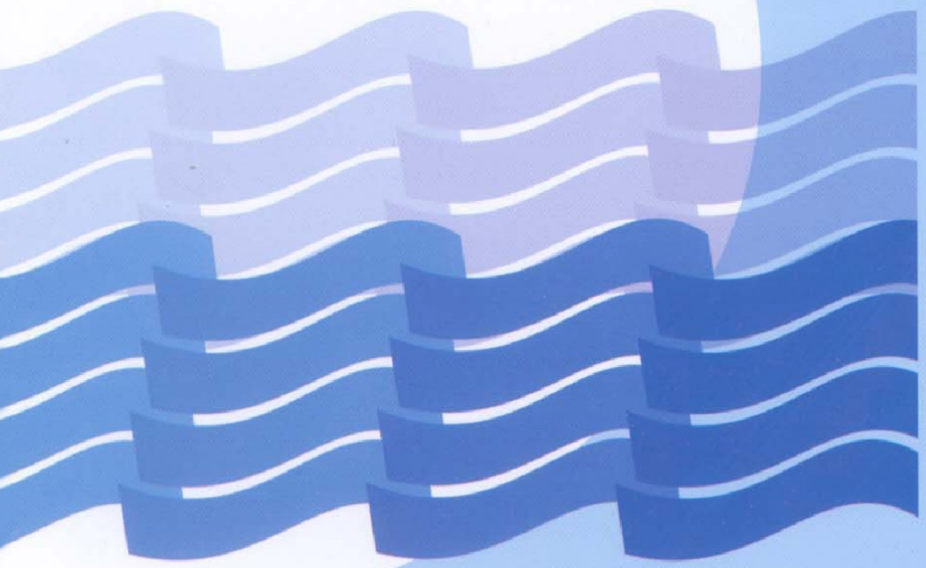
وزارت نیرو
معاونت امور آب و آبفا
دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا

پیش‌نویس

راهنمای ارزیابی عملکرد
سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار



نشریه شماره ۴۴۹ - الف

اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

پیش‌نویس

راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار

نشریه شماره ۴۴۹ - الف

اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

بسمه تعالی

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی ازبه‌کارگیری مناسب و مستمر آن‌ها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آن‌ها را ضروری و اجتناب‌ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب و آبفا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط ومعیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو با همکاری سازمان برنامه و بودجه کشور به منظور تامین اهداف زیر اقدام به تهیه استانداردهای صنعت آب و آبفا نموده است:

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرح‌ها
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور

تدوین استانداردهای صنعت آب و آبفا با در نظر داشتن موارد زیر صورت می‌گیرد:

- استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و ماخذ معتبر و استانداردهای بین المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان ملی استاندارد ایران و سایر موسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

استانداردها ابتدا به صورت پیش‌نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات دریافتی پس از بررسی تیم تهیه‌کننده و گروه نظارت در نسخه نهایی منظور خواهد شد.

امید است کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آن‌ها با این رشته از صنعت آب و آبفا مرتبط می‌باشد، با توجهی که مبذول می‌فرمایند این پیش‌نویس را مورد بررسی دقیق قرارداده و با ارائه نظرات و راهنمایی‌های ارزنده خود به دفتر طرح، این دفتر را در تنظیم و تدوین متن نهایی یاری و راهنمایی فرمایند.

تهیه و کنترل «راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار»

[نشریه شماره ۴۴۹ - الف]

مجری: پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس

مولف اصلی: محمدجواد منعم دانشگاه تربیت مدرس دکترای مهندسی منابع آب

اعضای گروه تهیه کننده:

حسین دانایی فخر	شرکت مهندسی مشاور نهرآب پایش	کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی
عنایت‌اله فراهانی	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	کارشناس ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری
محمدجواد منعم	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای مهندسی منابع آب
سید مهدی هاشمی شاهدانی	دانشگاه تهران	دکترای سازه‌های آبی

اعضای گروه نظارت:

جلال ابوالحسنی	وزارت جهات کشاورزی	کارشناس ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری
عبدالرضا فلاح رستگار	کارشناس آزاد	کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی
انسیه محرابی	وزارت نیرو	کارشناس ارشد مهندسی سازه‌های آبی
علیرضا مریدنژاد	شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه	کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی
ناصر ولی‌زاده	شرکت مهندسین مشاور یکم	کارشناس مهندسی آبیاری

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی فاضلاب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

جلال ابوالحسنی	وزارت جهات کشاورزی	کارشناس ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری
احمد جعفری	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	کارشناس مهندسی آبیاری و آبادانی
سیدوحیدالدین رضوانی	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی
سیدمجتبی رضوی نبوی	شرکت مهندسین مشاور آبسو	دکترای مهندسی سازه‌های آبی
مهرداد زریاب	شرکت پانیر	کارشناس مهندسی عمران
کاظم سیاهی	شرکت مهندسین مشاور پندام	کارشناس ارشد مهندسی عمران و مهندسی آبیاری و زهکشی
انسیه محرابی	وزارت نیرو	کارشناس ارشد مهندسی سازه‌های آبی
احمد محسنی	شرکت مهندسین مشاور آبیار نوآور صحرا	دکترای مهندسی کشاورزی گرایش ترویج
محمدجواد منعم	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای مهندسی منابع آب
مریم یوسفی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	دکترای مهندسی منابع آب

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول - مبانی	**۳**
۱-۱- روش ارزیابی عملکرد	۵
۱-۱-۱- ارزیابی عملکرد کیفی	۵
۱-۱-۲- ارزیابی عملکرد کمی	۵
۱-۲- تعاریف	۶
۱-۲-۱- شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار	۶
۱-۲-۲- سامانه انتقال تحت‌فشار و کم‌فشار	۶
۱-۲-۳- سامانه توزیع تحت‌فشار و کم‌فشار	۶
۱-۲-۴- اتصالات و متعلقات	۶
۱-۲-۵- سامانه کنترل	۶
۱-۲-۶- سامانه آب‌گیری	۶
۱-۲-۷- سامانه آبیاری بارانی	۷
۱-۲-۸- سامانه آبیاری موضعی	۷
۱-۲-۹- سامانه آبیاری کم‌فشار	۷
۱-۳- چارچوب ارزیابی عملکرد	۷
فصل دوم - فرآیند انجام مطالعات ارزیابی	**۱۱**
۲-۱- اقدامات اولیه	۱۳
۲-۱-۱- برنامه‌ریزی ارزیابی عملکرد	۱۳
۲-۱-۲- جمع‌آوری اطلاعات پایه	۱۳
۲-۱-۳- زمان‌بندی انجام ارزیابی عملکرد	۱۴
۲-۲- تعیین اجزای کار	۱۴
۲-۲-۱- دیدگاه فنی	۱۴
۲-۲-۲- دیدگاه مدیریتی	۱۵
۲-۲-۳- دیدگاه اقتصادی	۱۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۲-۴- دیدگاه اجتماعی	۱۶
۲-۲-۵- دیدگاه زیست‌محیطی	۱۶
۲-۳- انجام بازدیدهای صحرایی	۱۷
۲-۴- تهیه بانک اطلاعات	۱۸
فصل سوم - شاخص‌های ارزیابی عملکرد	**۱۹**
۳-۱- کلیات	۲۱
۳-۲- زمینه‌های ارزیابی عملکرد	۲۱
۳-۲-۱- شاخص‌های ارزیابی عمکرد فنی	۲۱
۳-۲-۲- شاخص‌های ارزیابی عمکرد مدیریتی	۴۶
۳-۲-۳- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اقتصادی	۶۴
۳-۲-۴- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اجتماعی	۷۷
۳-۲-۵- شاخص‌های ارزیابی عمکرد زیست‌محیطی	۸۲
۳-۳- ارزش‌گذاری شاخص‌ها	۹۳
۳-۳-۱- ارزش‌گذاری شاخص‌های کیفی	۹۳
۳-۳-۲- ارزش‌گذاری شاخص‌های کمی	۹۴
فصل چهارم – ارزیابی اجمالی	**۹۵**
۴-۱- کلیات	۹۷
۴-۲- اقدامات اولیه ارزیابی عملکرد اجمالی	۹۸
۴-۳- بررسی اجمالی اطلاعات جمع‌آوری شده در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی	۹۹
۴-۴- شاخص‌های ارزیابی عملکرد درزمینه‌های مختلف فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد استفاده در ارزیابی اجمالی عملکرد شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار	۱۰۰
۴-۴-۱- شاخص‌های ارزیابی عمکرد فنی	۱۰۰
۴-۴-۲- شاخص‌های ارزیابی عمکرد مدیریتی	۱۰۱
۴-۴-۳- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اقتصادی	۱۰۱
۴-۴-۴- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اجتماعی	۱۰۲
۴-۴-۵- شاخص‌های ارزیابی عمکرد زیست‌محیطی	۱۰۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۵- جمع‌بندی وتلفیق نتایج شاخص‌های کمی و کیفی	۱۰۲
۴-۶- جمع‌بندی و تلفیق نتایج ارزیابی اجمالی	۱۰۳
فصل پنجم – ارزیابی تفصیلی	**۱۰۵**
۵-۱- کلیات	۱۰۷
۵-۲- اقدامات اولیه	۱۰۸
۵-۳- نحوه انتخاب مزارع نمونه	۱۱۰
۵-۴- بررسی تفصیلی عملکرد شبکه در زمینه‌های مختلف فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سطح اجزات شکیل دهنده شبکه	۱۱۰
۵-۴-۱- شاخص‌های ارزیابی تفصیلی عملکرد شبکه در سطح اجزا تشکیل دهنده شبکه آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار	۱۱۰
۵-۵- ارزیابی تفصیلی عملکرد شبکه در زمینه‌های مختلف فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سطح اجزا تشکیل دهنده شبکه	۱۱۲
۵-۶- جمع‌بندی و تلفیق نتایج ارزیابی تفصیلی	۱۱۳
۵-۷- تعهدات کارفرما	۱۱۳
پیوست ۱- معرفی روش تحلیل سلسله مراتبی	**۱۱۵**
پیوست ۲ - فهرست‌های کنترل مورد استفاده در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و ...	**۱۲۱**
منابع و مراجع	**۱۳۳**

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نحوه انجام ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار	۹
شکل ۴-۱- روند انجام ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار	۹۸
شکل ۵-۱- روند انجام ارزیابی تفصیلی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار	۱۰۸
شکل پ.۱-۱- یک نمونه کلی از ساختمان سلسله مراتبی (Korpele – 1994)	۱۱۸

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- بررسی مشخصات فنی شیر آلات	۲۵
جدول ۳-۲- بررسی مشخصات فنی پمپ‌ها	۲۸
جدول ۳-۳- بررسی مشخصات فنی الکتروموتور	۲۸
جدول ۳-۴- مشخصات فنی سازه‌ای ایستگاه پمپاژ	۳۳
جدول ۳-۵- مشخصات فنی مکانیکی ایستگاه پمپاژ	۳۵
جدول ۳-۶- مشخصات فنی اتوماسیون ایستگاه پمپاژ	۳۶
جدول ۳-۷- بررسی مشخصات فنی کانال‌ها	۳۹
جدول ۳-۸- مشخصات فنی زهکش‌ها	۴۱
جدول ۳-۹- مشخصات فنی لوله‌ها	۴۳
جدول ۳-۱۰- مشخصات فنی سازه‌ها	۴۵
جدول ۳-۱۱- راهنمای ارزیابی نگهداری شیرآلات و تجهیزات	۵۰
جدول ۳-۱۲- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری پمپ‌ها	۵۲
جدول ۳-۱۳- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری الکتروموتورها	۵۲
جدول ۳-۱۴- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی	۵۳
جدول ۳-۱۵- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری کانال‌های آبیاری	۵۴
جدول ۳-۶۱- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری از ابنیه فنی	۵۵
جدول ۳-۱۷- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری جاده‌های سرویس	۵۷
جدول ۳-۱۸- راهنمای ارزیابی ماشین‌آلات شبکه آبیاری	۵۸
جدول ۳-۱۹- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری لوله‌ها	۵۹
جدول ۳-۲۰- ضرایب اهمیت وزنی کارکنان شاغل در شبکه	۶۱
جدول ۳-۲۱- نحوه کمی نمودن شاخص‌های کیفی (راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری ثقلی)	۹۴
جدول ۴-۱- امتیاز کمی نهایی ارزیابی عملکرد اجمالی	۱۰۴
جدول پ.۱-۱- مقدار عددی ترجیحات	۱۱۸

مقدمه

آن‌چه در این پیش‌نویس آمده است، راهنمایی برای انجام مطالعات ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشاراست. این راهنما بر اساس فهرست خدمات ضابطه شماره ۳۸۹- الف تهیه شده است. بر اساس نیازهای طرح مورد ارزیابی و نیز نظر کارشناسان خبره، می‌توان تمامی یا بخش‌هایی از آن را در ارزیابی عملکرد به کار گرفت. از آن‌جایی که سامانه‌های انتقال و توزیع به صورت تحت‌فشار و کم‌فشار به‌عنوان سامانه‌های نوین در بخش انتقال و توزیع آب آبیاری تلقی می‌شوند، در این پیش‌نویس سعی شده است که ارزیابی عملکرد این سامانه‌ها به صورت جامع و از دیدگاه‌های مختلف انجام گردد. ارزیابی عملکرد به دو مرحله ارزیابی اجمالی و تفصیلی تقسیم می‌شود. برای هر مرحله، ارزیابی به دو شیوه کیفی و کمی و در پنج زمینه اصلی فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ارائه می‌گردد.

- هدف

هدف از این راهنما معرفی شاخص‌ها، روش جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها به منظور ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار می‌باشد. به عبارت دیگر این راهنما با هدف شناخت عمومی مسائل و مشکلات این سامانه‌ها، بررسی میزان انطباق عملکرد سامانه آبیاری با اهداف طرح، تعیین زمینه‌های ضعف عملکرد با استفاده از شاخص‌های کیفی و کمی بر پایه دیدگاه‌های مختلف (فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) و نهایتا ارائه پیشنهادهای اصلاحی جهت بهبود عملکرد شبکه‌های تحت‌فشار و کم فشار تهیه شده است.

- دامنه کاربرد

از آن‌جایی که این راهنما در دو مرحله ارزیابی اجمالی و تفصیلی تهیه شده است، جزییات مورد نظر بسته به مرحله ارزیابی انجام شده متفاوت است. ارزیابی اجمالی در واحدهای عمرانی شبکه انجام می‌شود. جزییات اجزا تشکیل دهنده شبکه شامل بند انحرافی، سامانه انتقال، ایستگاه‌های پمپاژ شبکه اصلی، واحدهای عمرانی، بلوک آبیاری، کانال یا لوله‌های اصلی درجه یک و دو و مزارع نمونه نیز در فرآیند ارزیابی تفصیلی به صورت کامل‌تر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است که در این پیش‌نویس شاخص‌های کیفی و کمی ارزیابی عملکرد برای هر دو مرحله اجمالی و تفصیلی برای کلی ترین حالت ممکن تدوین شده است و دربرگیرنده تمامی مواردی است که ممکن است در شبکه های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار ملاحظه گردد. بنابراین باتوجه به شرایط خاص هر پروژه و زمینه‌های مربوط باید نسبت به انتخاب موارد مورد نیاز از این فهرست عمومی برای مطالعات هر پروژه اقدام نمود.

با توجه به این‌که جمع‌آوری اطلاعات و انجام اندازه‌گیری‌ها مستلزم صرف زمان و هزینه است، انتخاب هر یک ازعوامل مورد نیاز ارزیابی، باید متناسب با سطح ارزیابی اجمالی یا تفصیلی به صورت آگاهانه با پیشنهاد مشاور و توافق کارفرما صورت گیرد. انتخاب عوامل با نظر به ویژگی‌های پروژه و اطلاعات قابل دست‌یابی در چارچوب هزینه و زمان مورد توافق و هماهنگ با هزینه و زمان پروژه صورت می‌گیرد.

فصل ۱

مبانی

۱-۱- روش ارزیابی عملکرد

ارزیابی عملکرد سامانه‌های انتقال و توزیع تحت‌فشار و کم‌فشار که در این پیش‌نویس تشریح شده است به دو روش کمی وکیفی انجام می‌شود.

۱-۱-۱- ارزیابی عملکرد کیفی

ارزیابی کیفی می‌تواند نقشی کلیدی در تعیین مشکلات سامانه‌های آبیاری و به‌دنبال آن استفاده بهینه از منابع اصلی (منابع طبیعی، نیروی انسانی و منابع مالی و زمان) ایفا نماید.

این سطح ارزیابی عبارت است از تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از گزارش‌ها، نقشه‌ها، مدارک و مستندات موجود و نیز یافته‌های به دست آمده از بازدیدهای میدانی توسط متخصصان خبره و با تجربه. در این مرحله با بهره‌گیری از تجربیات موجود در حافظه دستگاه بهره‌بردار، مسوولان مرتبط با پروژه و زارعان اقدام به ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار می‌شود. حافظه سازمان بهره‌بردار، شامل اطلاعات کارشناسان و مدیران شرکت‌های آب منطقه‌ای و شرکت‌های بهره‌بردار و همچنین داده‌ها و اطلاعات کتبی موجود در کتابخانه‌های سازمان‌های مرتبط خواهد بود. در این مرحله با شناسایی نیروهای با سابقه و آگاه شامل مدیران، کارشناسان، تکنسین‌ها، بهره‌برداران با تجربه شبکه، و نمایندگان زارعان، و انجام مصاحبه با ایشان اطلاعات مورد نیاز به دست خواهد آمد. در این راهنما سعی شده محورهای کلی که در ارزیابی کیفی باید در نظر گرفته شود، معرفی گردد. نهایتا ارزیابی کیفی عملکرد شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، به صورت کلی برای کل سامانه و نیز در هر زمینه ارزیابی عملکرد، بر اساس قضاوت مهندسی یک یا گروهی از کارشناسان خبره انجام می‌پذیرد.

۱-۱-۲- ارزیابی عملکرد کمی

ارزیابی کمی عملکرد، بر اساس شاخص‌های کمی انجام می‌شود که نیازمند صرف زمان و به کارگیری منابع مورد نیاز برای اندازه‌گیری‌های میدانی یا دریافت اطلاعات برای تعیین مقادیر شاخص‌ها می‌باشد. روش‌های کیفی اگر چه بر اساس تئوری‌های ارزیابی انجام می‌شوند و نتایج مهمی را ارائه می‌کنند، اما شاخص‌های کمی را در سطوح مختلف شبکه از دیدگاه‌های مختلف تعیین نمی‌کنند. در این پیش‌نویس برای ارزیابی عملکرد کمی در زمینه‌های مختلف، شاخص‌های کمی برای ارزیابی اجمالی و تفصیلی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار مشخص شده است.

۱-۲- تعاریف

۱-۲-۱- شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار

شبکه های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار عبارت است از مجموعه‌ای از مجاری بسته (معمولا به صورت لوله) که آب با فشاری بیش از فشار اتمسفردر آن جریان دارد، به اضافه مجاری روباز، مخازن آب، ایستگاه‌های پمپاژ، شیرآلات، تجهیزات و تاسیسات مربوط که نقش ذخیره و انتقال آبرا از محل تامین آب تا آبگیر مزارع (شبکه اصلی، سامانه انتقال) و نقش توزیع آبرا از آبگیر مزارع تا پای گیاه (شبکه فرعی، سامانه توزیع) به عهده دارد. بسته به شرایط هر پروژه ممکن است برخی از اجزا برشمرده در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار وجود نداشته باشد.

۱-۲-۲- سامانه انتقال تحت‌فشار و کم‌فشار

سامانه انتقال تحت‌فشار و کم‌فشار مجموعه خطوط لوله تحت‌فشار و کم‌فشار، مجاری روباز، اتصالات و متعلقات خطوط لوله، سامانه‌های کنترل، مخازن آب و ایستگاه‌های پمپاژ می‌باشد که آبرا از محل مخزن آب، ایستگاه پمپاژ، و یا کانال روباز دریافت و تا محل انشعاب لوله‌های شبکه توزیع هدایت می‌نماید وتحویل آب به مزارع را ممکن می‌سازد.

۱-۲-۳- سامانه توزیع تحت‌فشار و کم‌فشار

سامانه توزیع تحت‌فشار و کم‌فشار مجموعه خطوط لوله انشعابی از سامانه انتقال تحت‌فشار و کم‌فشار می‌باشند که توسط تجهیزات آب‌گیری و کنترل در مزارع، تحویل آب به گیاه را ممکن می‌سازد.

۱-۲-۴- اتصالات و متعلقات

مجموعه قطعات وابسته لوله‌ها مانند سه‌راهی، زانویی، تبدیل و... به نام اتصالات و متعلقات لوله‌ها نامیده می‌شوند.

۱-۲-۵- سامانه کنترل

مجموعه سازه‌ها یا تجهیزاتی که بده ورودی جریان و فشار آب در شبکه خطوط انتقال و هم‌چنین بده جریان و فشار آبرا در مسیر شبکه لوله‌های توزیع، تنظیم و کنترل می‌نمایند سامانه کنترل نامیده می‌شوند.

