکه و نیز انجمن آب‌بران می‌شوند. مدیران ارشد و انجمن آب‌بران بایستی در انتهای کار کامل شدن پیاده‌سازی برنامه عمل را تأیید نموده و تحت نظر ایشان تغییر در کارایی ستانده‌ها و فرایندها ارزیابی گردد. |
| ۱۵ | ارزشیابی نهایی | |

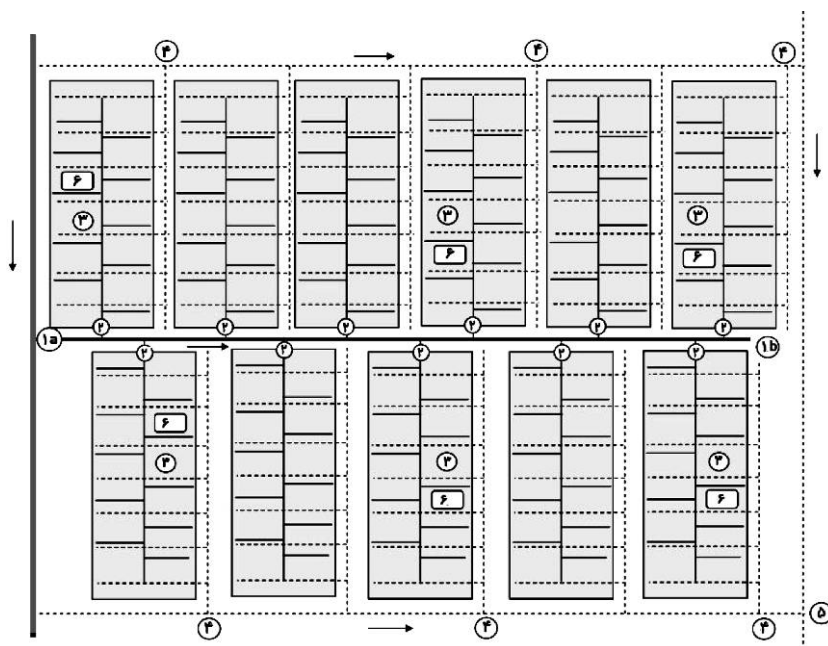
نباید بر ارزش مقایسه کارایی‌ها و انتخاب معیار قیاس برای نشانگرهای کارایی زیاد تأکید نمود. در واقع این روش، فقط امکان مقایسه میان مقادیر هدف (BMP) با وضعیت کارایی در واحدهای با عملکرد ضعیف‌تر را فراهم می‌آورد. اگر بهترین شبکه خود دارای ضعف‌های کارایی فراوانی باشد، ممکن است هنوز تا کارایی قابل دستیابی فاصله زیادی باشد.

درگیر کردن آب‌بران در فرایند ارزیابی از طریق «گفتگو» و «پرسشنامه» بخشی اساسی در فرایند قیاس‌گیری می‌باشد.

با توجه به سطوح کارایی در طیف وسیعی از نشانگرها، همیشه انتخاب بهترین شبکه ممکن نیست. در برخی موارد کارایی تحویل آب آبیاری خوب است؛ اما کارایی زهکشی ضعیف است و یا برعکس. در چنین مواردی، برای هر نشانگر مقادیر هدف جداگانه انتخاب شده و بر این اساس قیاس‌گیری انجام می‌گیرد.

اگر قیاس‌گیری در مقیاسی گسترده‌تر به‌عنوان ابزاری مدیریتی صورت گیرد، بایستی با مشارکت بیشتر مدیران و کارشناسان (مهندسین آبیاری و زهکشی) و آب‌بران همراه باشد. این گروداران کلیدی نه تنها باید از ابتدا در فرایندها مشارکت داده شوند، بلکه بایستی در تمام مراحل مستراً در جریان تجزیه و تحلیل‌ها و نتایج قرار گیرند.

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان ابزار مناسبی برای نگهداری، نمایش، و پردازش داده‌ها در مسیر تجزیه و تحلیل مفید بوده و باید تا حد امکان به کار گرفته شود.



شکل ۹-۱۰ محل داده‌برداری برای فرایند ارزیابی.

مسائل

۱. انواع مختلف ارزیابی یک شبکه/شمای را مختصراً شرح دهید؟
۲. ورودی، سیستم، خروجی و نتیجه یک شبکه آبیاری و زهکشی چیست؟
۳. معیارهای کارایی مطلوب از دید یک کشاورز را با دیدگاه یک مهندس آبیاری مقایسه نمایید؟
۴. بنظر شما اهداف توسعه شمای آبیاری در سطوح مختلف به چه دلایل می‌باشد؟
۵. سطوح مختلف ارزیابی کارایی در یک شبکه/شمای آبیاری را نام برده و مختصراً هر یک را تشریح نمایید؟
۶. چارچوب‌های پایش و ارزشیابی یک شبکه/شمای آبیاری و زهکشی را نام برده و هر یک را تشریح نمایید؟
۷. مراحل طرح‌ریزی یک پروژه آبیاری و زهکشی را نام ببرید؟
۸. روش قیاس‌گیری در بررسی کارایی یک شبکه/شمای آبیاری و زهکشی چیست؟

جدول ۹-۲۳ داده‌های مورد نیاز برای قیاس‌گیری (مرتبط با شکل ۹-۱۱)

| شماره | موقعیت | داده‌های مورد | مسئول | روش | تناوب | دوره | توضیحات |
|-------|--|--|--------------|-------------------|----------------------------|------------|--|
| ۱۸ | ابتدای کانال درجه ۲ | جمع‌آوری • دبی ورودی به کانال درجه ۲ • عمق جریان • گم‌بودی در بچه • دبی • مدت جریان • کیفیت آب • دبی خلیه شده از کانال درجه ۲ • عمق جریان • دبی • مدت جریان • گم‌بودی در بچه • دبی | کارکنان شبکه | اندازه‌گیری | روزانه | دوره رشد | ۱- نمونه‌گیری و سپس ارسال به آزمایشگاه |
| ۲ | ابتدای کانال درجه ۳ | • دبی • مدت جریان • گم‌بودی در بچه • دبی | انجمن آبیان | اندازه‌گیری | سامعی | دوره رشد | مشاور دریاگاه پروانه از آبیان و پرداخت پروانه به شبکه است |
| ۳ | نقطه انتقال درجه ۲ به کانال درجه ۳ | • دبی • مدت جریان • گم‌بودی در بچه • دبی | کارکنان شبکه | اندازه‌گیری | ۱۰ تا ۱۲ مرتبه در دوره رشد | دوره رشد | نیازمند نصب پیرومتر در محدوده آرنی انجمن آبیان درجه ۲ می‌باشد. مه‌اندازه‌گیری پیرومتر و مستخرج آرنی و پیرومتر است |
| ۴ | خرودگی‌های مستخرج در کانال‌های رنگی درجه ۲ (نقطه در ابتدای کانال) | • دبی • مدت جریان • گم‌بودی در بچه • دبی | کارکنان شبکه | اندازه‌گیری | دوره‌ای | دوره رشد | انجمن آبیان در طول دوره رشد |
| ۵ | خرودگی‌های کانال‌های رنگی درجه ۲ | • دبی • مدت جریان • گم‌بودی در بچه • دبی | کارکنان شبکه | اندازه‌گیری | روزانه | دوره رشد | نیازمند دستورالعمل‌های ساده برای جمع‌آوری اطلاعات توسط انجمن آبیان است. لازم است برخی از نتایج یا اندازه‌گیری‌های کارکنان شبکه در طول دوره تا صحت داده‌ها از بین نرود. |
| ۶ | واحد درجه ۳ مستخرج در طول هر کانال درجه ۱، ۲ نمونه در ابتدا، ۱۰ نمونه در میانه و ۱۰ نمونه در انتها | • کیفیت آب • مساحت انجمن • اطلاعات برای یک محدوده ۱۰ هکتاری واحد نمونه؛ • نوع کشت • طول دوره رشد • تولید محصول • قیمت فروش محصول • هزینه تولید محصول | انجمن آبیان | بررسی از کشاورزان | یکبار در دوره رشد | دوره رشد | نیازمند دستورالعمل‌های ساده برای جمع‌آوری اطلاعات توسط انجمن آبیان است. لازم است برخی از نتایج یا اندازه‌گیری‌های کارکنان شبکه در طول دوره تا صحت داده‌ها از بین نرود. |
| ۷ | واحد درجه ۳ و واحدهای درجه ۳ (آبیاری رنگی) | • دبی • مدت جریان • گم‌بودی در بچه • دبی | کارکنان شبکه | بررسی دفتر آبیاری | سالانه | در طول سال | این اطلاعات قابل دستیابی در دفتر شبکه آبیاری می‌باشند. |

جدول ۲۷-۹ جدول گزارش نتایج و ارزشیابی (نشانگرها برای شبکه آبیاری و زهکشی).

| کانال درجه ۲ | | | | | | واحد | شرح |
|-----------------------|-------|-------|--------|-------|---------------|--------------|--|
| P2/S3 | P2/S2 | P2/S1 | P1/S3 | P1/S2 | P1/S1 | | |
| آبیاری | | | | | | | |
| ۲۸۸۶ | ۲۷۳۰ | ۲۴۱۹ | ۲۹۳۵ | ۲۶۸۴ | ۲۶۷۶ | ha/واحدپولی | بهره‌وری زمین (پولی) |
| ۲,۶۲ | ۳,۲۳ | ۰,۶۸ | ۱,۲۸ | ۰,۸۲ | ۰,۸۸ | m3/واحدپولی | بهره‌وری آب (پولی) |
| ۲۳۲۶ | ۲۱۵۵ | ۱۸۲۸ | ۲۲۲۶ | ۲۳۵۲ | ۲۲۳۶ | m3/ha | کل آب مورد تقاضای محصول در دوره رشد (در مزرعه) |
| ۱۱۱۰ | ۸۴۶ | ۳۵۷۷ | ۲۲۸۶ | ۳۲۸۹ | ۳۰۲۴ | m3/ha | کل آب آبیاری عرضه‌شده برای هر واحد مساحت آبخور |
| - | ۵۷۴ | ۱۵۸۷ | ۱۳۳۹ | ۲۰۳۷ | ۱۳۴۰ | m3/ha | کل آب آبیاری تحویل‌شده برای هر واحد مساحت آبخور |
| - | %۶۸ | %۴۴ | %۵۹ | %۶۲ | %۴۴ | % | بازده تحویل آب در شبکه اصلی |
| - | ۰,۴۱ | ۰,۸۷ | ۰,۶۰ | ۰,۸۷ | ۰,۶۰ | - | متوسط نسبی تأمین آب در طول دوره رشد |
| ۲۰,۰۰ | ۲۰,۰۰ | ۲۰,۰۰ | ۱۸,۴۳ | ۱۸,۴۳ | ۱۸,۴۳ | ha/واحدپولی | هزینه MOM شبکه بر اراضی آبخور |
| ۰,۰۳۶ | ۰,۰۳۱ | ۰,۰۱۱ | ۰,۰۱۶ | ۰,۰۱۱ | ۰,۰۱۲ | m3/واحدپولی | هزینه MOM شبکه برای هر واحد آب عرضه‌شده |
| ۱۰,۰۰ | ۱۰,۰۰ | ۱۰,۰۰ | ۱۳,۴۷ | ۱۳,۴۷ | ۱۳,۴۷ | ha/واحدپولی | متوسط هزینه نگهداری شبکه به‌ازای هر هکتار |
| ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۷۳ | ۰,۷۳ | ۰,۷۳ | - | متوسط سهم هزینه‌های نگهداری شبکه آبیاری |
| ۳۷۵۰ | ۳۷۵۰ | ۳۷۵۰ | ۳۹۰۲ | ۳۹۰۲ | ۳۹۰۲ | نفر/واحدپولی | متوسط هزینه‌های نیروی انسانی شبکه آبیاری برای هر نفر |
| ۳۷۵ | ۳۷۵ | ۳۷۵ | ۳۹۳ | ۳۹۳ | ۳۹۳ | نفر/هکتار | متوسط مساحت اراضی آبخور به‌ازای هر پرسنل شبکه |
| زهکشی | | | | | | | |
| ۰,۹۵ | ۰,۵۸ | ۰,۷۵ | ۰,۸۲ | ۰,۵۸ | ۰,۸۰ | متر | عمق آب زیرزمینی |
| ۶,۱ | ۳,۲ | ۲,۰ | ۲,۱ | ۳,۰ | ۲,۲ | mmhos/cm | شوری آب زیرزمینی |
| ۳,۵ | ۳,۹ | ۲,۸ | ۱,۱ | ۰,۷ | ۰,۸ | mmhos/cm | شوری خاک |
| پرسشنامه | | | | | | | |
| شکایات/ مشکلات آبیاری | | | | | | | |
| - | - | - | - | - | - | شمارش | خیلی شدید |
| ۳ | ۱ | - | - | - | - | شمارش | شدید |
| ۲ | ۱۸ | ۰ | ۰ | ۷ | ۲ | شمارش | خفیف |
| شکایات/ مشکلات زهکشی | | | | | | | |
| ۱ | - | - | - | - | - | شمارش | شدید |
| ۳ | - | ۵ | - | - | - | شمارش | خفیف |
| ۲ | ۱ | ۱۴ | - | ۱ | - | شمارش | ناچیز |
| راهنما | | | | | | | |
| خاک‌ستری تیره | | | دودی | | خاک‌ستری روشن | | بهترین |
| موارد مورد نیاز بهبود | | | بحرانی | | | | |