۱-۲-۶- سامانه آب‌گیری

سامانه آب‌گیری مجموعه‌ای از سازه‌هایی هستند که برای تحویل آب به شبکه فرعی داخل مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۲-۷- سامانه آبیاری بارانی

سامانه آبیاری بارانی روشی است که در آن، آب تحت‌فشار دینامیکی درون لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و بال‌ها جریان پیدا کرده و توسط آبپاش‌ها در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. به علت شکل خاص روزنه خروجی آبپاش و هم‌چنین فشار هیدرولیکی درون لوله‌ها، آب در هنگام خروج از آب‌پاش‌ها به صورت قطره‌های ریز شبیه باران درآمده و در هوا پخش می‌شود و روی گیاه و سطح خاک توزیع می‌شود.

۱-۲-۸- سامانه آبیاری موضعی

سامانه آبیاری موضعی روشی است که در آن آب تحت‌فشار استاتیک یا دینامیکی درون لوله‌های اصلی، نیمه‌اصلی، رابط و آبده جریان پیدا کرده و توسط گسیلنده‌ها یا میکروجت‌ها در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. به علت شکل خاص مجاری داخل گسیلنده‌ها یا میکروجت‌ها و روش شکستن فشار هیدرولیکی آب در آن‌ها، آب در هنگام خروج به صورت قطره‌های ریز پیوسته و یا جریان باریک درآمده و در سطحی از خاک پخش می‌شود. در این روش چون خاک در ناحیه ریشه مرطوب می‌شود، برخلاف آبیاری بارانی، تمام سطح آبیاری نشده و آبیاری موضعی نامیده می‌شود.

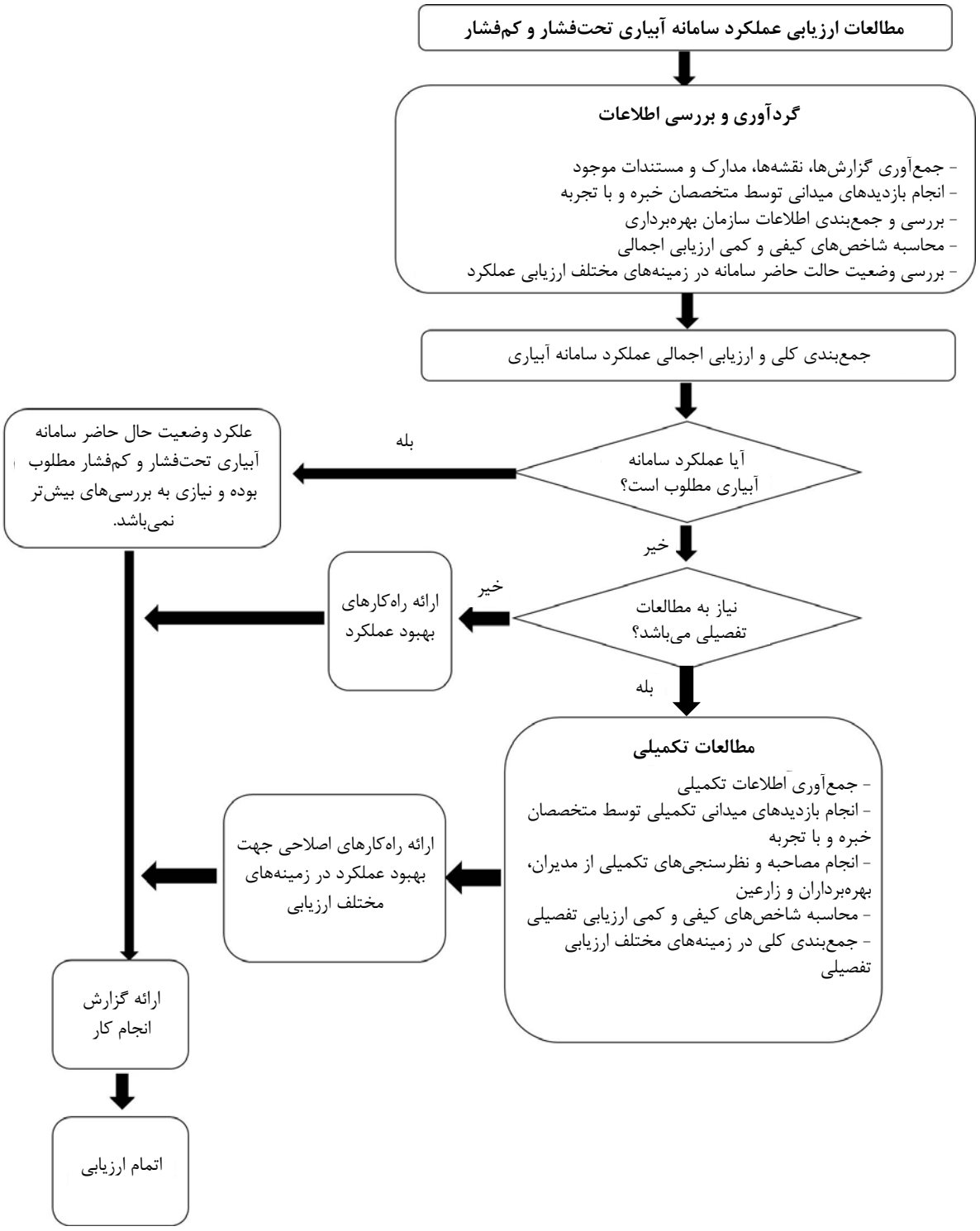
۱-۲-۹- سامانه آبیاری کم‌فشار

سامانه آبیاری کم‌فشار عبارت است از مجموعه‌ای از مجاری بسته لوله‌ای همراه با متعلقات و اتصالات که از کانال، مخزن، یا ایستگاه پمپاژ تغذیه شده و نقش انتقال و توزیع آب را تحت فشار کم (حداکثر ۱۰ متر) برای آبرسانی به آب‌گیرهای مزارع (کانال‌های درجه ۳) برای توزیع آب به نهرچه‌ها یا مجاری درجه ۴ و بعضا به عنوان جایگزین کانال‌های درجه ۲ به‌کارگرفته می‌شوند.

۱-۳- چارچوب ارزیابی عملکرد

به منظور انجام ارزیابی عملکرد و وضعیت سامانه‌های آبیاری تحت‌فشاروکم فشار، ضروری است ابتدا ارزیابی اجمالی از نحوه عملکرد و وضعیت سامانه صورت گیرد. شکل (۱-۱) نحوه انجام ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار را به صورت کلی نشان می‌دهد. شناخت عمومی از وضعیت حال حاضر سامانه، مسائل و مشکلات پیش‌روی سامانه، و به‌دنبال آن تعیین زمینه‌های اصلی ضعف عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار اهدافی هستند که در این مرحله دنبال می‌شوند. چنانچه در این مرحله مشکل جدی در مورد عملکرد شبکه دیده نشود و یا مشکلات محدودی ملاحظه گردد، با ارائه پیشنهادهای اصلاحی می‌توان بررسی‌ها را در این مرحله به‌پایان رساند و گزارش ارزیابی تنظیم و مستند می‌شود. اما چنانچه بر اساس ارزیابی اجمالی، مشکلات جدی و مهمی جلب توجه کند که نیازمند بررسی‌های بیش‌تر باشد، انجام مطالعات ارزیابی تفصیلی ضروری می‌شود. در این مرحله متناسب با نتایج ارزیابی اجمالی مجموعه گسترده‌تری از شاخص‌های مورد نیاز در زمینه‌های اصلی ضعف عملکرد شبکه تعیین و مورد بررسی و تجزیه تحلیل

کامل قرار می‌گیرند. در این مرحله ممکن است با توجه به نوع، ابعاد و دامنه مسایل و مشکلات شناسایی شده نیاز به اندازه‌گیری عوامل مختلف در سطح شبکه وجود داشته باشد. با توجه به نتایج بررسی‌ها، پیشنهادهای مختلف در زمینه‌های مورد نظر برای بهبود عملکرد ارائه می‌شود. بدیهی است که ارزیابی عملکرد یک امر مستمر است که باید به صورت ادواری در فواصل زمانی مناسب انجام گردد تا از اجرای پیشنهادها و اثربخشی آن‌ها و یا بروز مسایل و مشکلات جدید اطلاع حاصل نمود.



شکل ۱-۱- نحوه انجام ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار

فصل ۲

فرآیند انجام مطالعات ارزیابی

۲-۱- اقدامات اولیه

۲-۱-۱- برنامه‌ریزی ارزیابی عملکرد

موفقیت مطالعات ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری در گرو یک برنامه‌ریزی منظم و در قالب یک چارچوب جامع در جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات می‌باشد. با بهره‌گیری از یک برنامه‌ریزی نظام‌مند می‌توان به طور موثری اقدام به تقسیم‌بندی فعالیت‌ها و تعیین دامنه هر یک از بخش‌های مطالعات با توجه به اهداف طرح نمود. همچنین در این مرحله باید اقدام به شناسایی نیازها، امکانات و محدودیت‌های پیش‌روی ارزیابی نمود. با تعیین تخصص‌های مورد نیاز هر فعالیت، ظرفیت‌سازی لازم در گروه ارزیابی عملکرد به طور موثری صورت می‌گیرد. نحوه انجام مطالعات، ترکیب‌بندی گروه‌های کارشناسی، تهیه برنامه زمان‌بندی انجام بازدیدهای میدانی و همچنین تهیه برنامه زمانی شکست پروژه (WBS) جهت ارائه به کارفرما از مواردی است که در این مرحله صورت می‌گیرد.

۲-۱-۲- جمع‌آوری اطلاعات پایه

برای شناخت طرح باید اطلاعات موجود از قبیل گزارش‌های مراحل توجیهی، طراحی پایه و تفصیلی طرح مورد نظر، نقشه‌ها، مدارک و مستندات موجود جمع‌آوری گردد. آن قسمت از حافظه دستگاه بهره‌بردار که شامل داده‌ها و اطلاعات کتبی و شفاهی موجود در کتابخانه‌های سازمان‌های مرتبط است در این مرحله جمع‌آوری می‌شود. در این رابطه باید موارد زیر در صورت وجود جمع‌آوری شود:

- جمع آوری گزارش های مراحل مختلف مطالعات پروژه و مطالعات و تحقیقات انجام شده در محدوده طرح شامل: کشاورزی و نحوه بهره‌برداری از منابع آب و خاک، هواشناسی، هیدرولوژی و منابع آب، خاک شناسی و طبقه‌بندی اراضی، آبیاری وزهکشی، اجتماعی، اقتصادی، حقوقی، زیست‌محیطی، بهره‌برداری و نگهداری وارزیابی.
- جمع‌آوری استانداردها، راهنما ودستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با ارزیابی طرح.
- جمع‌آوری نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با مقیاس‌های موجود شامل:

- پلان سیمای طرح و شبکه آبیاری و زهکشی و سایر تاسیسات وابسته. در این نقشه‌ها باید خطوط تراز متناسب با مقیاس نقشه موجود باشد. هم چنین جاده‌های دسترسی، رودخانه‌ها و مستحدثات، مرز مالکیت اراضی، اراضی حفاظت شده، و موقعیت آثار باستانی و میراث فرهنگی مشخص شده باشد.
- نقشه کاربری آب شامل نقشه شبکه انهار سنتی، محدوده اراضی حقابه‌بر، اراضی زه‌دار، زهکش‌های محدوده طرح.
- نقشه کاربری اراضی.
- نقشه‌های اجرایی وچون ساخت
- نقشه پلان و پروفیل کانال‌ها و خطوط اصلی و فرعی با مقیاس مناسب

- نقشه‌های طرح تسطیح
- نقشه‌های خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی
- عکس‌های ماهواره‌ای با مقیاس مناسب درصورت لزوم با درخواست مشاور و تایید کارفرما
- جمع‌آوری اطلاعات مرتبط شامل: الگوی کشت، حقابه‌های کشاورزی، میزان و توزیع ماهانه برداشت آب برای مصارف مختلف از منابع گوناگون، جمعیت، اشتغال، هزینه‌ها ودرآمدهای ناشی ازاجرای شبکه و...

۲-۱-۳- زمان‌بندی انجام ارزیابی عملکرد

تنظیم برنامه زمان‌بندی ارزیابی عملکرد برای هر مرحله ارزیابی، اجمالی و تفصیلی، جداگانه انجام می‌گیرد.

به طور معمول، ارزیابی اجمالی عملکرد یک پروژه آبیاری و زهکشی بهتر است از سه ماه تجاوز نکند. برای ارزیابی تفصیلی برخی عقیده دارند که این مدت باید دست کم یک سال زراعی را پوشش دهد. در هر حال، تصمیم‌گیری در مورد مدت زمان انجام ارزیابی اجمالی و تفصیلی متناسب با وسعت و وضعیت شبکه به عهده گروه ارزیابی خواهد بود.

۲-۲- تعیین اجزای کار

روش ارائه شده در این راهنما برای ارزیابی عملکرد سامانه‌های تحت‌فشار و کم فشار بر اساس پنج دیدگاه مختلف فنی، مدیریتی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی برای هر دو مرحله ارزیابی اجمالی و تفصیلی می‌باشد. واضح است که روند ارزیابی در این راهنما به صورت کامل دیده شده و بسته به مورد و بر حسب ضرورت، گروه ارزیابی می‌تواند از دیدگاه‌های فوق بکاهد. در ادامه جزییات بیش‌تری در مورد هر زمینه ارائه خواهد شد.

۲-۲-۱- دیدگاه فنی

ارزیابی عملکرد فنی سامانه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار و تحلیل نتایج ارزیابی، در هر دو مرحله ارزیابی اجمالی و توصیفی، نیازمند بررسی اطلاعات زیر می‌باشند. بنابراین با توجه به دامنه ارزیابی در هر مرحله ارزیابی، جمع‌آوری اطلاعات زیر در ابعاد مختلف انجام می‌گیرد. این اطلاعات عبارتند از:

- اهداف فنی مورد نظر از شبکه
- موقعیت منطقه از نظر جغرافیایی، وسعت، راه‌های دسترسی
- وضعیت کشاورزی، الگوی کشت، تراکم کشت، نوع و عملکرد محصولات، مالکیت‌ها و تغییرات آن‌ها
- وضعیت آب و هوایی، نوع اقلیم، دما، بارش، تبخیر، میزان و تغییرات کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و نحوه بهره‌برداری تلفیقی از آن‌ها
- وضعیت آبیاری (آبیاری کامل یا کم‌آبیاری)، نیاز آبی محصولات، چگونگی تامین آن‌ها، تناسب منابع آب با نیاز آبی، آرایش شبکه و چگونگی ترکیب سامانه ثقلی و تحت‌فشار و کم‌فشار

- وضعیت اجزای شبکه از نظر نوع، کیفیت، ظرفیت، ابعاد، فشار کارکرد، سطح اتوماسیون، و دیگر مشخصات فنی.

۲-۲-۲- دیدگاه مدیریتی

در ارزیابی اجمالی و تفصیلی عملکرد مدیریتی سامانه آبیاری موارد زیر مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

- اهداف مدیریتی مورد نظر از شبکه
- ساختار و سازمان مدیریتی، بهره‌برداری، و نگه‌داری شبکه
- تعداد، تخصص و مهارت کارکنان مدیریتی، بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه
- دستورالعمل‌ها و روش‌های مدیریتی، بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه
- نحوه ارتباط سازمان بهره‌برداری با مشترکین و رسیدگی و پاسخگویی به درخواست‌ها و شکایات
- مشخصات برنامه‌های تحویل وتوزیع آب شامل بده، مدت، وتناوب تحویل در نقاط مختلف تحویل و چگونگی اجرای آن (تنظیم جریان ورودی و تقسیم آن) در سطوح مختلف شبکه
- تلفات آب در فرایند عملیات انتقال و تحویل آب و نیز کفایت تحویل آب از نظر فشار و مقدار آن
- وضعیت تنظیم جریان ورودی و خروجی و تقسیم آن
- برنامه و وضعیت عملیات بازرسی و نگه‌داری شبکه و نیز وضعیت ظاهری و کارکردی اجزا شبکه
- تعداد و وضعیت ماشین‌آلات سبک و سنگین و دستگاه‌ها و تجهیزات مورد نیاز عملیات بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه
- نوع و میزان انرژی مصرفی در سطح شبکه

۲-۲-۳- دیدگاه اقتصادی

به طور کلی در هر دو مرحله ارزیابی عملکرد اقتصادی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار نیاز است اطلاعات زیر استخراج شوند:

- اهداف کلی اقتصادی مورد نظر از شبکه
- هزینه تامین آب، با احداث شبکه و تاسیسات مربوط
- هزینه‌های کارکنان مدیریتی، بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه و سازمان بهره‌برداری و نگهداری مربوط (آب، برق، گاز، تلفن، تعمیر و نگه‌داری و...) و هزینه‌های جانبی و بالاسری.
- هزینه عملیات بازرسی و بهره‌برداری شبکه
- هزینه عملیات نگه‌داری شامل سرویس، تنظیم، تعمیر و تعویض قطعات در بخش‌های مختلف شبکه
- هزینه ماشین‌آلات
- هزینه انرژی مصرفی در سطح ایستگاه‌های پمپاژ شبکه اصلی
- هزینه‌های کشاورزی واحد سطح به تفکیک انواع سامانه‌های کشاورزی موجود در شبکه

- هزینه‌های مربوط به آب‌بهای پرداختی در شبکه
- هزینه بهره‌برداران مربوط به اقساط بازپرداخت وام احداث شبکه
- بودجه و اعتبارات امور مدیریتی، بهره‌برداری و نگه‌داری
- درآمد حاصل از فروش آب و آب‌بهای دریافتی
- سایر درآمدهای جانبی محتمل مانند ارائه خدمات جنبی، اجاره ماشین‌آلات، و مشارکت مالی کشاورزان
- عملکرد محصولات و قیمت آن‌ها و درآمد کشاورزی
- سایر درآمدهای جانبی محتمل از فعالیت‌های کشاورزی
- وضعیت عمومی اقتصادی کشاورزان از نظر درآمدها و هزینه‌ها و نیز در ارتباط با پرداخت اقساط شبکه و هزینه‌های بهره‌برداری و نگه‌داری

۲-۲-۴- دیدگاه اجتماعی

ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار در زمینه اجتماعی، مستلزم استخراج موارد زیر می‌باشند:

- اهداف اجتماعی مورد نظر از شبکه
- جمعیت ذی‌نفعان از نظر تعداد، توزیع سنی و جنسی، سواد و مهارت، تعداد خانوار و متوسط اعضا آن
- وضعیت اشتغال نیروی‌کار قبل و بعد از احداث شبکه
- وضعیت نیازهای فصلی نیروی‌کار
- وضعیت مهارت‌های نیروی‌کار و تغییرات آن
- وضعیت مهاجرت در محدوده شبکه
- بررسی وضعیت تشکل‌ها و مشارکت آب‌بران در شبکه

۲-۲-۵- دیدگاه زیست‌محیطی

در فرآیند ارزیابی عملکرد اجمالی و تفصیلی زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار اطلاعات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- اهداف زیست محیطی مورد نظر از شبکه
- پهنه‌های آبی، تالاب‌ها و زیستگاه‌های پرندگان و حیات‌وحش و تغییرات آن‌ها
- نوسانات سطح آب زیرزمینی و زه‌دار شدن اراضی
- تغییرات کمّی و کیفی آب زیرزمینی منطقه پس از احداث شبکه
- وضعیت ظاهری شوری اراضی و تغییرات آن
- وضعیت ظاهری کیفیت فیزیکی آب ورودی و خروجی از نظر مواد معلق، رسوبات،...

- وضعیت کلی کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی از نظر EC، pH و SAR...
- سابقه بروز آلودگی‌های شیمیایی، میکروبی و... مرتبط با آبیاری و زه‌آب زهکش‌ها
- وضعیت بهداشت عمومی در محدوده شبکه مرتبط با آبیاری
- تاثیر احداث شبکه بر وضعیت محیط زیست انسانی، جانوری، وگیاهی منطقه

۲-۳- انجام بازدیدهای صحرایی

پس از جمع‌آوری اطلاعات و آشنایی با کلیات طرح که از بررسی نقشه‌ها، اسناد و مدارک به دست می‌آید، نوبت به برنامه‌ریزی‌های لازم جهت انجام بازدیدهای صحرایی می‌رسد. این بازدیدها باید توسط متخصصان با تجربه انجام گرفته و به دنبال آن ثبت مشاهدات و اندازه‌گیری‌های میدانی باید به صورت دقیق انجام گردد.

توصیه می‌شود در بازدیدهای صحرایی نمایندگاه کارفرما و دستگاه بهره‌بردار حضور داشته باشد. همچنین جمع‌آوری تجربیات موجود در حافظه دستگاه بهره‌بردار، مسوولان مرتبط با بهره‌برداری سامانه و سایر ذی‌نفعان سامانه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، با نظرسنجی‌های میدانی و انجام مصاحبه، در این مرحله انجام می‌گیرد. در این مرحله با شناسایی نیروهای با سابقه و آگاه شامل مدیران، کارشناسان، تکنسین‌ها، بهره‌برداران با تجربه شبکه آبیاری، و نمایندگان کشاورزان اقدام به تکمیل پرسش‌نامه‌ها جهت امکان‌پذیری تحلیل‌های مناسب و مقایسه با لایه‌های دیگر اطلاعاتی به منظور آگاهی از مسایل و مشکلات و نقاط ضعف و قوت شبکه می‌شود. فهرست مواردی که در بازدیدهای صحرایی باید لحاظ گردند، به شرح زیر می‌باشد.