منابع

- Alexander, P.J. and M.O. Potter, (2004). Benchmarking of Australian irrigation water provider businesses. In: Special Issue – Benchmarking in the Irrigation and Drainage Sector. *Irrigation and Drainage*53(2), 165–174.
- ANCID (2000). 1998/99 Australian Irrigation Water Provider – Benchmarking Report. Australian National Committee on Irrigation and Drainage, Victoria, Australia.
- Beadle, A.D., M.A. Burton, I.K. Smout, and M.J. Snell, (1988). Integration of engineering, institutional and social requirements into rehabilitation design – a case study from Nepal. *Irrigation and Drainage Systems*2(1), 79–92.
- Bloom, B.S. (1956). Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain. David McKay Co. Inc., New York.
- Bos, M.G. (1989). *Discharge Measurement Structures*. ILRI Publication No. 20. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.
- Bos, M.G. and J. Nugteren, (1974). *On Irrigation Efficiencies*. ILRI Publication No. 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.
- Bos, M.G., M.A. Burton, and D. Molden, (2005). *Irrigation and Drainage Performance Assessment: Practical Guidelines*. CAB International, Wallingford, UK.
- Bos, M.G., R.A.L. Keslik, R.G. Allen, and D. Molden, (2009). *Water Requirements for Irrigation and the Environment*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Burton, M.A. (2010). Irrigation management principles and practices. CABI publishing. ISBN: 1845935160 .
- Burton, M.A. (1988). Improving Water Management in Developing Countries: A Question of Training. ODI/IIMI Irrigation Management Network Paper No. 88/1b. Overseas Development Institute, London.
- Burton, M.A. (1989b). Putting theory into practice: simplified scheduling procedures for smallholder irrigation schemes. In: Rydzewski, J.R. and C.F. Ward, (eds) *Irrigation: Theory and Practice*. Pentech Press, London, pp. 514–526.
- Burton, M.A. (1993). A simulation approach to irrigation water management. PhD thesis, University of Southampton, Southampton, UK.
- Burton, M.A. (1994). The Irrigation Management Game: a role playing exercise for training in irrigation management. *Irrigation and Drainage Systems*7, 305–318.
- Burton, M.A. and D. Molden, (2005). Making sound decisions: information needs for basin water management. In: Svendsen, M. (ed.) *Irrigation and River Basin Management: Options for Governance and Institutions*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 125–144.
- Burton, M.A., W.D. Kingdom, and J.W. Welch, (1996). Strategic investment planning for irrigation – the ‘Asset Management’ approach. *Irrigation and Drainage Systems*10, 207–226.
- Burton, M.A., H. Malano, and I. Makin, (2005). Benchmarking for improved performance in irrigation and drainage. In: *Shaping the Future of Water for Agriculture: A Sourcebook for Investment in Agricultural Water Management*. World Bank, Washington, DC, pp. 299–305.
- Burton, M.A., L. Smith, and J. Roux, (2008). *Toolkit for Monitoring and Evaluation of Agricultural Water Management Projects*. Agricultural and Rural Development Division, World Bank, Washington, DC.
- Burton, M.A., P. Wester, and C. Scott, (2002). Safeguarding the needs of locally managed irrigation in the water scarce Lerma-Chapala river basin, Mexico. In: Proceedings of the 18th International Congress on Irrigation and Drainage, Montreal, Canada, 21–28 July (CD-ROM). International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi, R5.03.
- Casley, D. and K. Kumar, (1987). Project Monitoring and Evaluation in Agriculture, A Joint Study. World Bank, International Fund for Agricultural Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Davies, A. (1993). *An asset management programme for irrigation agencies in Indonesia*. MSc dissertation, Institute of Irrigation Studies, University of Southampton, Southampton, UK.
- Earthscan/IWMI (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water*

- Management in Agriculture*. Earthscan, London and International Water Management Institute, Colombo.
- EPI (2009). Data Center. Food and Agriculture. World Irrigated Area and Irrigated Area per Thousand
- European Commission (2004). *Aid Delivery Methods – Volume 1: Project Cycle Management Guidelines*. EuropeAid Cooperation Office, European Commission, Brussels.
- FAO (1977). *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24(Doorenbos, J. and Pruitt, W.O.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1978). *Effective Rainfall*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 25(Dastane, N.G.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1979). *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33(Doorenbos, J. and Kassam, A.H.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1982). *Organization, Operation and Maintenance of Irrigation Schemes*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 40(Sagardoy, J.A., Bottrall, A. and Uittenbogaard, G.O.). Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1984). *Irrigation Practice and Water Management*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 1, Revision 1 (Doneen, L.D. and Westcot, D.W.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1989). *Guidelines for Designing and Evaluating Surface Irrigation Systems*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 45(Walker, W.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (1998). *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56(Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2003). *Legislation on Water Users' Organizations: A Comparative Analysis*. FAO Legislative Study No. 79 (Hodgson, S.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2009). *Creating Legal Space for Water User Organizations: Transparency, Governance and the Law*. FAO Legislative Study No. 100(Hodgson, S.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Horst, L. (1990). *Interactions Between Technical Infrastructure and Management*. ODI/IIMI Irrigation Management Network Paper No. 90/3b. Overseas Development Institute, London.
- Huppert, W. and K. Urban, (1998). *Analysing Service Provision: Instruments for Development Cooperation Illustrated by Examples from Irrigation*. GTZ Publication No. 263. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, Eschborn, Germany.
- ICID (1993). ICID Environmental Checklist to Identify Environmental Effects of Irrigation, Drainage and Flood Control Projects. International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi.
- IIS (1995a). *Asset Management Procedures for Irrigation Schemes – Final Report*. Institute of Irrigation Studies, University of Southampton, Southampton, UK.
- IIS (1995b). Preliminary Guidelines for the Preparation of an Asset Management Plan for Irrigation Infrastructure. Institute of Irrigation Studies, University of Southampton, Southampton, UK.
- Israelson, O.W. and V.E. Hansen, (1962). *Irrigation Principles and Practices*, 3rd edn. John Wiley and Sons, New York.
- IWMI (2006). *Water for Food, Water for Life: Insights from a Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Presented at Stockholm World Water Week, 20–26 August 2006. International Water Management Institute, Colombo.
- Jurriens, M. (1991). *Rehabilitation and Management of Irrigation Projects – Short Course Lecture Notes*. Institute of Irrigation Studies, University of Southampton, United Kingdom.
- Kay, M. (1983). *Sprinkler Irrigation: Equipment and Practice*. Batsford Academic and Educational Ltd, London.
- Kay, M. (1986). *Surface Irrigation: Systems and Practices*. Cranfield Press, Bedford, UK.
- Keller, J., A. Keller, and G. Davids, (1998). River basin development phases and implications of closure. *Journal of Applied Irrigation Science*33(2), 145–163.
- Khan, M.H. (1978). Improving irrigation operation in East Java. In: Transactions of the 10th ICID Congress, Athens. International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi.
- Malano, H. and M. Burton, (2001). Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and the