- بازدید از سازمان مسوول مدیریت، بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه و مذاکره با مسوولین مربوط
- مذاکره با تشکل‌های کشاورزان و مسوولین مربوط
- مذاکره و تبادل نظر با کشاورزان، نمایندگان بهره‌برداران، و مسوولین مربوط

بازدید از آب‌گیرهای اصلی و تاسیسات مربوط، کانال و خطوط لوله آب‌رسان، انتقال و اصلی درجه یک و دو و سازه و تاسیسات و تجهیزات مربوط، ایستگاه‌های پمپاژ شبکه اصلی، شیرآلات و اتصالات و تاسیسات شبکه، مخازن و استخرهای ذخیره و تنظیمی، تجهیزات و شیرآلات مختلف کنترل فشار و بده آب، تخلیه هوا و تخلیه آب، تاسیسات کنترل ضربه قوچ، جاده‌های دسترسی، سرویس و نگه‌داری شبکه

- بازدید از مزارع نمونه و بررسی وضعیت تاسیسات و تجهیزات و نحوه‌کار و عملکرد سامانه آبیاری تحت‌فشار مزارع خصوصا ایستگاه کنترل مرکزی، آب‌پاش‌ها و گسیلنده‌های آن‌ها، برج و مخزن تامین فشار[1]، لوله‌های ایستاده[2]، لوله و مخازن ضربه‌گیر

۲-۴- تهیه بانک اطلاعات

با توجه به پراکندگی مکانی سامانه آبیاری و نیز حجم وسیع و پراکنده‌ای از اطلاعات و داده‌های کتابخانه‌ای، گزارش‌ها، طرح‌های تحقیقاتی و اجرایی، حجم زیادی از اطلاعات در طول فرآیند ارزیابی عملکرد به دست خواهد آمد. به علاوه آن‌که در بازدیدهای میدانی و سطوح ارزیابی مختلف اطلاعات جدیدی نیز به این داده‌ها اضافه می‌شود. به همین منظور یک چارچوب کلی، سیستماتیک، هدفمند و کاربردی جهت جمع‌آوری، مدیریت و ذخیره‌سازی اطلاعات حاصل از منابع کتابخانه‌ای، فرم‌های نظرسنجی و نیز داده‌برداری و تحلیل نتایج باید در نظر گرفته شود تا بتوان علاوه بر استفاده بهینه از تمامی اطلاعات موجود، ذخیره‌سازی اطلاعات به صورت کاربردی جهت مطالعات آتی مورد استفاده قرار گیرد. باید تمامی اطلاعات و داده‌های مورد استفاده درفرآیند ارزیابی عملکرد شامل داده‌های مستخرج از منابع کتابخانه‌ای و نیز اطلاعات حاصل شده از سطوح ارزیابی قضاوت مهندسی و پایش میدانی، به صورت یک مجموعه کامل و طبقه‌بندی شده در اختیار کارفرما قرار گیرد.

1- Pressure Tower and Header Tank
2- Head Riser Pipe

فصل ۳

شاخص‌های ارزیابی عملکرد

۳-۱- کلیات

در این راهنما دو دسته شاخص‌های کیفی و کمی مورد استفاده قرار گرفته است. شاخص‌های کیفی بر پایه مشاهدات عینی در بازدیدهای میدانی، اظهارات خبرگان و کارشناسان در ارتباط با پروژه مورد ارزیابی و نیز اطلاعات کتابخانه‌ای برآورد شده یا تخمین زده می‌شوند. برآورد واقع بینانه این دسته از شاخص‌ها نیازمند قضاوت مهندسی توسط تیم کارشناسان خبره می‌باشد. کارشناس خبره با تکیه بر دانش و تجربه کافی خود و شناخت مناسب از سیستم اقدام به امتیازدهی شاخص‌های کیفی می‌نماید. بر این اساس شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد می‌تواند به صورت مطلوب، نسبتا مطلوب، متوسط و دور از انتظار (ضعیف) امتیاز داده شود. مواردی که در فرآیند امتیازدهی شاخص‌های کیفی در هر یک از زمینه‌های ارزیابی عملکرد باید در نظر گرفته شوند، در بخش‌های بعدی تشریح می‌شوند. در شاخص‌های کمی میزان متغیرهای مورد نظر اندازه‌گیری می‌شود یا از اطلاعات اندازه‌گیری شده قبلی استفاده می‌شود. اقدام اصلی در ارزیابی کمی عملکرد، مقایسه میزان اندازه‌گیری شده با مقدار هدف عوامل مختلف است. نتیجه این مقایسه یک کسر بدون بعد است که در صورت آن، مقدار واقعی داده اندازه‌گیری شده و در مخرج آن مقدار هدف قرار می‌گیرد. در ادامه شاخص‌های ارزیابی مورد استفاده در این راهنما معرفی خواهند شد. برای معرفی شاخص‌های کمی ابتدا یک تعریف مختصر از شاخص مورد نظر ارائه شده، و سپس دامنه کاربرد، روش و بسامد اندازه‌گیری آن تشریح شده است.

۳-۲- زمینه‌های ارزیابی عملکرد

شاخص‌های ارزیابی عملکرد که در این راهنما معرفی خواهند شد، بر اساس دیدگاه‌های مختلف ارزیابی در پنج زمینه فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تقسیم می‌شوند. در ادامه شاخص‌های ارزیابی عملکرد کیفی و کمی برای هر زمینه ارائه خواهند شد.

۳-۲-۱- شاخص‌های ارزیابی عمکرد فنی

دیدگاه فنی یکی از مهم‌ترین دیدگاه‌های ارزیابی شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار می‌باشد. در این دیدگاه زمینه‌های کیفی و کمی مختلفی قابل بررسی و ارزیابی می‌باشد.

۳-۲-۱-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد فنی

ارزیابی کیفی فنی سامانه‌های آبیاری شاخص‌های زیر را پوشش می‌دهد:

الف- شناسنامه کلی طرح

ب- خلاصه مشخصات طراحی و مشخصات اجرا شده طراحی

ج- وضعیت اجزای شبکه

کارشناس با تجربه و خبره با تجزیه و تحلیل تمامی اطلاعات به دست آمده اقدام به تخمین وضعیت فعلی شاخص کیفی نموده و با مقایسه آن با وضعیت طراحی اولیه، اقدام به امتیازدهی این شاخص می‌نمایند. شاخص‌های کیفی فنی به شرح زیر معرفی می‌شوند:

الف- شاخص ارزیابی شناسنامه کلی طرح

در این مرحله نیاز است تا وضعیت فعلی منابع آب شبکه و کشاورزی اراضی تحت پوشش آن بر اساس اطلاعات به دست آمده از منابع مختلف اطلاعاتی نسبت به وضعیت طراحی مشخص شود. تکمیل نواقص اطلاعات و نیز صحت سنجی اطلاعات به دست آمده، با استفاده از قضاوت مهندسی وتوسط کارشناس خبره در حین بازدیدهای صحرایی انجام می‌گیرد. برای این منظور موارد زیر باید مورد نظر قرار گیرند:

- میزان و نحوه تغییرات کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی در مقایسه با شرایط طراحی
- بررسی وضعیت حال حاضر بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در مقایسه با شرایط طراحی
- میزان بهبود وضعیت کشاورزی با شرایط پیش از اجرای طرح با در نظر گرفتن مواردی از قبیل: الگوی کشت، تراکم کشت، نوع و عملکرد محصولات، مالکیت‌ها و وسعت اراضی تحت پوشش شبکه

ب- شاخص ارزیابی مشخصات طراحی و مشخصات اجرا شده طراحی

تعیین شاخص کیفی ارزیابی مشخصات طراحی شبکه، با مقایسه وضعیت فعلی سامانه آبیاری با وضعیت طراحی، در موارد زیرانجام می‌گیرد:

- میزان تحقق اهداف فنی مورد نظر از شبکه در زمان ارزیابی
- بررسی وضعیت کنونی آبیاری (آبیاری کامل یا کم‌آبیاری) شامل میزان و چگونگی تامین نیاز آبی محصولات، تناسب منابع آب تامین شده در قالب اجرای پروژه با نیازهای آبی
- میزان مطابقت آرایش کنونی شبکه و چگونگی ترکیب سامانه ثقلی و تحت‌فشار و کم‌فشار با موارد طراحی
- نوع و میزان انرژی مصرفی

ج- شاخص ارزیابی وضعیت اجزای شبکه

در این قسمت وضعیت عملکرد آن دسته از اجزای سامانه آبیاری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که بر اساس قضاوت مهندسی کارشناس خبره و بر پایه تجربه مهندسی، بازدید میدانی و مصاحبه با بهره‌بردارن سامانه قابل انجام باشد. کارشناس خبره با مقایسه وضعیت حال حاضر اجزای سامانه با وضعیت طراحی آن‌ها اقدام به ارزیابی کیفی عملکرد این اجزا می‌نماید. در این رابطه موارد زیر باید به صورت مجزا مورد ارزیابی قرار گیرد:

- وضعیت عملکرد آب‌گیرهای اصلی و تاسیسات مربوط
- بررسی کارایی مخازن و استخرهای ذخیره و تنظیمی

- وضعیت جاده‌های دسترسی، سرویس و نگه‌داری اصلی
- بررسی وضعیت تجهیزات کنترل ضربه قوچ

۳-۲-۱-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد فنی

شاخص‌های ارزیابی کمی عملکرد فنی موارد زیررا پوشش می‌دهد:

الف- تجهیزات و شیرآلات

ب- ایستگاه‌های پمپاژ و سیستم کنترل مرکزی

ج- مجاری انتقال و ابنیه فنی

در هر یک از زمینه‌های فوق شاخص‌های متعددی به شرح زیر قابل طرح و بررسی می‌باشد:

الف- شاخص‌های ارزیابی تجهیزات و شیرآلات

تجهیزات و شیرآلات موجود در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار عمدتا شامل شیرآلات، اتصالات، تبدیل‌ها و... بوده که مهم‌ترین آن‌ها که نقش تعیین کننده در کارایی شبکه‌های آبیاری دارند شیرآلات می‌باشد. با توجه به این‌که در ارزیابی عملکرد نوع شیرآلات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است لذا توصیه می‌شود شاخص‌های مورد نظر برای هر یک از انواع شیرآلات زیر به صورت جداگانه محاسبه و بررسی گردد:

- شیرهای کنترل بده
- شیرهای کنترل فشار
- شیرهای پروانه ای- تخت- گلوب یا انواع شیرآلات برداشت آب
- شیرهای هوا
- شیرهای تخلیه آب

به منظور بررسی و ارزیابی شیرآلات، باید این تجهیزات را از نظر کمیت و کیفیت مورد ارزیابی قرار داد:

- شاخص کمیت شیرآلات

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت تعداد شیرآلات موجود در شبکه آبیاری، صرفنظر از کیفیت آن‌ها می‌باشد. شاخص کمیت شیرآلات به صورت تعداد کل شیرآلات موجود در شبکه در مقایسه با تعداد شیرآلات پیش‌بینی شده در طراحی تعریف شده و با استفاده از رابطه ۳-۱ محاسبه می‌شود:

$$Inv = \frac{Nev}{Npv} \qquad (۱-۳)$$

که در این رابطه:

Inv= شاخص کمیت شیرآلات

Nev= تعداد شیرآلات موجود در شبکه آبیاری

Npv= تعداد شیرآلات پیش‌بینی شده در طراحی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص صرف نظر از کیفیت، تعداد شیرآلات نصب شده در شبکه شمارش و تعداد آن‌ها با تعدادی که در طراحی دیده شده مقایسه می‌شود.

درصورتی‌که نقشه‌های طراحی و چون ساخت (As built) در اختیار باشد برای محاسبه این شاخص می‌توان از بازدیدهای میدانی صرفنظر نمود. بدیهی است در صورت عدم دسترسی به نقشه‌های چون ساخت تعداد شیرآلات با توجه به بازدیدهای میدانی و شمارش آن‌ها مشخص خواهد شد. مقدار این شاخص نشان می‌دهد که سامانه موجود تا چه حد متناسب با شرایط طراحی اجرا شده.

بسامد اندازه‌گیری: بسامد اندازه‌گیری این شاخص یک‌بار در طول دوره ارزیابی شبکه آبیاری کفایت می‌کنند.

- شاخص کیفیت شیرآلات

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت کیفیت شیرآلات می‌باشد و به صورت تعداد شیرآلات موجود منطبق بر طراحی، نسبت به شیرآلات پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود این شاخص برای نشان دادن وضعیت کیفیت شیرآلات سامانه آبیاری کاربرد داشته و از رابطه ۳-۲ محاسبه می‌شود.

$$Iqv = \sum_{i=1}^{n} Iqvi \times ci \qquad (۲-۳)$$

که در این رابطه:

Iqv= شاخص کیفیت شیرآلات

Iqvi= نمره ارزیابی کیفیت هر یک از شیرآلات

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از شیرآلات

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید نمره ارزیابی کیفی هر یک از انواع شیرآلات موجود در شبکه آبیاری به طور جداگانه ارزیابی شود. برای این کار ابتدا فهرست کنترل مشخصات فنی شیرآلات به تفکیک کلیه شیرآلات موجود در سامانه آبیاری تکمیل می‌شود. برای اندازه‌گیری شاخص کیفی هر یک از شیرآلات می‌توان از جدول (۳-۱) به عنوان نمونه استفاده کرد. در این جدول چنانچه مشخصات هر یک از عوامل فنی موجود با مشخصات همان عامل در طراحی تطابق داشته باشد، علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. نمره ارزیابی کیفی هر یک از شیرآلات از رابطه ۳-۳ محاسبه می‌شود:

$$Iqvi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۳-۳)$$

که در این رابطه:

Iqvi= نمره ارزیابی کیفیت هر یک از شیرآلات

NIf= تعداد عوامل منطبق در طراحی

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی در هر یک از شیرآلات

ضریب اهمیت وزنی هر نوع شیر از شیرآلات نیز بر اساس روش AHP تخمین زده می‌شود. پس از محاسبه نمره ارزیابی کیفی هر یک از شیرآلات و ضریب اهمیت وزنی مربوط، شاخص کیفی کل شیرآلات شبکه از رابطه ۳-۲ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به میزان ۱۰ درصد تعداد هر نوع از شیرآلات توصیه می‌شود، تواتر اندازه‌گیری‌ها نیز، یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی کفایت می‌کند.

جدول ۳-۱- بررسی مشخصات فنی شیرآلات

شماره شیر	کاربرد	مشخصات فنی *								نمره ارزیابی
		قطر	نوع	جنس زبانه	جنس بدنه	محور	کارخانه سازنده	نوع عملگر	فشار کارکرد	سایر مشخصات	
۱	طراحی										
	موجود										
	رد/تایید										
۲	طراحی										
	موجود										
	رد/تایید										
⋮	طراحی										
	موجود										
	رد/تایید										
N	طراحی										
	موجود										
	رد/تایید										

* چنانچه مشخصات فنی موجود از مشخصات فنی پیش‌بینی شده در طرح بهتر باشد علامت مثبت دریافت می‌کند.

ب- شاخص‌های ارزیابی ایستگاه‌های پمپاژ . سیستم کنترل مرکزی

ایستگاه‌های پمپاژ در سامانه‌های تحت‌فشار و کم فشار، وظیفه تامین فشار مورد نیاز سامانه را به عهده دارند. برای ارزیابی ایستگاه‌های پمپاژ با توجه به اجزای آن‌ها شاخص‌های زیر اندازه‌گیری خواهد شد:

- شاخص کمیت پمپ‌ها و الکتروموتورها
- شاخص کیفیت پمپ‌ها و الکتروموتورها
- شاخص بده
- شاخص فشار
- شاخص بازده پمپ‌ها و الکتروموتورها

- شاخص کیفیت سازه‌ای و ایستگاه پمپاژ
- شاخص سطح اتوماسیون

- شاخص کمیت پمپ‌ها و الکتروموتورها[1]

تعریف و کاربرد: این شاخص به صورت نسبت تعداد پمپ‌ها یا الکتروموتورهای موجود در ایستگاه پمپاژ در مقایسه با تعداد آن‌ها در نقشه‌های طراحی تعریف می‌شود. شاخص کمی پمپ‌ها و یا الکتروموتورها برای نشان دادن وضعیت تعداد پمپ‌ها و الکتروموتورها در ایستگاه در مقایسه با طراحی، کاربرد داشته و از رابطه ۳-۴ قابل محاسبه می‌باشد:

$$Inp = \frac{Nep}{Npp} \qquad (۴-۳)$$

که در این رابطه:

Inp= شاخص کمیت پمپ‌ها یا الکتروموتورها

Nep= تعداد پمپ‌ها یا الکتروموتورهای موجود در ایستگاه

Npp= تعداد پمپ‌ها یا الکتروموتورهای پیش‌بینی شده در طراحی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص صرف نظر از کیفیت، تعداد پمپ‌ها و الکتروموتورهای موجود در ایستگاه شمارش شده و با تعداد پیش‌بینی شده در طراحی (تعداد مشخص شده در آلبوم نقشه‌های اجرائی یا گزارش‌های فنی) مقایسه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص باید به تعداد کل پمپ‌ها یا الکتروموتورهای موجود در شبکه آبیاری باشد. تکرار اندازه‌گیری یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص کیفیت پمپ‌ها و الکتروموتورها

تعریف و کاربرد: این شاخص به صورت نسبت تعداد پمپ‌ها و الکتروموتورهای منطبق بر طراحی به پمپ‌ها و الکتروموتورهای پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود و برای نشان دادن وضعیت کیفیت ایستگاه پمپاژ کاربرد دارد. این شاخص با استفاده از رابطه ۳-۵ محاسبه می‌شود.

$$Iqp = \sum_{i=1}^{n} Iqpi \times ci \qquad (۵-۳)$$

که در این رابطه:

Iqp= شاخص کیفیت پمپ‌ها و یا ا لکتروموتورها

۱- در مواردی که بجای الکتروموتور از موتورهای درون سوز (دیزل، بنزین و ...) استفاده شود این شاخص شامل آن‌ها نیز می‌شود.

Iqpi= نمره ارزیابی کیفیت هر پمپ یا الکتروموتور

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر پمپ یا الکتروموتور

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید هر یک از پمپ‌ها و یا الکتروموتورها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرند. برای این منظور مشخصات فنی هر پمپ یا الکتروموتور به طور جداگانه ارزیابی شده و با مشخصات درج شده در طراحی مقایسه می‌گردد. چنانچه مشخصات فنی پمپ یا الکتروموتور با مشخصات فنی طراحی تطابق داشته باشد علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. جدول (۳-۲) را می‌توان به عنوان راهنما برای ارزیابی پمپ‌ها و جدول (۳-۳) را برای ارزیابی الکتروموتورها استفاده کرد. پس از ارزیابی هر پمپ یا الکتروموتور نمره ارزیابی هر پمپ یا الکتروموتور از رابطه ۳-۶ محاسبه می‌گردد.

$$Iqpi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۶-۳)$$

که در این رابطه:

Iqpi= نمره ارزیابی کیفیت هر پمپ یا الکتروموتور

NIf= تعداد عوامل منطبق با طراحی

NI= تعداد عوامل مورد ارزیابی

ضریب اهمیت وزنی هر پمپ نیز از رابطه ۳-۷ قابل محاسبه است:

$$Ci = \frac{Qi \times Hi}{\sum_{i=1}^{n} Qi \times Hi} \qquad (۷-۳)$$

که در این رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر پمپ

Qi= بده پمپ مورد ارزیابی (لیتر بر ثانیه)

Hi= ارتفاع پمپاژ پمپ مورد ارزیابی (متر)

ضریب اهمیت وزنی هر الکتروموتور نیز از رابطه ۳-۸ محاسبه می‌شود:

$$ci = \frac{pi}{\sum_{i=1}^{n} pi} \qquad (۸-۳)$$

که در این رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی الکتروموتور مورد ارزیابی

Pi= توان الکتروموتور مورد ارزیابی (کیلووات)

پس از محاسبه نمره ارزیابی و ضریب اهمیت وزنی هر پمپ یا الکتروموتور، شاخص ارزیابی کیفیت پمپ‌ها یا الکتروموتورها از رابطه ۳-۵ قابل محاسبه است.

جدول ۳-۲- بررسی مشخصات فنی پمپ‌ها *

شماره پمپ	شرح کارآیی	مشخصات فنی									نمره ارزیابی
		ظرفیت پمپ	ارتفاع پمپ	اندازه پروانه	اندازه فلنج رانش	اندازه فلنج مکش	مدل پمپ	جنس محور	جنس پروانه	جنس محفظه	
۱	طراحی										
	موجود										
	رد/ تایید										
۲	طراحی										
	موجود										
	رد/ تایید										
. . .	طراحی										
	موجود										
	رد/ تایید										
N	طراحی										
	موجود										
	رد/ تایید										

*چنانچه مشخصات پمپ‌های موجود از مشخصات طراحی بهتر باشد، علامت مثبت دریافت می‌کند.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری شاخص ارزیابی پمپ‌ها و یا الکتروموتورها به تعداد پمپ‌ها یا الکتروموتورهای موجود در شبکه می‌باشد ولی تواتر اندازه‌گیری یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

جدول ۳-۳- بررسی مشخصات فنی الکتروموتور*

شماره الکتروموتور	شرح کارآیی	مشخصات فنی								نمره ارزیابی
		دور	توان	شدت جریان	درجه محافظت	سیستم خنک کردن	کلاس حرارتی	توان پمپ	ولتاژ پمپ	
۱	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									
۲	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									
. . .	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									
N	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									

*چنانچه مشخصات الکتروموتورهای موجود از مشخصات طراحی بهتر باشد، علامت مثبت دریافت می‌کند

- شاخص بده پمپ‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان بده ایستگاه پمپاژ در مقایسه با بده مورد نیاز پیش‌بینی شده در اهداف سامانه بوده و برای نشان دادن وضعیت ایستگاه پمپاژ از نظر تامین بده به کار می رود. شاخص بده پمپ‌ها به صورت نسبت مجموع بده پمپ‌های ایستگاه پمپاژ به بده طراحی ایستگاه تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۹ محاسبه می‌شود.

$$Idp = \frac{\sum_{i=1}^{n} Qpi}{Qs} \qquad (۹-۳)$$

که در این رابطه:

Idp= شاخص بده پمپ‌ها

Qpi= بده هر یک از پمپ‌های ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)

Qs= بده طراحی ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مجموع بده خروجی ایستگاه پمپاژ توسط ابزار مناسب مانند بده سنج اندازه‌گیری شده و با بده طراحی ایستگاه پمپاژ سنجیده می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص باید به تعداد کل پمپ‌های ایستگاه پمپاژ انجام پذیرد، تکرار اندازه‌گیری‌ها نیز یک نوبت در هر ماه از فصل زراعی و یک‌بار در طول دوره ارزیابی است.

- شاخص ارزیابی فشار کارکرد ایستگاه پمپاژ

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان فشار ایستگاه پمپاژ در مقایسه با فشار مورد نیاز پیش‌بینی شده در اهداف طراحی سامانه آبیاری می‌باشد. این شاخص برای نشان دادن وضعیت ایستگاه پمپاژ از نظر تامین فشار می‌باشد و از رابطه ۳-۱۰ محاسبه می‌شود:

$$Ipp = \frac{Pap}{Pdp} \qquad (۱۰-۳)$$

که در این رابطه:

Ipp= شاخص ارزیابی فشار کارکرد ایستگاه پمپاژ

Pap= فشار تولید شده توسط ایستگاه پمپاژ (متر)

Pdp= فشار طراحی ایستگاه پمپاژ (متر)

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، فشار خروجی ایستگاه پمپاژ توسط ابزار مناسب مانند فشارسنج اندازه‌گیری شده و با فشار طراحی ایستگاه پمپاژ سنجیده می‌شود. فشار طراحی ایستگاه پمپاژ قابل برداشت از گزارش‌های مرحله دوم طرح و یا مدارک و مستندات مرحله سوم طرح می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد ایستگاه‌های پمپاژ می‌باشد. تکرار اندازه‌گیری‌ها نیز یک نوبت در هر ماه از فصل زراعی و یک‌بار در طول دوره ارزیابی می‌باشد.

- شاخص ارزیابی بازده پمپ‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص به صورت نسبت بازده واقعی پمپ نسبت به بازده طراحی تعریف می‌شود و برای نشان دادن راندمان پمپ‌های ایستگاه پمپاژ کاربرد دارد. شاخص ارزیابی بازده پمپ‌ها از رابطه ۳-۱۱ محاسبه می‌شود:

$$Iep = \sum_{i=1}^{n} Iepi \times ci \qquad (۱۱-۳)$$

که در این رابطه:

Iep= شاخص ارزیابی بازده پمپ‌ها

Iepi= شاخص ارزیابی بازده هر پمپ

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر پمپ

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص ابتدا با توجه به بده و فشار اندازه‌گیری شده در خروجی هر پمپ و استفاده از رابطه ۳-۱۲ توان خروجی پمپ‌ها محاسبه می‌شود.

$$P_{opr} = \gamma.Q.H \qquad (۱۲-۳)$$

که در این رابطه:

Popr= توان خروجی پمپ (وات)

γ = وزن مخصوص آب ۹۸۰۶ نیوتن بر مترمکعب

Q= بده پمپ (مترمکعب بر ثانیه)

H= ارتفاع دینامیکی پمپ یا فشار اندازه‌گیری شده در خروجی پمپ (متر)

با توجه به مشخصات توان طراحی پمپ، بازده پمپ براساس رابطه ۳-۱۳ محاسبه خواهد شد.

$$Eopr = \frac{Popr}{Pdes} \qquad (۱۳-۳)$$

که در این رابطه:

Eopr= راندمان (بازده) پمپ (درصد)

Popr= توان خروجی پمپ (وات)

Pdes= توان طراحی پمپ (وات)

شاخص ارزیابی بازده هر پمپ با استفاده از رابطه ۳-۱۴ محاسبه می‌شود:

$$Iepi = \frac{Eopr}{Edes} \qquad (۱۴-۳)$$

که در این رابطه:

Iepi= شاخص بازده هر پمپ

Eopr= بازده خروجی هر پمپ

Edes= بازده طراحی هر پمپ

ضریب اهمیت وزنی هر پمپ نیز از رابطه ۳-۷ محاسبه می‌شود. با داشتن شاخص ارزیابی بازده هر پمپ و ضریب اهمیت وزنی، شاخص ارزیابی بازده پمپ‌ها از رابطه۳-۱۱ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد پمپ‌های شبکه و تکرار آن یک نوبت در هر ماه از فصل زراعی در طول دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

- شاخص توان الکتروموتورها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده توان واقعی الکتروموتورها در زمان ارزیابی بوده و به صورت نسبت توان اندازه‌گیری شده الکتروموتورها به توان پیش‌بینی شده برای الکتروموتورها در زمان طراحی تعریف می‌شود. شاخص ارزیابی توان الکتروموتور از رابطه ۳-۱۵ محاسبه می‌شود:

$$Ipm = \sum_{i=1}^{n} Ipmit \times ci \qquad (۱۵-۳)$$

که در این رابطه:

Ipm= شاخص ارزیابی توان الکتروموتورها

Ipmi= شاخص ارزیابی توان هر الکتروموتور

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر الکتروموتور

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، ابتدا با استفاده از ابزار ولت سنج و آمپرسنج اختلاف پتانسیل و شدت جریان ورودی الکتروموتور اندازه‌گیری و سپس با استفاده از رابطه ۳-۱۶ توان ورودی الکتروموتور محاسبه می‌شود.

$$Pmo = \sqrt{3} \times I \times V \times \Phi \qquad (۱۶-۳)$$

که در این رابطه:

Pmo= توان مصرفی الکتروموتور (وات)

V= اختلاف پتانسیل (ولت)

I= شدت جریان (آمپر)

Φ= ضریب توان مصرف‌کننده موتور الکتروموتور

سپس با مقایسه این توان با توان پیش بینی شده در طراحی، شاخص توان الکتروموتور با استفاده از رابطه ۳-۱۷ محاسبه می‌شود.

$$Ipmi = \frac{Pmo}{Pmd} \qquad (۱۷-۳)$$

که در این رابطه:

Ipmi= شاخص ارزیابی هر الکتروموتور

Pmo= توان مصرفی الکتروموتور (وات)

Pmd= توان طراحی الکتروموتور (وات)

ضریب اهمیت وزنی هر الکتروموتور نیز از رابطه ۳-۸ محاسبه می‌شود. با داشتن شاخص ارزیابی توان و ضریب اهمیت وزنی هر الکتروموتور، شاخص ارزیابی الکتروموتورها از رابطه ۳-۱۵ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص باید به تعداد الکتروموتورهای موجود در شبکه آبیاری و تکرار آن نیز باید حداقل یک نوبت در هر ماه از فصل آبیاری در طول دوره ارزیابی باشد.

- شاخص بازده الکتروموتور

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده بازده واقعی الکتروموتورها می‌باشد و به صورت نسبت بازده کارکرد الکتروموتور به بازده پیش‌بینی شده در طراحی الکتروموتور تعریف می‌شود. این شاخص با رابطه ۳-۱۸ محاسبه می‌شود:

$$Iem = \sum_{i=1}^{n} Iemi \times ci \qquad (۱۸-۳)$$

که در این رابطه:

Iem= شاخص بازده الکتروموتورها

Iemi= شاخص بازده هر الکتروموتور

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر الکتروموتور

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، ابتدا با استفاده از ابزار مناسب (مانند روش اندازه‌گیری توان الکتروموتور) توان ورودی و خروجی الکتروموتور اندازه‌گیری می‌شود سپس با استفاده از رابطه ۳-۱۹ بازده واقعی الکتروموتور محاسبه می‌شود.

$$Emo = \frac{Pmo}{Pmi} \qquad (۱۹-۳)$$

که در این رابطه:

Emo= بازده واقعی موتور (٪)

Pmi= توان ورودی الکتروموتور (وات)

Pmo= توان خروجی الکتروموتور (وات)

با مقایسه بازده واقعی الکتروموتور و بازده پیش‌بینی شده در طراحی الکتروموتور، شاخص بازده الکتروموتور با استفاده از رابطه ۳-۲۰ به دست می‌آید.

$$Iemi = \frac{Emo}{Emd} \qquad (۲۰-۳)$$

که در این رابطه:

Iemi= شاخص ارزیابی بازده هر الکتروموتور

Emo= بازده واقعی هر الکتروموتور

Emd= بازده طراحی هر الکتروموتور

با داشتن شاخص ارزیابی بازده هر الکتروموتور و ضریب اهمیت وزنی آن طبق رابطه ۳-۸ شاخص ارزیابی بازده الکتروموتورها از رابطه ۳-۱۸ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد الکتروموتورهای موجود در شبکه آبیاری و تکرار آن یک‌بار در هر ماه از فصل زراعی در طول دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

- شاخص کیفیت سازه‌ای ایستگاه پمپاژ

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت کیفیت سازه ساختمان ایستگاه پمپاژ می‌باشد و به صورت تعداد عوامل سازه‌ای منطبق بر طراحی نسبت به تعداد کل عوامل سازه‌ای تعریف می‌شود. این شاخص با استفاده از رابطه ۳-۲۱ محاسبه می‌شود:

$$Iqps = \sum_{i=1}^{n} Iqpsi \times ci \qquad (۲۱-۳)$$

که در این رابطه:

Iqps= شاخص کیفیت ایستگاه پمپاژ

Iqpsi= نمره ارزیابی کیفیت سازه ای هر یک از اجزای ایستگاه پمپاژ

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از اجزای ایستگاه پمپاژ

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مشخصات فنی هر یک از عوامل سازه‌ای ایستگاه پمپاژ (ساخته شده) بررسی و اندازه‌گیری و با مشخصات فنی همان عامل در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور از جدول (۳-۴) استفاده می‌شود.

جدول ۳-۴- مشخصات فنی سازه‌ای ایستگاه پمپاژ

نام اجزا	شرح	طول	عرض	ارتفاع	حجم	جنس سازه	عوامل جانبی	...	نمره ارزیابی	ضریب اهمیت وزنی
حوضچه مکش	طراحی						*			۰/۲۰
	موجود									
	رد/ تایید									
ساختمان ایستگاه	طراحی						**			۰/۴۰
	موجود									
	رد/ تایید									
فونداسیون	طراحی									۰/۳۰
	موجود									
	رد/ تایید									
ساپورت	طراحی									۰/۱۰
	موجود									
	رد/ تایید									

*عوامل جانبی حوضچه مکش شامل آشغالگیر، دریچه‌های ورودی و تخلیه رسوب، دیواره جدا کننده و... می‌باشد.

**عوامل جانبی ساختمان ایستگاه پمپاژ شامل: جرثقیل، تهویه، پنجره، روشنایی و... می‌باشد.

در این جدول عوامل هر یک از اجزای ساختمان ایستگاه پمپاژ به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و چنانچه مشخصات فنی عوامل با مشخصات طراحی تطابق داشته باشد علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند و در نهایت نمره ارزیابی هر یک از اجزا از رابطه ۳-۲۲ محاسبه می‌شود:

$$Iqpsi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۲۲-۳)$$

که در این رابطه:

Iqpsi= نمره ارزیابی کیفیت هر یک از عوامل سازه ای ایستگاه پمپاژ

NIf= تعداد عوامل منطبق با شرایط طراحی

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

پس از تعیین نمره ارزیابی کیفیت هر یک از عوامل سازه‌ای و ضریب اهمیت وزنی مربوط، شاخص ارزیابی کیفیت سازه‌ای ایستگاه پمپاژ از رابطه ۳-۲۱ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد ایستگاه‌های پمپاژ موجود در شبکه آبیاری می‌باشد. تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در طول دوره مطالعات کافی است.

- شاخص کیفیت مکانیکی ایستگاه پمپاژ

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت مکانیکی تجهیزات ایستگاه پمپاژ می‌باشد و به صورت نسبت عوامل مکانیکی منطبق با طراحی به تعداد کل عوامل مورد ارزیابی تعریف می‌شود. شاخص کیفیت مکانیکی ایستگاه پمپاژ از رابطه ۳-۲۳ محاسبه می‌شود:

$$Imps = \sum_{i=1}^{n} Impsi \times ci \qquad (۲۳-۳)$$

که در این رابطه:

Imps= شاخص کیفیت مکانیکی ایستگاه پمپاژ

Impsi= نمره ارزیابی کیفیت مکانیکی هر یک از اجزای ایستگاه پمپاژ

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از اجزاء ایستگاه پمپاژ

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید هر یک از اجزای مکانیکی به صورت جداگانه ارزیابی شود. برای این منظور در هر یک از اجزای مکانیکی، مشخصات فنی عوامل مکانیکی ایستگاه پمپاژ (ساخته شده) بررسی و اندازه‌گیری و با مشخصات فنی همان عامل مکانیکی در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور از جدول (۳-۵) استفاده می‌شود. چنانچه عامل مورد بررسی با مشخصات همان عامل در طراحی انطباق داشته باشد نمره مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. در نهایت نمره ارزیابی هر یک از اجزای مکانیکی از رابطه ۳-۲۴ محاسبه می‌شود.

$$Imsi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۲۴-۳)$$

که در این رابطه:

Imsi= نمره ارزیابی کیفی و مکانیکی هر یک از اجزای ایستگاه پمپاژ

NIf= تعداد عوامل منطبق با طراحی

NI= تعداد کل عوامل مورد بررسی

جدول ۳-۵- مشخصات فنی مکانیکی ایستگاه پمپاژ

نام اجزا	مشخصات فنی									نمره ارزیابی	ضریب اهمیت
	شرح کارایی	طول	قطر	نوع مکش	سوپاپ	فشارسنج	شیریک طرفه	شیرقطع و وصل	...		
لوله مکش و متعلقات	طراحی										۰/۴
	موجود										
	رد/ تایید										
لوله رانش و متعلقات	طراحی										۰/۴
	موجود										
	رد/ تایید										
کلکتور و متعلقات	طراحی										۰/۲
	موجود										
	رد/ تایید										

پس از تعیین نمره ارزیابی کیفیت مکانیکی هر یک از اجزاء ایستگاه پمپاژ و استفاده از ضرایب اهمیت وزنی همان اجزا (ستون آخر جدول ۳-۵)، شاخص ارزیابی کیفیت مکانیکی ایستگاه پمپاژ از رابطه ۳-۲۳ قابل محاسبه می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد ایستگاه‌های پمپاژ شبکه آبیای می‌باشد. تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی است.

- شاخص اتوماسیون

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت اتوماسیون ایستگاه پمپاژ موجود نسبت به اتوماسیون طراحی ایستگاه پمپاژ می‌باشد. این شاخص به صورت تعداد عوامل اتوماسیون موجود نسبت به تعداد عوامل اتوماسیون در نظر گرفته شده در طراحی تعریف می‌شود و با استفاده از رابطه ۳-۲۵ محاسبه می‌شود:

$$Iau = \frac{Nae}{Nad} \qquad (۲۵-۳)$$

که در این رابطه:

Iau= شاخص اتوماسیون

Nae= تعداد عوامل اتوماسیون موجود منطبق با طراحی در شبکه آبیاری

Nad= تعداد کل عوامل اتوماسیون در طراحی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مشخصات فنی هر یک از عوامل اتوماسیون موجود بررسی و با مشخصات فنی همان عامل در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور از جدول (۳-۶) استفاده می‌شود.

جدول ۳-۶- مشخصات فنی اتوماسیون ایستگاه پمپاژ

شرح کارایی	کنترل فشار	کنترل سطح آب	کنترل بده	PLC	کنترل دور(drive)	توضیحات
طراحی						
موجود						
رد/ تایید						

در این جدول هر یک از اجزاء اتوماسیون مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و چنانچه مشخصات آن با مشخصات طراحی انطباق داشته باشد علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. تعداد عواملی که علامت مثبت دریافت می‌کند برابر است باNae و تعداد کل عوامل برابر است با Nad در رابطه ۳-۲۵.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد کل عوامل اتوماسیون و تکرار آن نیز یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

- شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری بده تلمبه‌خانه

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده امکان تغییر بده خروجی ایستگاه نسبت به بده اسمی ایستگاه پمپاژ می‌باشد و به صورت نسبت حداقل دامنه تغییرات ممکن در بده ایستگاه پمپاژ به بده اسمی ایستگاه پمپاژ تعریف می‌شود. شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری بده از رابطه ۳-۲۶ محاسبه می‌شود:

$$Ifq = 1 - \frac{\Delta Q}{Qn} \qquad (۲۶-۳)$$

که در این رابطه:

Ifq= شاخص انعطاف‌پذیری بده ایستگاه پمپاژ

ΔQ= حداقل دامنه تغییرات ممکن در بده ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)

Qn= بده اسمی ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)

در برخی از ایستگاه‌های پمپاژ با توجه به تغییرات تقاضای مصرف آب در پایین‌دست ایستگاه پمپاژ، ضرورت تنظیم بده ایجاب می‌کند که انعطاف‌پذیری لازم در سیستم پیش‌بینی شود. در این‌گونه ایستگاه‌ها ابزارهایی مانند کنترل دور، جعبه دنده، الکتروموتورهای با دور متغیر و... نصب می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص حداقل گام‌های تنظیم بده ممکن ایستگاه پمپاژ اندازه‌گیری و با مقایسه آن و بده اسمی ایستگاه پمپاژ و استفاده از رابطه ۳-۲۶ شاخص انعطاف‌پذیری بده به دست می‌آید.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری ایستگاه پمپاژ به تعداد ایستگاه‌های پمپاژ و تعداد تکرار آن نیز یک مرتبه در طول دوره ارزیای است.

- شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری فشار تلمبه‌خانه

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده امکان تغییر فشار خروجی تلمبه‌خانه به فشار اسمی تلمبه‌خانه می‌باشد و به صورت نسبت حداقل گام‌های تغییرات فشار ایستگاه پمپاژ به فشار اسمی ایستگاه پمپاژ تعریف می‌شود. این شاخص با استفاده از رابطه ۳-۲۷ محاسبه می‌شود.

$$Ifp = 1 - \frac{\Delta P}{Pn} \qquad (۲۷-۳)$$

که در این رابطه:

Ifp=شاخص انعطاف‌پذیری فشار ایستگاه پمپاژ

ΔP= حداقل دامنه تغییرات ممکن فشار ایستگاه پمپاژ (متر)

Pn= فشار اسمی ایستگاه پمپاژ (متر)

همان‌گونه که به دلیل تغییرات تقاضای مصرف آب از ابزار خاصی برای انعطاف‌پذیری بده استفاده می‌شود برای تغییرات تقاضای فشار آب نیز می‌توان از ابزار خاصی برای انعطاف‌پذیری فشار استفاده کرد.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص حداقل گام‌های تنظیم فشار ایستگاه پمپاژ اندازه‌گیری و با مقایسه آن با فشار اسمی ایستگاه پمپاژ، شاخص انعطاف‌پذیری فشار به دست می‌آید.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری فشار ایستگاه پمپاژ، برابر تعداد ایستگاه‌های پمپاژ و تعداد تکرار آن نیز یک‌بار در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

ج- شاخص‌های ارزیابی مجاری انتقال و ابنیه فنی

در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، مجاری انتقال و ابنیه فنی، وظیفه انتقال آب از منبع اصلی تا ابتدای مزارع را بر عهده دارند. این مجاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و باید با توجه به شاخص‌های زیر ارزیابی و بررسی گردد.

- شاخص‌های کمیت کانال‌ها
- شاخص کیفیت کانال‌ها
- شاخص کمیت زهکش‌ها
- شاخص کیفیت زهکش‌ها
- شاخص کمیت لوله‌ها
- شاخص کیفیت لوله‌ها
- شاخص کمیت سازه‌ها
- شاخص کیفیت سازه‌ها

- شاخص ارزیابی کمیت کانال‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان توسعه کانال‌های موجود در شبکه می‌باشد و به صورت نسبت طول کل کانال‌های موجود با ظرفیت مشخص در شبکه در مقایسه با طول کل کانال‌های پیش‌بینی شده در طراحی می‌باشد و به صورت رابطه ۳-۲۸ تعریف و محاسبه می‌شود.

$$Inc = \frac{\sum_{i=1}^{n} Lcei}{\sum_{i=1}^{n} Lcpi} \qquad (۲۸-۳)$$

که در این رابطه:

Inc= شاخص کمیت کانال‌های آبیاری

Lcei= طول هر یک از کانال‌های ساخته شده با ظرفیت مشخص (متر)

Lcpi= طول هر یک از کانال‌های پیش‌بینی شده در طراحی (متر)

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص صرفنظر از کیفیت کانال‌های ساخته شده، طول کانال‌های موجود با ظرفیت مشخص اندازه‌گیری و با طول کانال‌های پیش‌بینی شده در طراحی مقایسه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید طول تمام کانال‌های شبکه آبیاری با ظرفیت مشخص پیمایش و اندازه‌گیری گردد. این اندازه‌گیری برای هر کانال یک‌بار در طول دوره ارزیابی کافی است.