- International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, Rome.
- Malano, H., M. Burton, and I. Makin, (2004). Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change. In: Special Issue – Benchmarking in the Irrigation and Drainage Sector. *Irrigation and Drainage* 53(2), 119–134.
- Malhotra, S.P. (1982). *The Warabandi System and Its Infrastructure*. Central Board of Irrigation and Power Publication No. 157. Central Board of Irrigation and Power, New Delhi.
- Merriam, J.L. and J. Keller, (1978). *Farm Irrigation System Evaluation: A Guide to Management*. Utah State University, Logan, Utah.
- Molden, D., R. Sakthivadivel, and M. Samad, (2001). Accounting for changes in water use and the need for institutional adaptation. In: Abernathy, C.L. (ed.) *Intersectoral Management of River Basins*. International Water Management Institute, Colombo, pp. 73–88.
- Murray-Rust, D.H. and W.B. Snellen, (1993). *Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*. Joint IIMI/ILRI/IHEE Publication. International Irrigation Management Institute, Colombo.
- Neville, D.F.J. (1996). *Environmental Impact Assessment course notes*. Institute of Irrigation and Drainage Studies, University of Southampton, Southampton, UK.
- OECD (2002). *Glossary of Key Terms in Evaluation and Results-based Management*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OFWAT (1992). Strategic Business Plan (AMP2) Manual. Office of Water Services, Birmingham, UK. OIP (2008) Project Status Report, Quarter 1, Project Implementation Unit, On-Farm Irrigation Project, Kyrgyz Republic. Prepared by Project Implementation Unit for World Bank Missions, Bishkek.
- Pasandaran, E. (1976). Water management decision making in the Pekalen Sampean Irrigation Project, East Java, Indonesia. In: Taylor, D.C. and Wickham, T.H. (eds) *Irrigation Policy and the Management of Irrigation Systems in South East Asia*. Agricultural Development Council, Bangkok, pp. 47–60.
- People, (1950–2007). Earth Policy Institute, Washington, DC (available at http://www.earth-policy.org/index.php?/datacenter/xls/book_pb4_ch2_8.xls).
- Replogle, J.A. and J.L. Merriam, (1980). Scheduling and management of irrigation water delivery systems. In: Irrigation – Challenges of the 80s, Proceedings of the ASAE Second National Irrigation Symposium, Lincoln, Nebraska, 20–23 October. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan, pp. 112–126.
- Sadler, P. (1995). Managing Change. Kogan Page, London. Shiklomanov, I. (2000) Appraisal and assessment of world water resources. *Water International* 25(1), 11–32.
- Skogerboe, G.V. and G.P. Merkle, (1996). *Irrigation Maintenance and Operations Learning Process*. Water Resources Publications, Highland Ranch, Colorado.
- Skogerboe, G.V., R.S. Bennet, and W.R. Walker, (1972). Selection and Installation of Cut-throat Flumes for Measuring Irrigation and Drainage Water. Technical Bulletin No. 120. Experiment Station, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Small, L.E. and M. Svendsen, (1992). *A Framework for Assessing Irrigation Performance*. IFPRI Working Papers on Irrigation Performance No. 1. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Snell, M.J. (1997). *Cost Benefit Analysis for Engineers and Planners*. Thomas Telford, London.
- SRWSC (1980). *Water Bailiff's Manual*. State Rivers and Water Supply Commission, Victoria, Australia.
- Svendsen, M. (ed.) (2005). *Irrigation and River Basin Management: Options for Governance and Institutions*. CAB International, Wallingford, UK.
- Walker, W.R. (1993). *SIRMOD: Surface Irrigation Simulation Software*, Version 2.1. Utah State University, Logan, Utah.
- Wester, P., C.A. Scott, and M.A. Burton, (2005). River basin closure and institutional change in Mexico's Lerma-Chapala basin. In: Svendsen, M. (ed.) *Irrigation and River Basin Management: Options for Governance and Institutions*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 125–144.
- Withers, B. and Vipond, S. (1974). *Irrigation: Design and Practice*. B.T. Batsford Ltd, London.
- World Bank (2005). *Shaping the Future of Water for Agriculture: A Sourcebook for Investment in Agricultural Water Management*. Agricultural and Rural Development Division, World Bank, Washington, DC.

واژه‌نامه

| | | | |
|----------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Withdrawal | برداشت | Restoration | احیاء |
| Abstraction | برداشت (از منابع آب) | Head Office | اداره مرکزی |
| Water Capture | برداشت آب | Hinterland | اراضی درون کشور |
| Plan | برنامه | Evaluation | ارزش‌یابی |
| Regime | برنامه/ روش | Emergency | اضطراری |
| Programming | برنامه‌ریزی | Ascertain | اطمینان از تحقق |
| Schedule | برنامه‌زمانی | Reliability | اعتمادپذیری |
| River Weir | بند انحرافی | Facilities | امکانات، زیرساخت‌های عمرانی |
| Budgeting | بودجه‌بندی | Estate | املاک |
| Utilization | بهره‌برداری | Administration | امور اداری |
| Upgrading | بهبودی (ارتقاء) | Disseminate | انتشار، پخش کردن |
| Sustainable | پایدار | Transitional | انتقالی |
| Monitor | پایش | Water User | آب بران |
| Service Fee | پردازش خدمات | Return Flow | آب برگشتی |
| Post-Season | پس از دوره، پس‌دوره | Renewable Water | آب تجدیدپذیر |
| Effluent | پساب | Virtual Water | آب مجازی |
| Footbridge | پل پیاده‌رو | Watershed | آبخیز |
| Lining | پوشش | Water Footprint | آبرانه |
| Monetary | پولی | Offtake | آبگیر (خروجی از کانال) |
| Implementation | پیاده‌سازی | Marginal Quality Water | آب‌های نامتعارف |
| Outcome | پیامد | Civil Code | آداب و رسوم اجتماعی |
| Pre-Season | پیش از دوره، پیش‌دوره | Layout | آرایش، چیدمان |
| Preventative | پیشگیرانه، پیشگیری‌کننده | Pollution | آلودگی |
| Succession | پیوسته-متوالی | Training | آموزش عملی، کارورزی |
| Wetland | تالاب | Education | آموزشی |
| Deferred | تأخیری | Dynamic Head | بار دینامیکی |
| Headworks | تأسیسات سراب | Head | بارآبی |
| Procurement | تجهیز | Marketing | بازاریابی |
| Allocation | تخصیص | Efficiency | بازده |
| Mitigation | تخفیف - سازگاری | Inspection | بازرسی |
| Level | تراز | Rehabilitating | بازسازی |
| Water Level | تراز آب | Canal Reach | بازه‌ی کانال |
| Desired Level | تراز مطلوب | Recover | بازیابی |
| Balance | تراز، تعادل | Acquisition | بدست آوردن، تحصیل، تأمین |
| Crop Pattern | ترکیب کشت | Equity | برابری، عدالت |