- شاخص ارزیابی کیفیت کانال‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده کیفیت کانال‌های موجود در شبکه آبیاری است. این شاخص به صورت نسبت تعداد کانال‌های منطبق بر طراحی که برای کانال‌های با ظرفیت مشخص، جداگانه محاسبه می‌شود، به کل کانال‌های طرح تعریف می‌شود و با استفاده از رابطه ۳-۲۹ محاسبه می‌شود.

$$Iqc = \sum_{i=1}^{n} Iqci \times ci \qquad (۲۹-۳)$$

که در این رابطه:

Iqc= شاخص ارزیابی کیفیت کانال‌های آبیاری

Iqci= نمره ارزیابی هر کانال

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر کانال

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص مشخصات فنی هر یک از کانال‌های با ظرفیت مشخص موجود در شبکه، اندازه‌گیری و با مشخصات فنی همان کانال در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۷) بهره گرفت:

جدول ۳-۷- بررسی مشخصات فنی کانال‌ها

نام کانال	شرح	مشخصات فنی											نمره ارزیابی
		ظرفیت کانال	عرض کف	ارتفاع پوشش	ارتفاع کل	ماده پر کننده	شیب جانبی	شیب طولی	جنس پوشش	ضخامت پوشش	تمهیدات ژئوتکنیکی*	...	
۱	طراحی												
	موجود												
	رد/ تایید												
۲	طراحی												
	موجود												
	رد/ تایید												
.	طراحی												
.	موجود												
.	رد/ تایید												
N	طراحی												
	موجود												
	رد/ تایید												

*تمهیدات ژئوتکنیکی شامل تعویض خاک، فلیتر، ژئوتکستایل و... می‌باشد.

چنانچه مشخصات فنی هر یک از عوامل ارزیابی با مشخصات فنی همان عامل در طراحی یکسان باشد، علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. در پایان نمره ارزیابی هر کانال از رابطه ۳-۳۰ محاسبه می‌شود:

$$Iqci = \frac{NIf}{NI} \qquad (۳۰-۳)$$

که در این رابطه:

Iqci= نمره ارزیابی کیفیت هر کانال

NIf= تعداد عوامل منطبق با طراحی (نمره مثبت)

NI= تعداد کل عوامل مورد بررسی

ضریب اهمیت وزنی کانال‌ها تابعی از طول و ظرفیت کانال می‌باشد که از رابطه ۳-۳۱ محاسبه می‌شود.

$$ci = \frac{l_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^{n} IiQi} \qquad (۳۱-۳)$$

که در این رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر کانال

Li= طول هر کانال (متر)

Qi= ظرفیت هر کانال (مترمکعب بر ثانیه)

پس از تعیین نمره ارزیابی هر کانال و محاسبه ضریب اهمیت وزنی مربوط، شاخص ارزیابی کیفیت کانال‌ها از رابطه ۲۹-۷ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد کانال‌های آبیاری با ظرفیت مشخص موجود می‌باشد، بدین معنی که ارزیاب باید تمامی کانال‌های موجود را پیمایش کرده و شاخص ارزیابی را برای کل کانال‌ها محاسبه کند. تکرار ارزیابی یک مرتبه در طول دوره ارزیابی می‌باشد.

- شاخص کمیت زهکش‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده کمیت زهکش‌های موجود در شبکه از لحاظ طول می‌باشد و به صورت نسبت طول کل زهکش‌های موجود با ظرفیت‌های مشخص در شبکه در مقایسه با طول کل زهکش‌های پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود. شاخص کمیت زهکش‌ها از رابطه ۳-۳۲ محاسبه می‌شود:

$$Ind = \sum_{i=1}^{n} Ldei / \sum_{i=1}^{n} Ldpi \qquad (۳۲-۳)$$

که در این رابطه:

Ind= شاخص کمی زهکش‌ها

Ldei= طول هر یک از زهکش‌های ساخته شده (متر)

Ldpi= طول هر یک از زهکش‌های پیش‌بینی شده در طراحی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص صرفنظر از کیفیت زهکش‌های ساخته شده، طول زهکش‌های موجود با ظرفیت مشخص اندازه‌گیری و با طول زهکش‌های پیش‌بینی شده در طراحی مقایسه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص صرفنظر از کیفیت زهکش‌های موجود، طول آن‌ها با پیمایش اندازه‌گیری می‌شود. تعداد اندازه‌گیری برابر با تعداد زهکش‌ها با ظرفیت مشخص ولی تکرار آن یک مرتبه در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص کیفیت زهکش‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده شرایط فنی زهکش‌های موجود می‌باشد و به صورت نسبت تعداد زهکش‌ها منطبق بر طراحی که برای زهکش‌های با ظرفیت مشخص جداگانه محاسبه می‌شود، به تعداد کل زهکش‌های طرح می‌باشد. شاخص ارزیابی کیفیت زهکش‌ها به صورت رابطه ۳-۳۳ محاسبه می‌شود.

$$Iqd = \sum_{i=1}^{n} Iqdi \times ci \qquad (۳۳-۳)$$

که در این رابطه:

Iqd= شاخص ارزیابی کیفیت زهکش‌ها

Iqdi= نمره ارزیابی کیفیت زهکش‌ها

Ci= ضریب اهمیت وزنی زهکش‌ها

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مشخصات فنی هر یک از زهکش‌های موجود با ظرفیت مشخص، در شبکه اندازه‌گیری و با مشخصات فنی همان زهکش در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۸) بهره گرفت:

جدول ۳-۸- مشخصات فنی زهکش‌ها

نام زهکش	شرح	مشخصات فنی						نمره ارزیابی
		ظرفیت زهکش	عرض کف	ارتفاع زهکش	شیب جانبی	شیب طولی	...	
۱	طراحی							
	موجود							
	رد/ تایید							
۲	طراحی							
	موجود							
	رد/ تایید							
.	طراحی							
.	موجود							
.	رد/ تایید							
N	طراحی							
	موجود							
	رد/ تایید							

چنانچه مشخصات فنی هر یک از عوامل مورد ارزیابی با مشخصات فنی همان عامل در طراحی منطبق باشد، علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند در پایان نمره ارزیابی هر زهکش از رابطه ۳-۳۴ محاسبه می‌شود:

$$Iqdi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۳۴-۳)$$

که در این رابطه:

Iqdi= نمره ارزیابی کیفیت هر زهکش با ظرفیت مشخص

NIf= تعداد عوامل منطبق با طراحی (علامت مثبت)

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

ضریب اهمیت وزنی زهکش‌ها نیز تابعی از طول و ظرفیت زهکش‌ها می‌باشد و به صورت رابطه ۳-۳۵ محاسبه می‌شود.

$$ci = \frac{l_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^{n} IiQi} \qquad (۳۵-۳)$$

که در این رابطه:

Qi= ظرفیت هر زهکش (مترمکعب در ثانیه)

Li= طول هر زهکش (متر)

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر زهکش

پس از تعیین نمره ارزیابی کیفیت هر زهکش و محاسبه ضریب اهمیت وزنی مربوط، شاخص ارزیابی کیفیت زهکش‌ها از رابطه ۳-۳۱ قابل محاسبه می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد کل زهکش‌های شبکه آبیاری و زهکشی می‌باشد بدین معنی که باید کل زهکش‌های موجود با ظرفیت مشخص پیمایش و مورد ارزیابی قرار گیرند، ولی تکرار اندازه یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص کمیت لوله‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت متراژ لوله‌های احداث شده در شبکه آبیاری می‌باشد و به صورت نسبت طول کل لوله‌های موجودبا ظرفیت مشخص در شبکه در مقایسه با طول کل لوله‌های پیش‌بینی شده در طراحی با همان ظرفیت تعریف می‌شود. شاخص کمی لوله‌ها از رابطه (۳-۳۶) محاسبه می‌شود.

$$Inp=\sum_{i=1}^{n} Lpei \,/\, \sum_{i=1}^{n} Lppi \qquad (۳۶-۳)$$

که در این رابطه:

Inp= شاخص کمیت لوله‌ها

Lpei= طول هر یک از لوله‌های موجود با ظرفیت مشخص (متر)

Lppi= طول هر یک از لوله‌های پیش‌بینی شده با همان ظرفیت مشخص در طراحی (متر)

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص صرفنظر از کیفیت لوله‌های اجرا شده، طول کل لوله‌های موجود با ظرفیت مشخص اندازه‌گیری و با طول لوله‌های پیش‌بینی شده در طراحی مقایسه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید طول کل لوله‌های موجود با ظرفیت مشخص در شبکه پیمایش و اندازه‌گیری شود. بنابراین تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد لوله‌های موجود با ظرفیت مشخص در شبکه و تکرار آن یک مرتبه در طول کل دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

- شاخص کیفیت لوله‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده شرایط و چگونگی وضعیت فنی لوله‌های موجود در شبکه می‌باشد و به صورت نسبت لوله‌های با ظرفیت مشخص منطبق بر طراحی به تعداد کل لوله‌های طرح با همان ظرفیت تعریف می‌شود. این شاخص با استفاده از رابطه ۳-۳۷ محاسبه می‌شود.

$$Iqp = \sum_{i=1}^{n} Iqpi*ci \qquad (۳۷-۳)$$

که در این رابطه:

Iqp= شاخص ارزیابی کیفیت لوله‌ها

Iqpi= شاخص ارزیابی کیفیت هر لوله با ظرفیت مشخص

ci= ضریب اهمیت وزنی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مشخصات فنی هر یک از لوله‌های موجود در شبکه با ظرفیت مشخص اندازه‌گیری و با مشخصات فنی همان لوله در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۹) بهره گرفت. چنانچه مشخصات فنی هر یک از عوامل مورد ارزیابی با مشخصات فنی همان عامل در طراحی یکسان باشد، در جدول ذکر شده در بالا علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. پس ارزیابی کلیه عوامل، نمره ارزیابی کیفیت هر یک از لوله‌ها از رابطه ۳-۳۸ محاسبه می‌شود:

$$Iqpi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۳۸-۳)$$

که در این رابطه:

Iqpi= شاخص ارزیابی کیفیت هر یک از لوله‌ها با ظرفیت مشخص

NIf= تعداد عوامل کیفیت منطبق بر طراحی (علامت مثبت)

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

جدول ۳-۹- مشخصات فنی لوله‌ها

نام لوله	شرح	مشخصات فنی								نمره ارزیابی
		ظرفیت لوله	جنس لوله	قطر لوله	ضخامت لوله	کلاس لوله	پوشش داخلی	پوشش خارجی	...	
۱	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									
۲	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									
.	طراحی									
.	موجود									
.	رد/ تایید									
N	طراحی									
	موجود									
	رد/ تایید									

ضریب اهمیت وزنی لوله‌ها نیز تابعی از طول و ظرفیت لوله‌ها می‌باشد و به صورت رابطه ۳-۳۹ محاسبه می‌شود.

$$ci = \frac{li \times Qi}{\sum_{i=1}^{n} Ii \times Qi} \qquad (۳۹-۳)$$

که در این رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از لوله‌ها با ظرفیت مشخص

Li= طول هر لوله با ظرفیت مشخص (متر)

Qi= ظرفیت هر لوله (لیتر بر ثانیه)

پس از تعیین نمره ارزیابی کیفیت هر لوله و محاسبه ضریب اهمیت وزنی مربوط، شاخص ارزیابی کیفیت لوله‌ها از رابطه ۳-۳۷ قابل محاسبه می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد کل لوله‌های طرح با ظرفیت مشخص می‌باشد و تکرار آن نیز یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص کمیت سازه‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده تعداد سازه‌های ساخته شده در شبکه آبیاری می‌باشد و به صورت نسبت تعداد کل سازه‌های موجود در شبکه در مقایسه با تعداد کل سازه‌های پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود. شاخص کمیت سازه‌ها از رابطه ۳-۴۰ محاسبه می‌شود:

$$Ins = \frac{\sum_{i=1}^{n} Nesi \times ci}{\sum_{i=1}^{n} Npsi \times ci} \qquad (۴۰-۳)$$

که در این رابطه:

Ins= شاخص ارزیابی کمیت سازه‌ها

Nesi= تعداد سازه‌های موجود (برای نوع مشخص سازه)

Npsi= تعداد سازه پیش‌بینی شده در طراحی (برای نوع مشخص سازه)

Ci= ضریب اهمیت وزنی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، صرفنظر از کیفیت سازه‌های ساخته شده، تعداد کل سازه‌های موجود شمارش شده و با تعداد سازه‌های پیش‌بینی شده در طراحی مقایسه می‌شود.

ضریب اهمیت وزنی هر یک از انواع سازه‌ها نیز به روش AHP تعیین می‌شود. با شمارش تعداد سازه‌های ساخته شده و پیش‌بینی شده و تعیین ضریب اهمیت وزنی آن‌ها، شاخص ارزیابی کمیت سازه‌ها از رابطه ۳-۳۸ قابل محاسبه است.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد کل سازه‌های پیش‌بینی شده در طراحی است و برای محاسبه آن باید کل سازه‌های طرح بررسی و شمارش شود. تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص کیفیت سازه‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت کیفیت سازه‌های موجود در شبکه می‌باشد و به صورت نسبت تعداد سازه‌های منطبق بر طراحی به تعداد کل سازه‌های طرح تعریف می‌شود. این شاخص از رابطه ۳-۴۱ محاسبه می‌شود:

$$Iqs = \sum_{i=1}^{n} Iqsi \times ci \qquad (۴۱-۳)$$

که در این رابطه:

Iqs= شاخص ارزیابی کیفیت سازه‌ها

Iqsi= شاخص ارزیابی کیفیت هر سازه

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر سازه

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مشخصات فنی هر یک از سازه‌های موجود در شبکه اندازه‌گیری و با مشخصات فنی همان سازه در طراحی مقایسه می‌شود. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۱۰) بهره گرفت.

جدول ۳-۱۰- مشخصات فنی سازه‌ها

نام سازه	مشخصات فنی								نمره ارزیابی
	شرح	طول	عرض	ارتفاع	ضخامت بتن	وزن میلگرد	تجهیزات جانبی*	...	
۱	طراحی								
	موجود								
	رد/ تایید								
۲	طراحی								
	موجود								
	رد/ تایید								
.	طراحی								
.	موجود								
.	رد/ تایید								
N	طراحی								
	موجود								
	رد/ تایید								

*تجهیزات جانبی شامل، دریچه‌ها، تیرک های آب بند، آشغالگیر، پل آدم رو، پلکان، نرده حفاظتی، فرمان و جعبه دنده می‌باشد.

در این جدول چنانچه هر یک از عوامل فنی با مشخصات فنی همان عامل در طراحی یکسان باشد علامت مثبت و در غیر این صورت علامت منفی دریافت می‌کند. در نهایت نمره ارزیابی هر سازه از رابطه ۳-۴۲ محاسبه می‌شود:

$$Iqsi = NIf / NI \qquad (۴۲-۳)$$

که در این رابطه:

Iqsi= نمره ارزیابی کیفیت هر سازه

NIf= تعداد عوامل منطبق با طراحی (دارای علامت مثبت)

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

ضریب اهمیت وزنی سازه‌ها با توجه به اهمیت آن‌ها به روش AHP اندازه‌گیری می‌شود. پس از محاسبه نمره ارزیابی کیفیت هر یک از سازه‌ها و تعیین ضریب اهمیت وزنی مربوط، شاخص ارزیابی کیفیت کلی سازه‌ها از رابطه۳-۴۱ قابل محاسبه می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد سازه‌های طرح می‌باشد و تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

۳-۲-۲- شاخص‌های ارزیابی عمکرد مدیریتی

یکی دیگر از دیدگاه‌های مهم ارزیابی شبکه‌های تحت‌فشار و کم فشار آبیاری و زهکشی، دیدگاه مدیریتی است. از این دیدگاه، زمینه‌هایی چون بهره‌برداری، نگهداری و مدیریت شبکه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این دیدگاه نیز زمینه‌های کیفی و کمی مختلفی قابل بررسی و ارزیابی می‌باشد که به شرح زیر ارائه می‌شود.

۳-۲-۲-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد مدیریتی

زمینه‌های ارزیابی کیفی عملکرد مدیریتی موارد زیر را پوشش می‌دهد:

الف- اهداف مدیریتی

ب- مطلوبیت روش بهره‌برداری و نگهداری

کارشناس با تجربه و خبره با تجزیه و تحلیل تمامی اطلاعات به دست آمده و مقایسه با مقادیر طراحی مربوط، اقدام به امتیازدهی این شاخص می‌نمایند. بر این اساس شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد مدیریتی می‌تواند در مجموع مطلوب، نسبتا مطلوب، متوسط و دور از انتظار (ضعیف) تخمین زده شود.

شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد مدیریتی به شرح زیرمعرفی می‌شوند:

الف - شاخص ارزیابی اهداف مدیریتی

در این مرحله نیاز است تا هدف‌گذاری‌های مدیریتی اولیه با وضعیت مدیریتی فعلی سامانه آبیاری توسط کارشناس خبره مقایسه گردند. برای این منظور دو مورد به شرح زیر مورد بررسی و مقایسه قرار خواهد گرفت:

- اهداف مدیریتی مورد نظر از شبکه
- ساختار و سازمان مدیریتی، بهره‌برداری، و نگه‌داری شبکه

ب- شاخص ارزیابی مطلوبیت روش بهره‌برداری و نگهداری

وضعیت حال حاضر بهره‌برداری و نگهداری سامانه بایدتوسط کارشناس خبره و با بررسی آمار و اطلاعات ثبت شده، مشاهدات میدانی، مصاحبه با مدیران و ذی‌نفعان سامانه و نیز پرس و جوهای محلی تخمین زده شود. برای این منظور موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- میزان تحقق اهداف مدیریتی پس از احداث شبکه با توجه به پیاده‌سازی روش‌های مدیریتی، بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه
- میزان بهبود سازماندهی امور مشترکین و نحوه ارتباط با مشترکین و رسیدگی به شکایات
- بررسی وضعیت حال حاضر برنامه‌های تحویل و توزیع آب و اثر آن در تسریع فرآیندهای زمان‌بندی درخواست و دریافت آب در مقایسه با شرایط پیش از اجرای شبکه
- بررسی میزان پیشرفت در فرآیندهای تنظیم جریان ورودی و خروجی و تقسیم آن پس از اجرای طرح
- بررسی میزان وضعیت های بازرسی از اجزای سامانه بر اساس هدف‌گذاری‌های اولیه
- نوع و میزان انرژی مصرفی در شرایط کنونی در مقایسه با شرایط پیش از اجرای شبکه

۳-۲-۲-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد مدیریتی

در این قسمت تعاریف و روش‌های اندازه‌گیری شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد مدیریتی به شرح زیر آمده است:

الف- شاخص‌های ارزیابی بهره‌برداری

ب- شاخص‌های ارزیابی نگهداری

ج- شاخص‌های ارزیابی مدیریت شبکه

الف- شاخص‌های ارزیابی بهره‌برداری

در زمینه بهره‌برداری شاخص‌هایی همچون راندمان‌های انتقال آب و کفایت تحویل آب در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

تعاریف، دامنه کاربرد، روش‌های اندازه‌گیری و بسامد اندازه‌گیری هر یک از این شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص راندمان انتقال آب

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت تلفات در شکبه اصلی آبیاری می‌باشد. هر چه این شاخص به یک نزدیک تر باشد، میزان تلفات در شبکه انتقال کم‌تر و بر عکس هر چه این شاخص کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده میزان

تلفات بیش‌تر است. این شاخص به صورت نسبت مجموع آب تحویل شده به آبگیرهای مزارع به آب تحویل شده به شبکه آبیاری بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۴۳ تعریف می‌شود.

$$Ec = \frac{Vd}{Vc} \qquad (۴۳-۳)$$

در این رابطه:

Ec= راندمان انتقال آب (بدون بعد)

Vd= حجم آب تحویل شده به آبگیرهای مزارع (مترمکعب)

Vc= حجم آب تحویل شده به شبکه آبیاری (مترمکعب)

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص حجم آب وارد شده به شبکه، اندازه‌گیری، و در محل خروجی آبگیرها نیز آب تحویل شده به آبگیرها اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور باید از ابزار مناسب برای اندازه‌گیری حجم آب استفاده کرد. چنانچه شبکه از نوع لوله و به صورت تحت‌فشار باشد، برای اندازه‌گیری حجم آب می‌توان از انواع جریان‌سنج‌های موجود مانند جریان‌سنج‌های توربینی، مغناطیسی و آلتراسونیک استفاده کرد و چنانچه شبکه از نوع کانال‌های باز و به صورت ثقلی باشدمی‌توان از وسایلی همچون پارشال فلوم، سرریز، روزنه، و مولینه برای اندازه‌گیری حجم آب استفاده کرد.

بسامد اندازه‌گیری: بازه‌های زمانی و تواتر اندازه‌گیری حجم آب می‌تواند متناسب با نوع شبکه، دوره های تحویل آب، تعداد آبگیرهایی که هم‌زمان آبیاری می‌کند، انتخاب گردد.