| | | | |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Flood Plain | سیلاب‌دشت | Extention | ترویج |
| Scheme | شیمای | Utilities | تسهیلات شهری (آب، برق، ...) |
| Irrigation Scheme | شمای آبیاری | Fee Setting | تعرفه گذاری |
| Index | شاخص | Demand | تقاضا |
| Enterprise | شرکت، کسب و کار / سرمایه‌گذاری | Monocropping | تک محصولی |
| Flush Out | شست و شو - تخلیه | Frequency | تناوب |
| Gap | شکاف، رخنه | Adjustment | تنظیم، تعدیل |
| Meeting Minutes | صورت جلسه | Arranged | توافقی |
| Planning | طرح‌ریزی | Water Body | توده‌های آب (دریاچه، تالاب، ...) |
| Supply | عرضه | Development | توسعه |
| Political Will | عزم سیاسی | Fines | جرائم |
| Function | عملکرد | Mud Flow | جریان گل و لای - گل‌روانه |
| Sewage | فاضلاب | Penalty | جریمه |
| Process | فرآیند | Pick Up | جمع‌آوری |
| Gullying | فرسایش خندقی | Ditch | جوی |
| Corruption | فساد | Open Well | چاه دستی |
| Famine | قحطی | Borehole | چاه عمیق (حفاری مته‌ای) |
| Field | قطعه | Legal | حقوقی |
| Domain | قلمرو | Basin | حوضه |
| Benchmarking | قیاس‌گیری | Drought | خشکسالی |
| Performance | کارایی (کارایی کارکرد) | Reliable Data | داده معتبر |
| Water Use | کاربرد آب | Assets | دارایی |
| Land Use | کاربری اراضی | In-Season | درون دوره‌ای، درون دوره |
| Staff | کارکنان | Gate | دریچه |
| Goods | کالا | Overflow Gate | دریچه سرریزی |
| Canal | کانال | Slide Gate | دریچه‌های کشویی |
| Irrigated Agriculture | کشاورزی فاریاب | Procedure | دستورالعمل، شیوه‌نامه |
| Crop | کشت | Cropping Season | دوره رشد گیاه |
| Adequacy | کفایت | Periodic | دوره‌ای |
| Shortage | کمبود | Rainfed | دیم |
| Scarsity | کمیابی | Beneficiaries | ذینفعان، بهره‌بران |
| Quality | کیفیت | Strategy | راهبرد |
| Stakeholders | گروداران | Approach | رویکرد |
| Brackish | لب شور | Deteriorate | زوال، ازکار افتادگی |
| Level-Top | لبه پر | Income Amenity | سازگاری درآمد |
| Aqueduct | مجرا، فلوم (آبگذر) | Organization | سازمان |
| Yield | محصول | Escape Structure | سازه تخلیه (مانند سرریز جانبی) |
| Local | محلی - موضعی | Output | ستانده |
| Enviroment | محیط زیست | Target Level | سطح هدف |
| Reservoir | مخزن | Profit | سود |

| | | | |
|--------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Indicator | نشانگر | Duration | مدت |
| Supervising | نظارت | Asset Management | مدیریت اموال |
| Survey | نقشه برداری | Demand Management | مدیریت تقاضا |
| Hand-Over Point | نقطه تحویل آب | Farm | مزرعه |
| Timely Maintenance | نگهداری به موقع | Submerge | مستغرق |
| Representative | نماینده، نمونه | Authority | مسئول |
| Rebuiding | نوسازی | Consumption | مصرف |
| Attenuate | نوسان کاهش یافتن | Charging | مطالبه، اخذ کردن |
| Water Institution | نهاد آب | Criteria | معیار |
| Input | نهاده | Benchmark | معیار قیاس |
| Institutional | نهادی | Standard | معیار، استاندارد |
| Channel | نهر | Distribution Box | مقسم |
| Semi-Detail | نیمه تفصیلی | Purpose | مقصود |
| Tertiary | واحد درجه سه | Human Resourc | منابع انسانی |
| Calibration | واسنجی | Water Resources | منابع آب |
| Intake | ورودی شبکه-تأسیسات سراب | Source | منبع |
| Objective | هدف مرحله‌ای / فرعی | Temporary | موقت |
| Goal | هدف نهایی | Agency | مؤسسه، اداره، شرکت |
| Ally | هم‌پیمان، همراه (توأم) | District | ناحیه |
| Subsidies | یارانه | Proportional | نسبیتی |

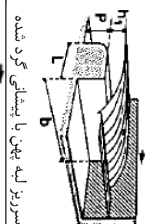
پیوست ۱: جدول مشخصات سازه‌های سنجش آب

| سختن‌های جدول با شماره مشخص شده‌اند شرح هر سختن در جدول زیر آمده است. | | شرح سختن | | شماره سختن | |
|---|------------|--|----|------------|----|
| ۱ | شماره سختن | نام و نمای سازه | ۸ | شرح سختن | ۸ |
| | | شکل مقطع کنترل | ۹ | شماره سختن | ۹ |
| ۲ | شماره سختن | AM: اندازه‌گیری | ۱۰ | شرح سختن | ۱۰ |
| ۳ | | MR: اندازه‌گیری و تنظیم | ۱۱ | شماره سختن | ۱۱ |
| ۴ | شماره سختن | h _{max} | ۱۲ | شرح سختن | ۱۲ |
| ۵ | | حفاظت ارتفاع از کانال | ۱۳ | شماره سختن | ۱۳ |
| ۶ | شماره سختن | D _۱ و w | ۱۴ | شرح سختن | ۱۴ |
| ۷ | | حفاظت اندازه P _۱ و B _۱ | | شماره سختن | |