برای سهولت کار می‌توان اندازه‌گیری‌ها را به تفکیک برای شاخه‌های اصلی، درجه یک و درجه دو برنامه‌ریزی و انجام داد. چنانچه آبگیرهای طرح به طور هم‌زمان آبگیری نشوند، باید هر دسته از آبگیرها به طور جداگانه ارزیابی شده و نتیجه‌گیری کلی براساس ارزیابی کلی آبگیرها انجام شود.

- شاخص کفایت حجم تحویل آب

تعریف و کاربرد: شاخص کفایت حجم تحویل آب نشان‌دهنده میزان کفایت حجم آب تحویل شده به مزارع می‌باشد و به صورت حجم آب تحویل شده به مزرعه نسبت به حجم آب مورد نیاز در مزرعه در دوره آبیاری بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۴۴ تعریف می‌شود:

$$Ai = \frac{Vf}{Vreq} \qquad (۴۴-۳)$$

که در این رابطه:

Ai= شاخص کفایت حجم تحویل آبیاری (بدون بعد)

Vf= حجم آب تحویل شده به مزرعه (مترمکعب)

Vreq= حجم آب مورد نیاز مزرعه (مترمکعب)

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، حجم آب تحویل شده به مزرعه در محل آبگیر مزرعه توسط ابزار مناسب اندازه‌گیری آب (مشابه ابزار اشاره شده در شاخص راندمان انتقال) اندازه‌گیری می‌شود. حجم آب مورد نیاز مزرعه نیز توسط مدل های محاسبه آب مورد نیاز گیاه برآورد می‌شود.

در صورت توافق کارفرما و مشاور استفاده از نتایج سند ملی آب برای محاسبه حجم آب مورد نیاز مزرعه آبیاری نیز قابل قبول می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: دوره زمانی اندازه‌گیری این شاخص یک فصل کامل آبیاری است و بسامد اندازه‌گیری در این دوره نیز هر نوبت آبیاری است.

ب- شاخص‌های ارزیابی نگهداری

در زمینه نگهداری از شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، شاخص‌های زیر قابل طرح و اندازه‌گیری می‌باشد:

- شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات
- شاخص نگهداری پمپ‌ها و الکتروموتورها
- شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی
- شاخص نگهداری کانال‌ها
- شاخص نگهداری ابنیه فنی
- شاخص نگهداری جاده سرویس
- شاخص نگهداری ماشین‌آلات
- شاخص نگهداری لوله‌ها

تعاریف، دامنه کاربرد و روش‌های اندازه‌گیری این شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات

تعریف و کاربرد: شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات، نشان‌دهنده کیفیت نگهداری از تجهیزات و شیرآلات در شبکه آبیاریمی‌باشد و به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی تجهیزات و شیرآلات در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل تجهیزات و شیرآلات بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۴۵ تعریف می‌شود:

$$Ime = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{\wedge} Imei * Ci \qquad (۴۵-۳)$$

که در این رابطه:

Ime= شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات

Imei= نمره ارزیابی نگهداری هر یک از تجهیزات و شیرآلات

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از تجهیزات و شیرآلات

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، ابتدا وضعیت هر یک از تجهیزات و شیرها به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و نمره ارزیابی نگهداری آن‌ها با توجه به جدول (۳-۱۱) محاسبه می‌شود. در این جدول ابتدا هر یک از عوامل مورد ارزیابی با نمره مثبت یا منفی مشخص شده و سپس نمره ارزیابی هر شیر و یا تجهیزات از رابطه ۳-۴۶ محاسبه می‌شود:

$$I_{mei} = \frac{NI_f}{NI} \qquad (۴۶-۳)$$

که در این رابطه:

Imei= نمره ارزیابی نگهداری هر یک از شیرآلات و تجهیزات

NIf= تعداد عوامل مورد ارزیابی در وضعیت مطلوب (نمره مثبت)

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

ضریب اهمیت وزنی شیرآلات و تجهیزات با توجه به تنوع آن‌ها و اهمیت آن‌ها با استفاده از روش AHP تعیین می‌شود. پس از تعیین نمره ارزیابی و ضریب اهمیت وزنی، شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات از رابطه ۳-۴۵ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: بسامد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت ارزیابی در طول دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

جدول ۳-۱۱- راهنمای ارزیابی نگهداری شیرآلات و تجهیزات

نوع شیر	عوامل مورد ارزیابی*						نمره ارزیابی
	نشت از شیر	سهولت باز و بسته شدن	کامل بودن باز و بسته شدن	لرزش	زنگ زدگی	گرفتگی مدار فرمان (پایلوت)	
شیرقطع و وصل						---	
شیرتخلیه هوا						---	
شیرکنترل فشار							
شیر تخلیه فشار							
شیرکنترل بده							
شیرتخلیه آب							
شیرتخلیه فشار							
مخزن ضربه گیر							
شیر یک طرفه							
بده سنج							

* چنانچه وضعیت هر یک از عوامل مورد ارزیابی به نحوی باشد که امکان استفاده موثر از تجهیزات و شیرآلات را فراهم نکند، نمره ارزیابی نگهداری آن تجهیزات و شیرآلات صفر می‌باشد.

- شاخص نگهداری پمپ‌ها و الکتروموتورها

تعریف و کاربرد: شاخص نگهداری پمپ‌ها و الکتروموتورها، نشان‌دهنده کیفیت نگهداری از پمپ‌ها یا الکتروموتورها در شبکه آبیاری می‌باشد و به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی پمپ‌ها (یا الکتروموتورهای) در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل پمپ‌ها (یا الکترو موتورها) بیان می‌شود.

این شاخص به صورت رابطه ۳-۴۷ تعریف می‌شود:

$$Imp = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{i} Impi \times Ci \qquad (۴۷-۳)$$

که در این رابطه:

Imp= شاخص نگهداری پمپ‌ها یا الکتروموتورها

Impi= نمره ارزیابی هر یک از پمپ‌ها یا الکتروموتورها

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از پمپ‌ها یا الکتروموتورها

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص ابتدا هر یک از پمپ‌ها یا الکتروموتورها باید به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرند. برای این منظور می‌توان از جدول‌های (۳-۱۲) و (۳-۱۳) به عنوان راهنمای ارزیابی استفاده کرد.

در این جدول ابتدا هر یک از عوامل مورد ارزیابی بسته به قبول یا رد کیفیت نگهداری با علامت مثبت یا منفی مشخص می‌شود و نمره ارزیابی هر پمپ و الکتروموتور از رابطه ۳-۴۸ محاسبه می‌شود:

$$Impi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۴۸-۳)$$

که در این رابطه:

I_{mpi} = نمره ارزیابی نگهداری هر یک از پمپ‌ها و یا الکتروموتورها

NI_f= تعداد عوامل مورد ارزیابی در وضعیت مطلوب (علامت مثبت)

NI=تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

ضریب اهمیت وزنی هر یک از پمپ‌ها متناسب با ظرفیت و فشار کارکرد پمپ و از رابطه ۳-۴۹ محاسبه می‌شود:

$$C_{ip} = \frac{Qi * Hi}{\sum_{i=1}^{n} Qi * Hi} \qquad (۴۹-۳)$$

که در این رابطه:

Cip= ضریب اهمیت وزنی پمپ

Qi= بده پمپ (لیتر بر ثانیه)

Hi= فشار کارکرد پمپ (متر)

ضریب اهمیت وزنی هر یک از الکتروموتورها نیز بستگی به توان الکتروموتور داشته و از رابطه ۳-۵۰ محاسبه می‌شود.

$$C_{im} = \frac{Pi}{\sum_{i=1}^{n} Pi} \qquad (۵۰-۳)$$

که در این رابطه:

Cim= ضریب اهمیت وزنی الکتروموتورها

Pi= توان الکتروموتور(کیلووات)

جدول ۳-۱۲- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری پمپ‌ها

شماره پمپ	عوامل مورد ارزیابی					نمره ارزیابی
	نشت از پمپ	لرزش پمپ	زنگ زدگی پمپ	حفرگی	سایر ملاحظات	
۱						
۲						
.						
.						
.						
N						

جدول ۳-۱۳- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری الکتروموتورها

شماره الکتروموتور	عوامل مورد ارزیابی				نمره ارزیابی
	صدای الکترو موتور	لرزش الکترو موتور	حرارت الکترو موتور	سایر ملاحظات	
۱					
۲					
.					
.					
.					
N					

پس از تعیین نمره ارزیابی نگهداری و ضریب اهمیت وزنی هر یک از پمپ‌ها یا الکتروموتورها، شاخص نگهداری پمپ‌ها و یا الکتروموتورها از رابطه۳-۴۷ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: بسامد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت ارزیابی در طول دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

- شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی

تعریف و کاربرد: شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی نشان‌دهنده شرایط نگهداری و مراقبت از تجهیزات کنترل مرکزی می‌باشد و به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۵۱ تعریف می‌شود:

$$Imh = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{i} Imhi \times Ci \qquad (۵۱-۳)$$

که در این رابطه:

Imh= شاخص نگهداری کنترل مرکزی

Imhi= نمره ارزیابی هر یک از تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی

Ci= ضریب اهمیت وزنی تجهیزات کنترل مرکزی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص نخست باید هر یک از تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۱۴) به عنوان راهنمای ارزیابی استفاده کرد.

جدول ۳-۱۴- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی

نوع تجهیزات	عوامل مورد ارزیابی*							نمره ارزیابی	ضریب اهمیت وزنی
	نشت از تجهیزات	زنگ زدگی	گرفتگی توری	سوراخ بودن توری	به هم ریختگی شن	کم بودن شن	سهولت باز و بسته شدن		
هیدروسیکلون	--	--	--	--	--	--	--		۱۶
صافی شنی					--	--	--		۲۴
صافی توری			--	--			--		۲۰
صافی دیسکی			--	--	--	--	--		۲۰
تانک کود	--	--	--	--	--	--	--		۱۰
شیرآلات	--	--	--	--	--	--	--		۸
لوله کشی	--	--	--	--	--	--	--		۲

* چنانچه وضعیت هر یک از عوامل مورد ارزیای به نحوی باشد که عملکرد ایستگاه را مختل کند، نمره ارزیابی کل ایستگاه صفر خواهد بود.

در این جدول برای ارزیابی هر یک از تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی، عوامل مورد نظر بررسی شده و بسته به شرایط نگهداری نمره مثبت و منفی دریافت می‌کنند. گفتنی است ضرایب اهمیت وزنی ارائه شده در جدول (۳-۱۴)، پیشنهادی است و بسته به نوع و وسعت شبکه‌ها و ضرورت نیاز به هر یک از تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی می‌توان ضرایب وزنی را به طور مناسب جایگزین نمود به طوری که جمع کلی ضرایب برابر ۱۰۰ باشد.

سپس نمره ارزیابی تجهیزات مورد نظر از رابطه ۳-۵۲ محاسبه می‌شود:

$$Imhi = \frac{NIf}{NI} \qquad (۵۲-۳)$$

که در این رابطه:

Imhi= نمره ارزیابی نگهداری هر یک از تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی

NIf= تعداد عوامل مورد ارزیابی در وضعیت مطلوب (نمره مثبت) برای هر یک از تجهیزات

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی برای هر یک از تجهیزات

ضریب اهمیت وزنی هر یک از تجهیزات کنترل مرکزی نیز از ستون آخر جدول (۳-۱۴) قابل محاسبه می‌باشد. پس از تعیین نمره ارزیابی نگهداری هر یک از تجهیزات ایستگاه کنترل مرکزی و ضریب اهمیت وزنی مربوطه، شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی از رابطه ۳-۵۱ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص، یک‌بار در طول دوره ارزیابی شبکه آبیاری می‌باشد.

- شاخص نگهداری کانال‌ها

شاخص نگهداری کانال‌ها نشان‌دهنده شرایط نگهداری و مراقبت از کانال‌های آبیاری می‌باشد و به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی کانال‌ها در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل کانال‌ها بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۵۳ تعریف می‌شود:

$$Imc = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{i} Imci \times ci \qquad (۵۳-۳)$$

که در این رابطه:

Imc= شاخص نگهداری کانال‌های آبیاری

Imci= نمره ارزیابی هر یک از کانال‌های آبیاری

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر یک از کانال‌ها

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص نخست باید هر یک از کانال‌های آبیاری به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۱۵) به عنوان راهنما استفاده کرد.

جدول ۳-۱۵- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری کانال‌های آبیاری

نام کانال‌ها	عوامل مورد ارزیابی							نمره ارزیابی
	درزو ترک	رسوبات	علف هرز	نشت	تخریب خاکریز	فرسایش کف و دیواره	کیفیت مواد پر کننده درزهای انبساط	
۱								
۲								
. .								
n								

در این جدول برای ارزیابی هر یک از کانال‌های آبیاری، عوامل مورد نظر بررسی شده و بسته به شرایط نگهداری، نمره مثبت یا منفی دریافت می‌کنند. سپس نمره ارزیابی شاخص نگهداری کانال‌ها از رابطه ۳-۵۴ محاسبه می‌شود:

$$Imci = \frac{NIf}{NI} \qquad (۵۴-۳)$$

که در این رابطه:

Imci= نمره ارزیابی هر یک از کانال‌های آبیاری

NIf= تعداد عوامل مورد ارزیابی در وضعیت مطلوب (نمره مثبت) برای هر یک از کانال‌ها

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی برای هر یک از کانال‌ها

ضریب اهمیت وزنی هر یک از کانال‌ها بستگی به طول و ظرفیت کانال‌ها دارد و از رابطه ۳-۵۵ محاسبه می‌شود:

$$Ci = \frac{Li \times Qi}{\sum_{i=1}^{n} LiQi} \qquad (۵۵-۳)$$

که در این رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر کانال

Li= طول هر کانال (متر)

Qi= ظرفیت هر کانال (مترمکعب بر ثانیه)

پس از تعیین نمره ارزیابی و ضریب اهمیت وزنی هر کانال، شاخص نگهداری کانال‌های آبیاری از رابطه ۳-۵۳ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: برای ارزیابی این شاخص باید تمامی کانال‌های موجود د ر شبکه پیمایش شده و مورد ارزیابی قرار گیرد. تعداد ارزیابی نیز یک بار در طول دوره ارزیابی می‌باشد.

- شاخص نگهداری ابنیه فنی

تعریف و کاربرد: شاخص نگهداری ابنیه فنی نشان‌دهنده شرایط نگهداری و مراقبت از ابنیه فنی شبکه آبیاری بوده و به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی ابنیه فنی در شرایط مطلوب به تعداد کل عوامل ابنیه فنی بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۵۶ تعریف می‌شود:

$$Ims = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_{msi} \times Ci \qquad (۵۶-۳)$$

که در این رابطه:

Ims= شاخص نگهداری از ابنیه فنی

Imsi= نمره ارزیابی هر یک از ابنیه فنی

Ci= ضریب اهمیت وزنی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، نخست باید هر یک از ابنیه فنی به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۱۶) به عنوان راهنما استفاده کرد:

جدول ۳-۱۶- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری از ابنیه فنی*

نام ابنیه فنی	شکستگی اجزاء	درز و ترک	نشت از سازه	نشست سازه	رسوبگذاری	وضعیت مانور دریچه‌ها	وضعیت زنگ زدگی دریچه‌ها	وضعیت حفاظ ایمنی	جان پناه	سایر ملاحظات	نمره ارزیابی
مخزن											
سیفون											
کالورت											
آبگیر											
آب بند											
فلوم											
پل											
روگذر											
حوضچه شیرآلات											
چپ آب											
آبشار											
انرژی‌گیر											

*چنانچه وضعیت هر یک از عوامل مورد ارزیابی به نحوی باشد که امکان کارکرد موثر سازه و ابنیه فراهم نشود، نمره ارزیابی نگهداری سازه صفر می‌شود.

در این جدول برای ارزیابی هر یک از ابنیه فنی، عوامل مورد نظر بررسی شده و بسته به شرایط نگهداری نمره مثبت یا منفی دریافت می‌کند سپس نمره ارزیابی شاخص نگهداری ابنیه فنی از رابطه ۳-۵۷ محاسبه می‌شود.

$$Imsi = \frac{NIF}{Nt} \qquad (۵۷-۳)$$

که در این رابطه:

I_{msi} = نمره ارزیابی هر یک ابنیه فنی

NI_f = تعداد عوامل مورد ارزیابی در وضعیت مطلوب (نمره مثبت) برای هر یک از ابنیه

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی برای هر یک از ابنیه

ضریب اهمیت وزنی ابنیه فنی شبکه آبیاری با توجه به تنوع و اهمیت آن‌ها با استفاده از روش AHP تعیین می‌شود پس از تعیین نمره ارزیابی و ضریب اهمیت وزنی هر یک از ابنیه‌های فنی شاخص نگهداری از ابنیه فنی از رابطه ۳-۵۶ تعیین می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: برای ارزیابی این شاخص بایستی تمامی سازه‌ها و ابنیه فنی یک‌بار در طول دوره ارزیابی مورد بررسی قرار گیرند.

- شاخص نگهداری جاده‌های سرویس

تعریف و کاربرد: این شاخص، نشان‌دهنده شرایط و وضعیت نگهداری از جاده‌های سرویس و نگهداری در شبکه آبیاری می‌باشد و به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی جاده‌ها در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل جاده‌های سرویس بیان می‌شود. این شاخص از رابطه ۳-۵۸ محاسبه می‌شود:

$$Imr = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{A} Imri \times ci \qquad (۵۸-۳)$$

که در این رابطه:

Imr= شاخص نگهداری جاده‌های سرویس

Imri= نمره ارزیابی هر یک از جاده‌های سرویس

Ci= ضریب اهمیت وزنی جاده‌های سرویس

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، نخست باید هر یک از جاده‌های سرویس به طور جداگانه بررسی شود. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۱۷) به عنوان راهنما استفاده کرد.

جدول ۳-۱۷- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری جاده‌های سرویس

نام جاده	عوامل مورد ارزیابی								نمره ارزیابی
	وضعیت شانه خاکی	وضعیت روسازی	وضعیت خاکریز	وضعیت آبروها	وضعیت ابنیه	وضعیت علائم راهنمایی	وضعیت حفاظت و ایمنی	سایر ملاحظات	
۱									
۲									
.									
.									
n									

در این جدول برای ارزیابی هر یک از جاده های سرویس، عوامل مورد نظر به طور جداگانه بررسی شده و بسته به شرایط نگهداری نمره مثبت یا منفی داده می‌شود سپس نمره ارزیابی هر جاده از رابطه ۳-۵۹ محاسبه می‌شود:

$$Imri = \frac{NI_f}{Nt} \qquad (۵۹-۳)$$

که در این رابطه:

Imri= نمره ارزیابی نگهداری هر یک از جاده‌های سرویس

NIf= تعداد عوامل مورد ارزیابی در وضعیت مطلوب (نمره مثبت) برای هر جاده

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی برای هر جاده

ضریب اهمیت وزنی جاده‌های سرویس تابع طول و اهمیت هر جاده می‌باشد و از رابطه ۳-۶۰ محاسبه می‌شود:

$$Ci = \frac{li \times Ni}{\sum_i^n li \times Ni} \qquad (۶۰-۳)$$

که دراین رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی هر جاده

Li= طول هر جاده سرویس (متر)

Ni= درجه کانال یا مجرای مجاور جاده

با تعیین نمره ارزیابی و ضریب اهمیت وزنی جاده‌های سرویس، شاخص نگهداری از جاده‌های سرویس از رابطه ۳-۵۸ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص باید برای تمام جاده‌ها و یک‌بار در طول دور ارزیابی مورد بررسی قرار گیرد.

- شاخص نگهداری ماشین‌آلات

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده شرایط نگهداری و مراقبت از ماشین‌آلات واحد بهره‌بردار شبکه آبیاری می‌باشد. این شاخص به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی ماشین‌آلات در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل ماشین‌آلات بیان می‌شود و به صورت رابطه ۳-۶۱ تعریف می‌شود.

$$I_{mm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_{mmi \times Ci} \qquad (۶۱-۳)$$

که در این رابطه:

I_{mm}= شاخص نگهداری ماشین‌آلات

I_{mmi}= نمره ارزیابی نگهداری هر یک از ماشین‌آلات

Ci= ضریب اهمیت وزنی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، نخست باید وضعیت هر یک از ماشین‌آلات به طور جداگانه بررسی شده و نمره ارزیابی نگهداری آن‌ها محاسبه شود. برای این منظور از جدول (۳-۱۸) می‌توان بهره گرفت. در این جدول برای ارزیابی هر یک از ماشین‌آلات، عوامل مورد نظر بررسی شده و بسته به شرایط نگهداری نمره مثبت یا منفی دریافت می‌کند. سپس نمره ارزیابی شاخص نگهداری از ماشین‌آلات از رابطه ۳-۶۲ محاسبه می‌شود:

$$I_{mmi} = \frac{NIf}{NI} \qquad (۶۲-۳)$$

که در این رابطه:

I_{mmi}= نمره ارزیابی هر یک از ماشین‌آلات

NIf= تعداد عوامل مورد ارزیابی در حالت مطلوب (نمره مثبت) برای هر یک از ماشین‌آلات

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی

جدول ۳-۱۸- راهنمای ارزیابی ماشین‌آلات شبکه آبیاری

نام ماشین‌آلات	عوامل مورد ارزیابی							نمره ارزیابی	ضریب اهمیت وزنی
	کیفیت ظاهری	کیفیت استارت	توان موتور	کیفیت چرخ‌ها	کیفیت انتقال نیرو	کیفیت روغن کاری	کیفیت سیستم هیدرولیک		
تراکتور									۱۲
بیل مکانیکی									۱۵
لودر									۸
گریدر									۸
کامیون									۱۲
بولدوزر									۵
دراگ لاین									۸
غلطک									۸
دامپر									۳
جرثقیل									۳
خودرو صحرایی									۸
وانت									۸
موتورسیلکت									۲

ضریب اهمیت وزنی هر یک از ماشین‌آلات نیز از همان جدول تعیین می‌شود. گفتنی است ضرایب اهمیت وزنی ارائه شده در جدول فوق، پیشنهادی است و بسته به نوع و وسعت شبکه‌ها و ضرورت نیاز به هر یک از این ماشین‌آلات می‌توان ضرایب وزنی را به طور مناسب جایگزین نمود به طوری که جمع کلی ضرایب برابر ۱۰۰ باشد. پس از تعیین نمره ارزیابی نگهداری هر یک از ماشین‌آلات و ضریب اهمیت وزنی با شاخص نگهداری ماشین‌آلات از رابطه ۳-۶۱ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: اندازه‌گیری این شاخص یک‌بار در طول دوره ارزیابی برای کل ماشین‌آلات شبکه کافی است.