آشغال: ++ خیلی خوب، + خوب، ۰ متوسط، - ضعیف، - - خیلی ضعیف
رسوب: ++ خیلی خوب، + خوب، ۰ متوسط، - ضعیف، - - خیلی ضعیف
توضیحات

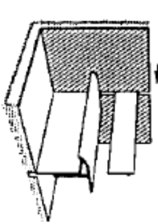
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۴ | ۱۳ | ۱۲ | ۱۱ | ۱۰ | ۹ | ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |
|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|----|----------|------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| بستگی به شیب و جهت بالابستگی و نسبت $\frac{P_2}{H_2}$ دارد | + | $l^* = ۰.۷$ | 35 | $q=۰.7$ | $\dots\dots۰۰۶۶$ | $b=0.3m$ | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | مستطیلی u=1.5 |
| | | $l^* = ۰.۹۵$ | | $q=۰.۲۳$ | | | | | | | | | |



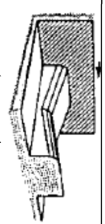
سوریز لبه پهن با پیمایی گره شده

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-----|----|-----------|------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| L=0.6 m برای | + | ۰.۳ | 30 | $Q=0.86$ | $\dots\dots۰۰۵۷$ | $b=0.3m$ | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | مستطیلی u=1.5 |
| | | | | $h=1.5 m$ | | | | | | | | | |



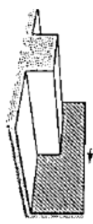
سوریز Romija و اندازه‌گیری

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------|-----|-------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| $0.05 L \leq H_1$ $\leq 0.7L$ | * | ۰.۸۵ تا ۰.۸ | ۹۳۰ | مختصر | $\dots\dots۰۰۱۶$ | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | مناطی u=1.7- 2.5 زاویه ۳۰ ۱۸۰ تا |
| | | | | | | | | | | | | |

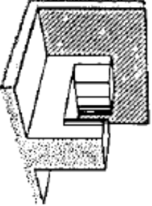
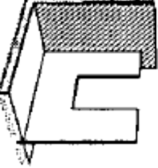
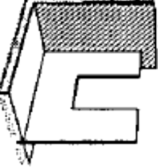
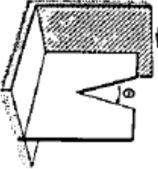
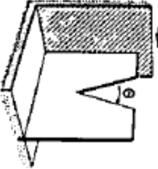
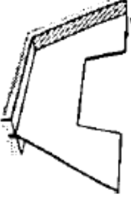
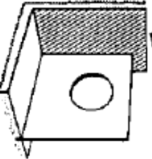


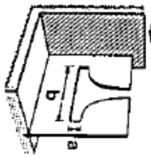
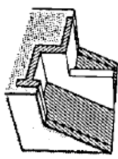
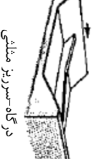
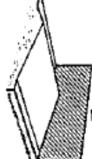
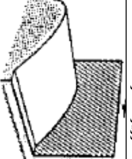
سوریز لبه پهن مناطی


| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|----|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| بستگی به بار آبی بالای سوریز دارد | * | ۰.۳۸ | 35 | $q=5.07$ $h=2 m$ | $\dots\dots۰۰۶۴$ | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | H_1 H_1 max | H_2 H_2 max | مستطیلی u=1.5 |
| | | | | | | | | | | | | |

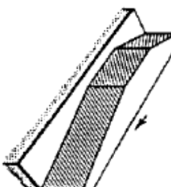


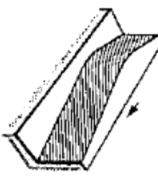
سوریز لبه پهن

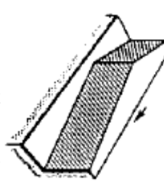
| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|------------|---------|-------------------|---------|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------|---------------|------------------|--|
| سرریز پایه تیر مستطیلی | | | | | | | | | | | | | |
| معمولاً کمتر است | * | ۰.۶۴ | 90 | $q=5.1$ $h=2m$ | ۰.۰۱۱ | ۰.۰۵ m | $3h/A_1$ | ۰.۱۵m | ۱/۴L | ۰.۰۶m ۰.۰۸L | M u=1.6 | مستطیلی |  |
| سرریز پایه تیر مستطیلی | | | | | | | | | | | | | |
| انقباض کامل | - | $h_1+0.05$ | ۲۴ Δ | $q=0.813$ | ۰.۰۰۹۹۷ | ۰.۳m | ۰.۳m | ۰.۳m | ۰.۰۶ m | ۰.۰۷ m | M | مستطیلی |  |
| انقباض نسبی و بدون انقباض | - | $h_1+0.05$ | حدود ۲۰ | متغیر | ۰.۰۰۱۳۷ | ۰.۱۵ m | ۰.۱m 0.5 h ₁ | 0.1m 0.5 h ₁ | 0.5b 2.4b | ۰.۰۳ m | M یا MR | مستطیلی u=1.5 |  |
| سرریز پایه تیر مثلثی | | | | | | | | | | | | | |
| انقباض نسبی | - | $h_1+0.05$ | ۵۰۰ | $Q=0.39$ | ۰.۰۰۰۸ | $B \geq 2.5 h_1$ | ۰.۱m | ۰.۱m | ۰.۰۶ m | ۰.۰۵m | M | مثلثی |  |
| انقباض کامل | - | $h_1+0.05$ | ۱۵۰ | $Q=0.145$ | ۰.۰۰۰۲ | $B \geq 5 h_1$ | 0.45 m | 0.38 m | 0.38 m | ۰.۰۵m | M | u=2.5 |  |
| سرریز چهارگوش | | | | | | | | | | | | | |
| | - | $h_1+0.05$ | 36.4 | $q=۰.۸۶۴$ | ۰.۰۰۸۲ | ۰.۵h ₁ | ۰.۳m | ۰.۳m | ۰.۶m | ۰.۰۶m | MR | مستطیلی u=1.5 |  |
| سرریز پایه تیر دایره‌ای | | | | | | | | | | | | | |
| | - | $h_1+0.05$ | 55.9 | متغیر | ۰.۰۰۰۹۱ | $d \geq 0.2 m$ | ۰.۱m | ۰.۱m | 0.9d | ۰.۰۳ m ۰.۱d | M | مستطیلی u=1.5 |  |

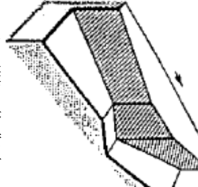
| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----|------------|------|------------------|-----------------------|---------------|--------------|---------------------|------------------------------|--|--------------------|--------------------|
|  <p>سرریز Surtro</p> | $a \geq 0.005 \text{ m}$ | -- | $h_1+0.05$ | کوچک | ممتد | $\dots 0.8h$ | 0.15 m | $P=0$ | $X \leq 0.005m$ | $\dots 3 \text{ m}$ Y_a | M | مستطیلی $u=1.5$ | |
| | | - | * | 0.2 | 32 | $q=1.366$ $B=0.3m$ | $\dots 0.13$ | 0.3m | 0 | 0.9 m | $\dots 9 \text{ m}$ $0.7\Delta L$ | M | مستطیلی $u=1.5$ |
|  <p>درگاه سرریز مستطیلی یا لشیب‌شکل</p> | * فقط برای سرریز ممانی ترکیبی ** تابع مساحت عمود خرابان | + | ++ | 0.3 | 50000° | $q=25.4''$ | $\dots 0.8$ | 0.3m 0.1L | 0.15m $H_1=0.33$ | $h_1=1.83$ m | $H_1=0.03$ m | M | مستطیلی $u=1.5$ |
| | | + | ++ | 0.75 | 1000° | $q=10$ | $\dots 0.31$ | 0.3m | 0.06m | 3 m | $\dots 3 \text{ m}$ $\dots 6 \text{ m}$ | M | مستطیلی $u=1.5$ |
|  <p>سرریز شیروانی</p> | * صاف برای شیب بالادستی ۱ به ۵ این مقدار با کاهش طول مقطع کنترل کاهش می‌یابد | + | ++ | 0.67 | 100000° 17500 | - | $\dots 0.137$ | 0.3m | 0.06m $H_1=0.33$ | ۲ m 3p | $\dots 3 \text{ m}$ $\dots 6 \text{ m}$ | M | مستطیلی $u=1.5$ |
| | | - | + | 0.7 | 120 | $q=2.3$ | $\dots 0.77$ | 0.3m | ۱.۸h | 1 m | $\dots 5 \text{ m}$ | MIR | مستطیلی $u=1.5$ |
|  <p>سرریز متحرک Butcher</p> | به شرط بکاربردن صحیح قسمت متحرک | - | + | 0.7 | 120 | $q=2.3$ | $\dots 0.77$ | 0.3m | ۱.۸h | 1 m | $\dots 5 \text{ m}$ | MIR | مستطیلی $u=1.5$ |
| | | + | ++ | 0.3 | 1000 | ممتد* | $\dots 0.38$ | 0.3m | 0.15m | 5p | $\dots 6 \text{ m}$ | M | مستطیلی $u=1.5$ |
|  <p>سرریز استاندارد WES</p> | * حداقل فاصله نباید از ۴- متر کمتر باشد (موجب فرسایش) سلاح بتن می‌شود) | + | ++ | 0.3 | 1000 | ممتد* | $\dots 0.38$ | 0.3m | 0.15m | 5p | $\dots 6 \text{ m}$ | M | مستطیلی $u=1.5$ |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|-----|--------------------|--------|------|-------|----|---------------|----|------------------|--|
| * حداقل فشار نباید از ۴- مبرکثر باشد (موجب فرسایش سطح بتن می شود) | + | ۰.۲۳ | 750 | مختبر ^o | ۰.۰۰۶۴ | ۰.۳m | ۰.۱۵m | 3p | ۰.۰۶m 0.1r | MR | مستطیلی u=1.5 |  |
|--|---|------|-----|--------------------|--------|------|-------|----|---------------|----|------------------|--|

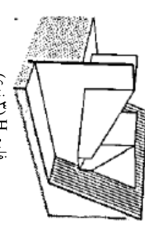
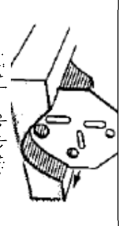
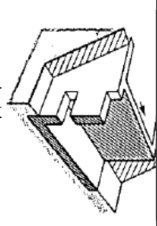
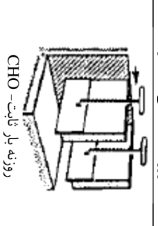
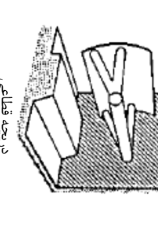
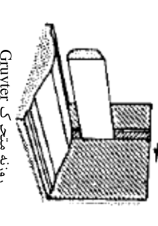
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|-----------|-------|--|--|---|---|-------------------------------|---------------------|------------------|---|
| * برای همه قلوها در حالت حداکثر تراز آب ($B \geq 0.3$ m) شمب چایی مختبر از ۴۱ تا ۵۱ (معمودی بافتی) | + | ۰.۹۵ تا ۰.۷ | 35 ۳۱۵ | مختبر | ۰.۰۰۶۶ ۰.۰۰۹۸ ۰.۰۰۳۶ ۰.۰۰۲۷ ۰.۰۰۲۶ | ۰.۳m $B \geq 0.1m$ $B \geq 0.3m$ $F \leq 0.1m$ $d \leq 0.2m$ | . | IL IB همه قلوها $H \leq 3m$ | ۰.۰۶m ۰.1L همه قلوها | MM MM MM M | مستطیلی u=1.5 |  |
|---|---|-------------|-----------|-------|--|--|---|---|-------------------------------|---------------------|------------------|---|

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|---------------------|--------|------|---|-----|-------|---|------------------|---|
| * اگر شعاع انحناء تعدیل وایتین دستی مناسب باشد | + | ۰.۵ | 190 | $q=4.82$ $h=2$ m | ۰.۰۰۵۰ | ۰.۲m | . | 2 m | ۰.۰۶m | M | مستطیلی u=1.5 |  |
|--|---|-----|-----|---------------------|--------|------|---|-----|-------|---|------------------|---|

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|--------|---|-------|-------|---|------------------|---|
| توصیه نمی گردد | + | - | - | - | - | ۰.۳۰۵m | . | ۱.۸ m | ۰.۰۶m | M | مستطیلی u=1.5 |  |
|----------------|---|---|---|---|---|--------|---|-------|-------|---|------------------|---|

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-------------------------|--------|-------|---------|--------|---------|---|------------------|---|
| | + | ۰.۵ | 55 | $q=0.0054$ $q=0.111$ | ۰.۰۰۰۹ | ۰.۲۵۴ | ۰.۰۱۵۳۴ | 0.21 m | ۰.۰۱5 m | M | مستطیلی |  |
| | + | ۰.۶ | 75 | $q=8.28$ | 0.0009 | ۳.۰۴۸ | . | 0.45 m | ۰.۰3 m | M | مستطیلی | |
| | + | ۰.۸ | 105 | | 0.0015 | | | 1.07 m | ۰.۰76 m | M | مستطیلی u=1.5 | |

پارشال قلووم (۲۳) نوع)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|---|-------------------|------------------|--|---|
| <p>فایده کوچک (H_s-)</p> <p>(F_{flume}) فایده بزرگ (H_s-)</p> <p>فایده بزرگ (F_{flume}) فایده بزرگ (H_s-)</p> | - | + | 100 750 1500 | $q=0,0003$ $q=0,009$ $q=2,369$ | 0,000012 0,000031 0,0018 | - | 0,11 m 0,14 m 1,06 m | 0,1 m 0,2 m 0,3 m | M M M | مستطیلی u=1,5 |  | |
| <p>$0,03 \leq \Delta h \leq 1$</p> | --- | --- | 5,8° | متغیر | 0,00014 | $A \leq 10A_1$ | 0,5 d | $\Delta h \geq 0,03$ $H_1 \geq d$ | M | مستطیلی u=1,5 |  | |
| <p>$0,03 \leq \Delta h \leq 1$</p> | * | --- | 5,8 | متغیر | 0,00014 | $b \geq 0,3$ m | 0 | $\Delta h \geq 0,03$ $Y_1 \geq 0,15$ m | MIR | مستطیلی u=1,5 |  | |
| <p>---</p> | --- | 16 | $Q=0,14$ | 0,00014 | $B=0,6$ m | 0 | $\Delta h=0,06$ | $\Delta h=0,06$ | MIR | مستطیلی u=1,5 |  | |
| <p>++</p> | - | متغیر | 35 | متغیر | 0,00014 | $b \geq 0,3$ m | • | $Y_1 \leq 1,2$ r | $Y_1 \geq 0,15$ m | MIR | مستطیلی u=1,5 |  |
| <p>---</p> | --- | 10 | $q=0,742$ | 0,00014 | $b \geq 0,2$ m | 0,2 m | 0,6 m | 0,3 m | MIR | مستطیلی u=1,5 |  | |

روزانه متحرک Gravier

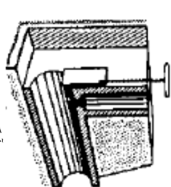
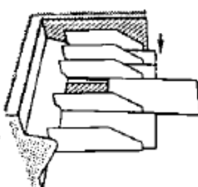
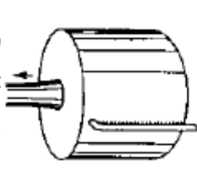
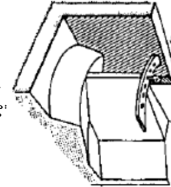
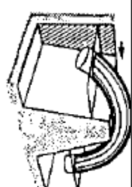
درجه قطایی

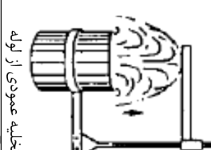
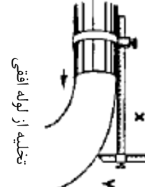
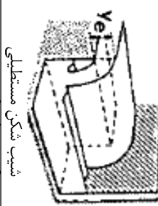
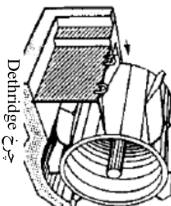
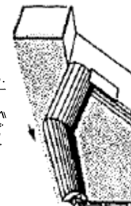
روزانه غیر ثابت- CHO

روزانه مستطیلی لبه تیز

روزانه دایره‌ای - لبه تیز

فایده H (نوع)

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|---------|---------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|--|---|
| - | $H \geq 0.15m$ | 7-45 | $Q=2.1$ | $\dots\dots\dots V^2$ | $d \geq 0.3m$ | $\dots\dots\dots Vd_p$ | $\Delta h \leq 0.45$ m | Δh ≥ 0.05 | MIR | مستطیلی $u=1.5$ |  | |
| * | --- | ۰.۶ | 1 | $q=0.1$ | $\dots\dots\dots \delta$ | $\dots\dots\dots 0.05$ m | $\dots\dots\dots 0.16m$ | $h_u \leq p$ | $H_u=0.17$ | MIR | مستطیلی $u=1.5$ |  |
| * | --- | H_1+d | 7 | متغیر | $\dots\dots\dots 2\gamma$ | $D \geq 0.02$ m | - | 5 m | ۰.۱ | M | مستطیلی $u=1.5$ |  |
| + | --- | ۰.۶ | 30 | $q=5.69$ $h_1=2$ m | $\dots\dots\dots \gamma \delta$ | $\dots\dots\dots 0.3m$ | $\dots\dots\dots 0.3m$ | 1 p | $\dots\dots\dots 0.2m$ | MIR | مستطیلی $u=1.5$ |  |
| --- | --- | مستطیق | 6 | متغیر | $\dots\dots\dots \delta$ | $dp \geq 0.015$ | $\dots\dots\dots 1d_p$ | $\dots\dots\dots 1.2$ m | $\dots\dots\dots 0.2m$ | M | مستطیلی $u=1.5$ |  |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|-----|------------------|--|
| | | | | | | | | | | |  |
| | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | 237 | Q=2.54 | ۰.۰۰۰۰۴۸ | $dp \geq 0.025$ | - | r_m | ۰.۰۰۳m | M | مستطیلی u=1.5 | |
| | | | | | | | | | | |  |
| | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | 42 | متغیر Q=0.1 | ۰.۰۰۰۰۰۶۲ ۰.۰۰۰۰۲۰ | $dp \geq 0.05$ $0.25 < dp < 0.609$ | - | $y \leq 0.15$ d_p | $Y_c = 0.02$ m | M | مستطیلی u=1.5 | تخلیه از لوله افقی |
| | | | | | | | | | | | |
| + | + | ۱۷۵ | q=4.82 | ۰.۰۰۰۰۸۱ B=0.3m | r_m | P=0 | - | $Y_c \geq 0.0^*$ m | M | مستطیلی u=1.5 |  |
| | | | | | | | | | | | |
| + | + | 46 | Q=0.07 | ۰.۰۰۱۵ | $\cdot 52$ m | - | $Y_1=0.9$ m | $Y_2=0.3$ m | MIR | مستطیلی u=1.5 |  |
| + | + | 3.5 | Q=0.14 | ۰.۰۰۴۰ | $\cdot 78$ m | - | $Y_1=0.9$ m | $Y_2=0.38$ m | MIR | مستطیلی u=1.5 |  |
| | | | | | | | | | | | |
| + | * | $\Delta h \geq 0.5$ m | 10 | Q=13.0 | 0.00088 | $0.5 \leq d_p$ $\leq 1.8^*$ | $V \leq 5$ m/s | $V \geq 0.45$ m/s | MIR | مستطیلی u=1.5 | سجشگر مالتی |