- شاخص نگهداری لوله‌ها

تعریف و کاربرد: این شاخص شرایط نگهداری لوله‌ها را در دوران پس از ساخت شبکه آبیاری نشان می‌دهد. شاخص نگهداری لوله‌ها به صورت متوسط وزنی نسبت تعداد عوامل مورد ارزیابی خطوط (با توجه به آرایش شبکه)در وضعیت مطلوب به تعداد کل عوامل خطوط لوله نصب شده در شبکه آبیاری بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۶۳ تعریف می‌شود:

$$I_{mp} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_{mpi\times Ci} \qquad (۶۳-۳)$$

که در این رابطه:

I_{mp}= شاخص نگهداری لوله‌ها

I_{mpi}= نمره ارزیابی نگهداری هر یک از لوله‌ها

Ci= ضریب اهمیت وزنی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، در قدم اول باید هر یک از خطوط لوله، به طور جداگانه بررسی شده و نمره ارزیابی آن‌ها مشخص شود. برای این منظور می‌توان از جدول (۳-۱۹) کمک گرفت.

جدول ۳-۱۹- راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری لوله‌ها

شماره مشخصه لوله	عوامل مورد ارزیابی						نمره ارزیابی
	نشت از لوله و اتصالات	گرفتگی لوله	رسوبزدایی لوله	حفاظت از خوردگی لوله	وضعیت اتصالات	توضیحات	
۱							
۲							
. . .							
n							

در این جدول برای ارزیابی هر یک از لوله‌ها، عوامل مورد نظر بررسی شده و بسته به شرایط نگهداری نمره مثبت یا منفی دریافت می‌کنند. سپس نمره ارزیابی شاخص نگهداری هر یک از لوله‌ها از رابطه ۳-۶۴ محاسبه می‌شود:

$$I_{mpi} = \frac{NIf}{NI} \qquad (۶۴-۳)$$

که در این رابطه:

Impi= نمره ارزیابی هر یک از لوله‌ها

NIf= تعداد عوامل مورد ارزیابی در حالت مطلوب (نمره مثبت) برای هر یک از لوله‌ها

NI= تعداد کل عوامل مورد ارزیابی برای هر یک از لوله‌ها

ضریب اهمیت وزنی هر یک از لوله‌ها بستگی به طول و ظرفیت خطوط لوله دارد و از رابطه ۳-۶۵ محاسبه می‌شود:

$$Ci = \frac{Li \times Qi}{\sum_{i=1}^{n} li \times Qi} \qquad (۶۵-۳)$$

که در این رابطه:

Ci= ضریب اهمیت وزنی

Li= طول هر یک از خطوط لوله (متر)

Qi= میانگین ظرفیت هر خط لوله (مترمکعب در ثانیه)

پس از تعیین نمره ارزیابی نگهداری و ضریب اهمیت وزنی هر یک از خطوط لوله‌ها، شاخص نگهداری لوله‌های آبیاری از رابطه ۳-۶۳ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: برای ارزیابی این شاخص باید یک‌بار در طول دوره ارزیابی کل لوله‌های شبکه آبیاری پیمایش شده و اطلاعات مورد نیاز ثبت شود و برای بعضی از اطلاعات نیز دفاتر ثبت وقایع و عملیات روزانه شرکت بهره‌بردار در طول یک سال مورد بررسی قرار گیرد.

ج- شاخص‌های ارزیابی مدیریت شبکه

از دیدگاه مدیریتی یکی دیگر از زمینه‌هایی که باید در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار مورد ارزیابی قرار گیرند، زمینه مدیریت شبکه‌ها می‌باشد. در این زمینه شاخص‌های قابل طرح عبارتند از:

- کفایت کارکنان
- کیفیت کارکنان
- کفایت ماشین‌آلات
- کیفیت ماشین‌آلات
- کفایت بودجه

تعاریف، دامنه کاربرد، روش‌های اندازه‌گیری، بسامد اندازه‌گیری هر یک از این شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص کفایت کارکنان

تعریف و کاربرد: شاخص کفایت کارکنان نشان‌دهنده کافی یا ناکافی بودن کارکنان شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه می‌باشد و به صورت نسبت متوسط وزنی تعداد کارکنان موجود در شبکه به تعداد کارکنان پیش‌بینی شده در طرح بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۶۶ تعریف می‌شود.

$$I_{ap=}\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}NPei*Cpi}{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}NPpi*Cpi} \qquad (۶۶-۳)$$

که در این رابطه:

Iap= شاخص کفایت کارکنان

NPei= تعداد کارکنان شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری به تفکیک سطوح کارکنان

NPpi= تعداد کارکنان پیش‌بینی شده در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری به تفکیک سطوح کارکنان

Cpi= ضریب اهمیت وزنی سطوح مختلف کارکنان می‌باشد.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید با مراجعه و یا مکاتبه به واحد بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری، تعداد کارکنان شاغل استعلام شود. تعداد کارکنان پیش‌بینی شده در طرح نیز با مراجعه به گزارش پایانی مطالعات مرحله دوم و یا گزارش مطالعات بهره‌برداری و نگهداری و در صورت موجود نبودن گزارش‌ها با مراجعه به استانداردهای معتبر تعیین می‌شود. سطوح مختلف کارکنان شاغل در شبکه و ضرایب اهمیت وزنی آن‌ها در جدول (۳-۲۰) ارائه شده است.

جدول ۳-۲۰- ضرایب اهمیت وزنی کارکنان شاغل در شبکه

سطوح کارکنان	ضریب اهمیت
مدیران	۵۰
کارشناسان فنی	۳۰
تکنسین فنی	۱۵
کارگران	۵

بدیهی است ضرایب اهمیت با توجه به کادر مدیریتی شبکه و وسعت می‌تواند با نظر مشاور ارزیاب تغییر کند، باید توجه داشت که در هر صورت مجموع ضرایب باید برابر با ۱۰۰ باشد.

با داشتن تعداد کارکنان موجود و تعداد کارکنان پیش بینی شده و ضریب اهمیت وزنی استفاده از رابطه ۳-۶۶ می‌توان این شاخص را اندازه‌گیری کرد.

بسامد اندازه‌گیری: بسامد اندازه‌گیری این شاخص یک‌بار در طول مطالعات ارزیابی شبکه، می‌باشد.

- شاخص کیفیت کارکنان

تعریف و کاربرد: این شاخص، نشان‌دهنده وضعیت مهارت و توانمندی کارکنان شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه می‌باشد و به صورت نسبت تعداد کارکنان ماهر به کل کارکنان بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۶۷ تعریف می‌شود:

$$Iqp = \frac{Npe}{Npt} \qquad (۶۷-۳)$$

که در این رابطه:

Iqp= شاخص کیفیت کارکنان

Npe= تعداد کارکنان ماهر شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری

Npt= تعداد کل کارکنان شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید با مراجعه به و یا مکاتبه با واحد بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری، تعداد کارکنان و سطح تخصص و تحصیلات آن‌ها استعلام شود. کارکنانی که دارای تحصیلات عالیه (بالاتر از دیپلم) و یا دارای تخصص خاص باشند جزء کارکنان ماهر محسوب شده و سایر کارکنان، عادی به حساب می آیند. حال با دانستن تعداد کل کارکنان و تعداد کارکنان ماهر و استفاده از رابطه ۳-۶۷ می‌توان شاخص کیفیت کارکنان را محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: اندازه‌گیری شاخص کیفیت کارکنان یک مرتبه در طوله دوره ارزیابی شبکه آبیاری کفایت می‌کند.

- شاخص کفایت ماشین‌آلات

تعریف و کاربرد: شاخص کفایت ماشین‌آلات، نشان‌دهنده کافی یا نا کافی بودن ماشین‌آلات به کار گرفته شده در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری می‌باشد و به صورت نسبت متوسط وزنی تعداد ماشین‌آلات موجود در شبکه به تعداد ماشین‌آلات پیش‌بینی شده در طراحی بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۶۸ تعریف می‌شود:

$$Iam = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Nmei \times Cpi}{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} Nmpi \times Cpi} \qquad (۶۸-۳)$$

که در این رابطه:

Iam= شاخص کفایت ماشین‌آلات

Nmei= تعداد ماشین‌آلات موجود در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری

Nmpi= تعداد ماشین‌آلات پیش‌بینی شده در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری

Cpi= ضریب اهمیت وزنی هر یک از ماشین‌آلات

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص با مراجعه به یا مکاتبه با واحد بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری، تعداد ماشین‌آلات به کار گرفته شده در این واحد مشخص می‌شود. تعداد ماشین‌آلات پیش‌بینی شده در طراحی نیز از گزارش پایانی مطالعات مرحله دوم و یا از گزارش مطالعات بهره‌برداری و نگهداری (در صورت وجود) برداشت

می‌شود. ضریب اهمیت وزنی ماشین‌آلات نیز از جدول (۳-۱۸) قابل برداشت است. با داشتن تعداد ماشین‌آلات موجود و تعداد ماشین‌آلات پیش‌بینی شده در طراحی و ضرایب اهمیت وزنی و استفاده از رابطه ۳-۶۸ می‌توان شاخص کفایت ماشین‌آلات را محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: بسامداندازه‌گیری شاخص کفایت ماشین‌آلات، یک‌بار در طول مطالعات ارزیابی شبکه آبیاری می‌باشد.

- شاخص کیفیت ماشین‌آلات

تعریف و کاربرد: شاخص کیفیت ماشین‌آلات نشان‌دهنده وضعیت مدیریت شبکه در آماده نگهداشتن ماشین‌آلات برای ارائه سرویس و خدمات به شبکه است و به صورت نسبت متوسط وزنی ماشین‌آلات در وضعیت مطلوب به ماشین‌آلات موجود در بخش بهره‌برداری و نگهداری شبکه است بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۶۹ تعریف می‌شود.

$$Iqm = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Nmqi \times Cpi}{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} Nmei \times Cpi} \qquad (۶۹-۳)$$

که در این رابطه:

Iqm= شاخص کفایت ماشین‌آلات

Nmqi= تعداد ماشین‌آلات در وضعیت مطلوب به کار گرفته شده در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری

Nmei= تعداد ماشین‌آلات موجود در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری

Cpi= ضریب اهمیت وزنی هر یک از ماشین‌آلات

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص با مراجعه به و یا مکاتبه با واحد بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری، تعداد ماشین‌آلات به کار گرفته شده در این واحد و تعداد ماشین‌آلات در وضعیت مطلوب مشخص می‌شود.ضریب اهمیت وزنی ماشین‌آلات نیز از جدول (۳-۱۸) قابل برداشت است. با داشتن تعداد ماشین‌آلات موجود و تعداد ماشین‌آلات در وضعیت مطلوب و ضرایب اهمیت وزنی و استفاده از رابطه ۳-۲۹ می‌توان شاخص کیفیت ماشین‌آلات را محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: بسامد اندازه‌گیری شاخص کیفیت ماشین‌آلات، یک‌بار در طول مطالعات ارزیابی شبکه آبیاری می‌باشد.

- شاخص کفایت بودجه

تعریف و کاربرد: شاخص کفایت بودجه، مشخص کننده کافی یا ناکافی بودن بودجه بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری می‌باشد و به صورت نسبت بودجه مدیریتی موجود به بودجه مدیریتی پیش‌بینی شده در بخش بهره‌برداری بیان می‌شود. این شاخص به صورت رابطه ۳-۷۰ تعریف می‌شود.

$$Iab = \frac{Qbe}{Qbp} \qquad (۷۰-۳)$$

که در این رابطه:

Iab= شاخص کفایت بودجه

Qbe= میزان بودجه مدیریتی موجود برای بخش بهره‌برداری و نگهداری

Qbp= میزان بودجه مدیریتی پیش‌بینی شده برای بخش بهره‌برداری و نگهداری

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، باید ابتدا بودجه مدیریتی موجود از واحد سازمانی مربوطه استعلام شود. بودجه مدیریتی پیش‌بینی شده درطرح نیز از گزارش‌های مطالعات مرحله دوم و یا گزاش مطالعات بهره‌برداری و نگهداری برداشت می‌شود. با داشتن بودجه موجود و بودجه پیش‌بینی شده، شاخص کفایت بوده از رابطه ۳-۷۰ محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: بسامد اندازه‌گیری شاخص کفایت بودجه یک مرتبه در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار می‌باشد.

۳-۲-۳- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اقتصادی

در هر یک از پروژه‌های آبیاری و زهکشی، تنها در صورت برآورده شدن شاخص‌های اقتصادی، طرح از مرحله مطالعات توجیهی به مرحله مطالعات تفصیلی و سپس به مرحله ساخت وارد می‌شود. بنابراین هر شبکه آبیاری و زهکشی ساخته شده باید دارای توجیه اقتصادی باشد، بر همین پایه، یکی از وظایف اصلی ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، بررسی و ارزیابی شاخص‌های اقتصادی طرح و داوری در مورد وضعیت این شاخص‌ها می‌باشد. در این دیدگاه نیز زمینه‌های کیفی و کمی مختلفی قابل بررسی و ارزیابی می‌باشد که به شرح زیر ارائه شده است.

۳-۲-۳-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد اقتصادی

زمینه‌های ارزیابی کیفی موارد زیر را پوشش می‌دهد:

الف- اهداف اقتصادی

ب- شاخص اعتبارات امور مدیریتی، بهره‌برداری و نگهداری

کارشناس با تجربه و خبره با تجزیه وتحلیل تمامی اطلاعات به دست آمده و مقایسه با مقادیر طراحی مربوطه، اقدام به امتیازدهی این شاخص می‌نمایند. بر این اساس شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد اقتصادی می‌توان‌د در مجموع مطلوب، نسبتا مطلوب، متوسط و دور از انتظار (ضعیف) تخمین زده شود.

الف- شاخص کیفی اهداف اقتصادی

هدف این شاخص، مقایسه وضعیت اقتصادی حال حاضر سامانه با وضعیت اقتصادی هدف در زمان طراحی می‌باشد. برای این منظور موارد زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- بررسی میزان تحقق اهداف کلی اقتصادی مورد نظر از اجرای شبکه تا زمان ارزیابی طرح
- میزان مطلوبیت عملکرد اقتصادی شبکه با برآورد هزینه های تامین آب،درآمد حاصل از فروش آب و آب‌بهای دریافتی در مقایسه با مقادیر هدف در زمان طراحی

- بررسی بهبود وضعیت عمومی اقتصادی کشاورزان از نظر درآمدها و هزینه‌ها در مقایسه با زمان پیش از اجرای طرح

ب- شاخص کیفی اعتبارات امور مدیریتی، بهره‌برداری و نگهداری

میزان کارایی این شاخص توسط کارشناس خبره اقتصادی و با بررسی موارد زیر مشخص خواهد شد:

- مجموع هزینه‌های کارکنان مدیریتی، بهره‌برداری، نگه‌داری شبکه، سازمان مربوط (آب، برق، گاز، تلفن، تعمیر و نگه‌داری و...) و هزینه مربوط به بازپرداخت اقساط وام احداث شبکه، در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده در زمان طراحی
- مجموع هزینه عملیات بازرسی، بهره‌برداری، نگهداری شبکه، ماشین‌آلات، هزینه‌های آبیاری کشاورزی به تفکیک انواع سامانه‌های آبیاری موجود در شبکه، در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده در زمان طراحی
- میزان بودجه و اعتبارات امور مدیریتی، بهره‌برداری و نگه‌داری برای سال‌های پس از احداث شبکه
- میزان تحقق سایر درآمدهای جانبی محتمل مانند ارائه خدمات جنبی، اجاره ماشین‌آلات، و مشارکت مالی کشاورزان در زمان ارزیابی طرح

۳-۲-۳-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد اقتصادی

از دیدگاه اقتصادی، شاخص‌های ارزیابی را می‌توان در زمینه شاخص‌های هزینه‌ای طرح، بهره‌وری، و عملکرد اقتصادی دسته‌بندی کرد. تعاریف، روش اندازه‌گیری و بسامد اندازه‌گیری شاخص‌های اقتصادی به تفکیک زمینه‌های گفته شده در بالا به شرح زیر می‌باشد:

الف- شاخص‌های هزینه‌ای طرح

شاخص‌های هزینه‌ای، آن دسته از شاخص‌های اقتصادی هستند که طرح را از لحاظ هزینه‌های جاری و ثابت شبکه آبیاری و زهکشی مورد ارزیابی قرار می‌دهند. در این زمینه شاخص‌هایی همچون کفایت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، کفایت هزینه‌های بهره‌برداری، کفایت هزینه‌های نگهداری و کفایت هزینه انرژی مصرفی تعریف و قابل ارزیابی می‌باشد.

- شاخص کفایت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه

تعریف و کاربرد: به طور کلی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی برای رسیدن به اهداف طرح، انجام سرمایه‌گذاری اولیه مورد نظر مطالعات اجمالی و تفصیلی (مرحله‌های اول و دوم) ضروری است ولی در بیش‌تر موارد به دلایل گوناگون مانند ملاحظات اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و غیره این سرمایه‌گذاری به طور کامل انجام نمی‌گیرد. این موضوع یکی از دلایل اصلی عدم دسترسی طرح به اهداف اقتصادی مورد نظر می‌باشد. بنابراین بررسی میزان کفایت سرمایه‌گذاری اولیه از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی می‌باشد. این شاخص به صورت نسبت سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح به سرمایه‌گذاری اولیه پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۷۱ قابل محاسبه می‌باشد:

$$I_{acc} = \frac{CC_e}{CC_p} \qquad (۷۱-۳)$$

که در این رابطه:

Iacc= شاخص کفایت سرمایه‌گذاری اولیه

CCe= سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح (ریال)

CCp= سرمایه‌گذاری اولیه پیش‌بینی شده در طرح (ریال)

در این رابطه چنانچه سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح از سرمایه‌گذاری اولیه پیش‌بینی شده در طرح بیش‌تر باشد به معنی آن است که طرح از نظر سرمایه‌گذاری اولیه کمبودی نداشته و شاخص کفایت سرمایه‌گذاری برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید نخست سرمایه‌گذاری اولیه پیش‌بینی شده در طرح، از اسناد و مدارک مطالعات مرحله دوم و یا اسناد مناقصه برداشت گردد. در گام بعدی سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح نیز از اسناد و مدارک مرحله ساخت طرح و یا صورت وضعیت قطعی پیمانکار برداشت گردد. در این مرحله باید توجه داشت که قبل از جایگذاری این مقادیر در رابطه ۳-۷۱ هر دو هزینه سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته و پیش‌بینی شده دارای مبنای زمانی یکسان باشند. برای این منظور باید هر دو هزینه سرمایه‌گذاری براساس ریال با ارزش ثابت محاسبه گردد. ریال با ارزش ثابت به مفهوم در نظر گرفتن قدرت خرید پول در آینده بر حسب قدرت خرید واحد پول در سال مبنا است جهت آسان تر شدن محاسبات سال مبنا را می‌توان سال برگزاری مناقصه طرح در نظر گرفت و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح را بر مبنای رابطه ۳-۷۲ به سال مبنا تبدیل کرد:

$$(CCe)_{CR} = \frac{B}{A} \times (CCe)_{aR} \qquad (۷۲-۳)$$

که در این رابطه:

(CCe)cR= هزینه سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح بر مبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)

(CCe)aR= هزینه سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح بر مبنای ریال با ارزش واقعی (ریال)

B= شاخص دوره مبنا

A= شاخص دوره کارکرد

در رابطه ۳-۷۲ شاخص‌های دوره مبنا و دوره کارکرد (انجام طرح) بر مبنای بخش‌نامه‌های تبدیل آحاد بهای پیمان‌ها که توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور برای هر ماه ابلاغ می‌گردد، قابل محاسبه می‌باشد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی، کفایت می‌کند. تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی می‌باشد.

- شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری

تعریف و کاربرد: راهبری شبکه‌های آبیاری و زهکشی بدون تخصیص اعتبار لازم امکان‌پذیر نمی‌باشد. شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری، این موضوع را بررسی می‌کند و مشخص می‌کند که آیا هزینه انجام شده برای بهره‌برداری از سامانه آبیاری کفایت می‌کند؟ شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری به صورت نسبت اعتبار هزینه شده برای بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی در هر سال به اعتبار پیش‌بینی شده در طراحی برای بهره‌برداری تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۷۳ محاسبه می‌شود:

$$I_{ao} = \frac{OCe}{OCp} \qquad (۳-۷۳)$$

که در این رابطه:

I_{ao}= شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری

OCe= اعتبار هزینه شده در هر سال برای بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی (ریال)

OCp= اعتبار پیش‌بینی شده در هر سال برای بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی (ریال)

در این رابطه چنانچه اعتبار هزینه شده در هر سال برای بهره‌برداری از شبکه، از اعتبار پیش‌بینی شده در هر سال بیش‌تر باشد به معنی آن است که شبکه از نظر اعتبار بهره‌برداری کمبودی ندارد، بنابراین شاخص کفایت هزینه بهره‌برداری، یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری، نخست باید هزینه‌های انجام شده برای بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی از مدارک و مستندات شرکت بهره‌برداری استخراج گردد. سپس هزینه‌های پیش‌بینی شده برای بهره‌برداری از شبکه نیز از گزارش‌های مطالعات بهره‌برداری و نگهداری یا مطالعات مرحله دوم برداشت گردد.

در جاگذاری این مقادیر در رابطه ۳-۷۳ باید توجه داشت که هزینه‌های بهره‌برداری واقعی و پیش‌بینی شده بر اساس ریال یا ارزش ثابت محاسبه شده باشد برای این منظور بهتر است سال برگزاری مناقصه یا پایان مطالعات مرحله دوم را به عنوان سال مبنا در نظر گرفت و هزینه انجام شده برای بهره‌برداری از شبکه در هر سال را بر اساس رابطه ۳-۷۴ به سال مبنا تبدیل کرد:

$$(OCe)_{CR} = \frac{B}{A} \times (OCe)_{aR} \qquad (۳-۷۴)$$

که در این رابطه:

$(OCe)_{cR}$= هزینه بهره‌برداری انجام شده در طرح بر مبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)

$(OCe)_{aR}$= هزینه بهره‌برداری انجام شده در طرح بر مبنای ریال ارزش واقعی (ریال)

A و B= به ترتیب شاخص دوره کارکرد و دوره مبنا مشابه رابطه ۳-۷۲

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد سال‌های بهره‌برداری از شبکه آبیاری می‌باشد که باید در نهایت از شاخص‌های اندازه‌گیری شده، میانگین‌گیری کرد. تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در هر سال کفایت می‌کند.

- شاخص کفایت هزینه‌های نگهداری

تعریف و کاربرد: برای نگهداری شبکه آبیاری و زهکشی و حفظ عملکرد لوازم و تجهیزات شبکه در حد مناسب، انجام بازدیدهای دوره‌ای و سرویس، تعمیر و نگهداری تجهیزات ضروری است. این عملیات هزینه‌هایی در بر دارد که به عنوان هزینه‌های نگهداری از شبکه تلقی می‌شود. کفایت هزینه‌های نگهداری به صورت نسبت اعتبار هزینه شده برای نگهداری از شبکه آبیاری در هر سال به اعتبار پیش‌بینی شده برای نگهداری از شبکه تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۷۵ محاسبه می‌شود:

$$I_{am} = \frac{MC_e}{MC_p} \qquad (۷۵-۳)$$

که در این رابطه:

I_{am} = شاخص کفایت هزینه نگهداری

MC_e = اعتبار هزینه شده برای نگهداری از شبکه در هر سال (ریال)

MC_p = اعتبار پیش‌بینی شده برای نگهداری از شبکه در هر سال (ریال)

در این رابطه باید توجه داشت که چنانچه اعتبار هزینه شده برای نگهداری از شبکه در هر سال از اعتبار پیش‌بینی شده در هر سال بیش‌تر باشد به معنی آن است که شبکه از نظر هزینه‌های نگهداری کمبودی ندارد و بنا بر این شاخص کفایت هزینه‌های نگهداری یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید در ابتدا اعتبار هزینه شده برای نگهداری از شبکه شامل هزینه‌های نگهداری از ایستگاه پمپاژ، هزینه نگهداری از تجهیزات و شیرآلات و هزینه نگهداری از مجاری انتقال و ابنیه فنی در هر سال را از مدارک و مستندات شرکت بهره‌بردار برداشت کرد. سپس باید هزینه‌های پیش‌بینی شده برای نگهداری از شبکه را از مطالعات مرحله دوم استخراج کرد.

قبل از جایگذاری این مقادیر در رابطه ۳-۷۵ باید توجه داشت مبنای محاسبه هر دو هزینه انجام شده و پیش‌بینی شده یکسان و براساس ریال با ارزش ثابت محاسبه شود. بر این منظور می‌توان سال پایان مطالعات مرحله دوم یا سال برگزاری مناقصه را به عنوان سال مبنا در نظر گرفت و هزینه نگهداری انجام شده برای هر سال از رابطه ۳-۷۶ تعدیل کرد.

$$(MCe)_{CR} = \frac{B}{A} \times (MCe)_{aR} \qquad (۷۶-۳)$$

که در این رابطه:

$(MCe)_{cR}$ = هزینه نگهدای انجام شده در طرح بر مبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)

$(MCe)_{aR}$ = هزینه نگهداری انجام شده در طرح بر مبنای ریال با ارزش واقعی (ریال)

A و B= به ترتیب شاخص دوره کارکرد و دوره مبنا مشابه رابطه ۳-۷۲

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد سال‌های نگهداری از شبکه آبیاری می‌باشد که در نهایت باید از شاخص‌های اندازه‌گیری شده میانگین گرفته شود. تکرار اندازه‌گیری هم یک نوبت در هر سال کفایت می‌کند.

- شاخص کفایت هزینه انرژی مصرفی

تعریف و کاربرد: در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، چنانچه فشار مورد نیاز سامانه آبیاری از اختلاف ارتفاع آبگیر طرح تا آبگیر مزارع تامین نگردد (تامین فشار ثقلی)، باید از تلمبه‌خانه (ایستگاه پمپاژ) برای این منظور استفاده کرد. از آنجا که ایستگاه‌های پمپاژ بدون مصرف انرژی قادر به تامین فشار نمی‌باشند، پس مصرف سالیانه انرژی یکی از هزینه‌های اصلی چنین سامانه‌هایی خواهد بود. در این صورت ارزیابی سامانه از لحاظ کفایت هزینه‌های انرژی مصرفی بسیار ضروری و مهم بوده و به شکل نسبت اعتبار هزینه شده برای تامین هزینه‌های انرژی مصرفی در هر سال به اعتبار پیش‌بینی شده برای انرژی مصرفی تعریف می‌گردد. کفایت هزینه انرژی مصرفی را می‌توان از رابطه ۳-۷۷ محاسبه کرد:

$$I_{ae} = \frac{EC_e}{EC_p} \qquad (۷۷-۳)$$

که در این رابطه:

I_{ae} = شاخص کفایت هزینه انرژی مصرفی

EC_e = اعتبار هزینه شده برای انرژی مصرفی در هر سال (ریال)

EC_p = اعتبار پیش‌بینی شده برای انرژی مصرفی در هر سال (ریال)

در این رابطه باید توجه داشت که چنانچه اعتبار هزینه شده برای انرژی مصرفی در هر سال از اعتبار پیش‌بینی شده برای انرژی در هر سال بیش‌تر باشد به معنی آن است که شبکه از نظر اعتبار انرژی مصرفی کمبودی ندارد، بنا بر این شاخص کفایت انرژی مصرفی یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: اعتبار هزینه شده برای مصرف انرژی در هر سال باید از مدارک و اسناد حسابداری شرکت بهره‌برداری استخراج گردد. اعتبار پیش‌بینی شده برای مصرف انرژی نیز از مدارک و مستندات مطالعات مرحله قبل به دست می‌آید. پیش از جایگذاری این دو مقدار در رابطه۳-۷۷ باید توجه داشت که این دو مقدار از لحاظ مبنای ارزش‌گذاری یکسان باشند. برای این منظور می‌توان از ریال با ارزش ثابت استفاده کرد. برای تبدیل هزینه انرژی مصرفی در حال حاضر به دوره مبنا (به عنوان نمونه سال پایان مطالعات) می‌توان از رابطه ۳-۷۸ استفاده کرد.

$$(ECe)_{CR} = \frac{B}{A} \times (ECe)_{aR} \qquad (۷۸-۳)$$

که در این رابطه:

$(ECe)_{cR}$ = هزینه انرژی مصرفی در طرح بر مبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)

$(ECe)aR$ = هزینه انرژی مصرفی در طرح بر مبنای ریال با ارزش واقعی (ریال)

A و B= به ترتیب شاخص دوره کارکرد و دوره مبنا مشابه رابطه ۳-۷۲

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص در صورت وجود مستندات کافی برابر تعداد سال‌های بهره‌برداری از شبکه است که در نهایت باید از این مقادیر میانگین گرفته شود. تکرار اندازه‌گیری‌ها نیز یک نوبت در سال کفایت می‌کند.

ب- شاخص‌های بهره‌وری طرح

هدف اصلی توسعه در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، افزایش بهره‌وری آب می‌باشد. بهره‌وری آب در کشاورزی، به مفهوم نسبت ستاده محصول کشاورزی به نهاده آب می‌باشد. با توجه به گستردگی ستاده بخش کشاورزی که می‌تواند حجم محصول تولید شده، ارزش ناخالص محصول تولید شده، ارزش خالص محصول تولید شده، ارزش افزوده محصول تولید شده و... باشد، شاخص‌های متفاوتی برای بررسی بهره‌وری تعریف شده است. رایج‌ترین این شاخص‌ها، سه شاخص تولید محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی (CPD)، درآمد به ازای مترمکعب آب مصرفی (BPD) و سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی (NBPD) می‌باشد که روش محاسبه و ارزیابی این شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول I_{CPD}

تعریف و کاربرد: شاخص بهره‌وری تولید محصول (CPD) نشان‌دهنده میزان محصول تولید شده به ازای هر مترمکعب آب مصرف شده برای تولید محصول در واحد سطح می‌باشد. این شاخص نشان‌دهنده میزان بازده آب مصرف شده و میزان بازده تولید محصول می‌باشد. شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول I_{CPD} به صورت نسبت CPD موجود به CPD پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۷۹ محاسبه می‌شود:

$$I_{CPD} = \frac{CPD_e}{CPD_p} \qquad (۷۹-۳)$$

که در این رابطه:

I_{CPD} = شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول

CPD_e = وزن محصول تولید شده به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط موجود در هکتار (kg/m^3)

CPD_P = وزن محصول تولیدی پیش‌بینی شده در طراحی به ازای مترمکعب آب مصرفی در هکتار (kg/m^3)

چنانچه مقدار CPD_e بزرگ‌تر از CPD_P باشد نشان‌دهنده آن است که شبکه از نظر این شاخص به اهداف مورد نظر رسیده است. بنابر این شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول I_{CPD} برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری شاخص بهره‌وری CPD، ابتدا باید مقدار بهره‌وری محصول تولید شده به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط موجود اندازه‌گیری شود این عامل را می‌توان از رابطه ۳-۸۰ محاسبه کرد:

$$CPD_e = \frac{Yq}{Vw} \qquad (۸۰-۳)$$

که در این رابطه:

CPDe= بهره‌وری محصول تولید شده به ازای مترمکعب آب مصرفی(کیلوگرم در مترمکعب)

Yq= مقدار محصول تولید شده (خشک یا تر) در هر هکتار (کیلوگرم در هکتار)

Vw= آب مصرف شده برای هر هکتار (مترمکعب در هکتار)

همچنین باید در نظر داشت که وزن محصول برای تمام گیاهان به صورت خشک و یا تر اندازه‌گیری شود و نباید برای بعضی گیاهان به صورت تر و برای برخی دیگر خشک باشد.

عامل CPDp نیز باید از گزارش‌های مطالعات مرحله دوم برداشت گردد و در صورتی که در آن گزارش‌ها محاسبه نشده باشد، باید با توجه به گزارش‌های طرح توسعه کشاورزی و تولید پیش‌بینی شده برای محصول محاسبه شود.

با داشتن این دو عامل (CPDp, CPDe) و استفاده از رابطه ۳-۷۹ می‌توان شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول ICPD را محاسبه نمود.

اندازگیری این عامل برای هر محصول باید جداگانه محاسبه شود و سپس از مقادیر محاسبه شده با توجه به درصد هر محصول در الگوی کشت میانگین وزنی گرفته شود.

بسامد اندازه‌گیری: اندازه‌گیری شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول I_{CPD} باید برای تمام سال‌های دوران بهره‌برداری از شبکه محاسبه و سپس از مقادیر محاسبه شده میانگین گرفته شود و این مقدار به عنوان شاخص بهره‌وری تولید محصول I_{CPD} سامانه آبیاری اعلام گردد. تکرار اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در هر سال کفایت می‌کند.

- شاخص نسبت بهره‌وری درآمد I_{BPD}

تعریف و کاربرد: شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول برای مقایسه بین گیاهان مختلف مناسب نمی‌باشد چرا که برخی گیاهان اگر چه میزان محصول کم‌تری دارند ولی ارزش تولیدی آن‌ها بالاتر می‌باشد. در این صورت بهتر است از شاخص نسبت بهره‌وری درآمد I_{BPD} استفاده کرد.این شاخص در بر گیرنده درآمدهای محصول به ازای آب مصرفی می‌باشد(BPD) و به صورت نسبت BPD شرایط موجود به BPD پیش‌بینی شده در طراحی تعریف می‌شود. این شاخص از رابطه ۳-۸۱ محاسبه می‌شود:

$$I_{BPD} = \frac{BPD_e}{BPD_p} \qquad (۸۱-۳)$$

که در این رابطه:

I_{BPD}= شاخص نسبت بهره‌وری درآمد

BPDe= درآمد محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط موجود ($Rial/m^3$)

BPDp= درآمد محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط پیش‌بینی شده ($Rial/m^3$)

چنانچه مقدار BPDe بزرگ‌تر از BPDp باشد به معنی آن است که شبکه از نظر این شاخص به اهداف مورد نظر رسیده است، بنابراین شاخص نسبت بهره‌وری درآمد I_{BPD} برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص در گام نخست باید بهره‌وری هر محصول به طور جداگانه محاسبه شود. برای این کار از رابطه ۳-۸۲ استفاده می‌شود.

$$BPD_e = \frac{yB}{Vw} \qquad (۸۲-۳)$$

که در این رابطه:

BPDe= بهره‌وری درآمد هر محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی (مترمکعب آب/ ریال)

YB= درآمد ناشی از تولید هر محصول در واحد سطح (هکتار/ ریال)

Vw= مترمکعب آب مصرف شده برای تولید هر محصول در واحد سطح (هکتار/مترمکعب)

BPDp= نیز باید از گزارش‌های مرحله دوم برداشت شود و در صورت موجود نبودن در گزارش‌های مربوطه، باید نسبت به محاسبه آن از مستندات گزارش طرح توسعه کشاورزی اقدام کرد. با مشخص شدن این دو مقدار و استفاده از رابطه ۳-۸۱ شاخص نسبت بهره‌وری درآمد I_{BPD} هر گیاه محاسبه می‌شود. مقدار این شاخص برای کل طرح از میانگین وزنی شاخص نسبت بهره‌وری درآمد محصول I_{BPD} هر گیاه و اعمال ضریب وزنی با توجه به درصد کشت آن محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: شاخص نسبت بهره‌وری درآمد I_{BPD} باید برای تمام سال‌های بهره‌برداری و در صورت عدم امکان برای یک دوره ترسالی یک دوره خشک سالی محاسبه شود تکرار اندازه‌گیری‌ها یک نوبت در هر سال کفایت می‌کند.

- شاخص نسبت بهره‌وری سود خالص I_{NBPD}

تعریف و کاربرد: اگر چه شاخص نسبت بهره‌وری درآمد I_{BPD} تفاوت درآمد گیاهان مختلف الگوی کشت را در محاسبه بهره‌وری آب دخالت می‌دهد،ولی از طرف دیگر ممکن است که یک محصول درآمد بیش‌تری داشته باشد ولی هزینه تولید آن نیز بالاتر باشد پس شاخص کامل تر بهره‌وری سود به ازای هر مترمکعب آب می‌باشد (NBPD). شاخص نسبت بهره‌وری سود I_{NBPD} به صورت نسبت NBPD در شرایط موجود نسبت به NBPD تعریف شده در طراحی (پیش‌بینی شده) تعریف می‌شود. این شاخص از رابطه ۳-۸۳ محاسبه می‌شود:

$$I_{NBPD} = \frac{NBPD_e}{NBPD_p} \qquad (۸۳-۳)$$

که در این رابطه:

I_{NBPD} = شاخص نسبت بهره‌وری سود

$NBPD_e$ = سود محصول تولید شده به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط طرح $(Rial / m^3)$

$NBPD_p$ = سود محصول پیش‌بینی شده در طراحی به ازای مترمکعب آب مصرفی $(Rial / m^3)$

چنانچه مقدار $NBPD_e$ بزرگ‌تر از $NBPD_p$ باشد به معنی این است که شبکه از این نظر به اهداف مورد نظر رسیده است. بنا بر این شاخص نسبت بهره‌وری سود I_{NBPD} برابر یک در نظر گرفته شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص ابتدا برای هر محصول به طور جداگانه باید سود آن یعنی تفاضل هزینه‌های تولید از درآمدهای ناشی از تولید در هرهکتار محاسبه و سپس از رابطه ۳-۸۴ شاخص NBPD آن محاسبه شود.

$$NBPDe = \frac{yB - yc}{Vw} \qquad (۸۴-۳)$$

که در این رابطه:

NBPDe= بهره‌وری سود هر محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی (کیلوگرم/ ریال)

yB= منافع ناشی از تولید محصول در واحد سطح (هکتار/ ریال)

yC= هزینه ناشی از تولید محصول در واحد سطح (هکتار/ ریال)

Vw= ججم آب مصرفی در واحد سطح (هکتار/ مترمکعب)

عامل $NBPD_p$ نیز باید از گزارش‌های مرحله دوم برداشت گردد و در صورت مشخص نبودن آن در گزارش‌های مربوطه بایدنسبت به محاسبه آن از مستندات گزارش طرح توسعه کشاورزی اقدام کرد. با مشخص شدن این دو مقدار برای هر گیاه شاخص نسبت بهره‌وری سود I_{NBPD} از رابطه ۳-۱۳ اندازه‌گیری می‌شود. سپس باید مقدار این شاخص برای کل طرح با توجه به در صد گیاهان الگوی کشت و میانگین وزنی محاسبه شود. این مقدار را می‌توان به عنوان شاخص نسبت بهره‌وری سود I_{NBPD} طرح اعلام کرد.

بسامد اندازه‌گیری: اندازه‌گیری شاخص نسبت بهره‌وری سود I_{NBPD} باید برای تمام سال‌های دوره آبیاری و در صورت عدم امکان برای یک دوره تر سالی و یک دوره خشکسالی محاسبه و میانگین گرفته شود تکرار اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در هر سال کفایت می‌کند.

ج- شاخص‌های عملکرد اقتصادی

شاخص‌های ارزیابی عملکرد اقتصادی، آن دسته از شاخص‌ها هستند که عملکرد اقتصادی یا به عبارتی دیگر توجیه اقتصادی طرح را مورد بازبینی قرار می‌دهند. همان‌طور که در مقدمه این بخش بیان شد عملکرد اقتصادی از اهداف بسیار مهم طرح‌های آبیاری و زهکشی می‌باشند، بنابر این محاسبه و کنترل شاخص‌های عملکرد اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در این زمینه چهار شاخص مهم قابل تعریف و ارزیابی می‌باشد که عبارتند از: کفایت نسبت سود به هزینه، کفایت نسبت سود، کفایت نسبت نرخ بازده داخلی و کفایت قیمت واحد آب مصرفی تعریف و روش محاسبه هر یک از این شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص نسبی سود به هزینه

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان می‌دهد که هدف‌گذاری طرح از لحاظ اقتصادی و معیارهای توجیه پذیری طرح پس از تکمیل طرح و گذشت زمان از زمان ساخت آن در چه شرایطی می‌باشد. شاخص نسبی سود به هزینه به صورت

نسبت مقدار سود به هزینه موجود به مقدار سود به هزینه پیش‌بینی شده در مرحله طراحی تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۸۵ محاسبه می‌شود:

$$I_{B/C} = \frac{(B/C)_e}{(B/C)_p} \qquad (۸۵-۳)$$

که در این رابطه:

$I_{B/C}$ = شاخص نسبی سود به هزینه

$(B/C)_e$ = مقدار سود به هزینه موجود در طرح

$(B/C)_p$ = مقدار سود به هزینه پیش‌بینی شده در طراحی

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید ابتدا هزینه‌ها و درآمدهای طرح را در زمان حاضر محاسبه نمود، برای این کار ابتدای هزینه‌های جاری از مجموع هزینه‌های بهره‌برداری، هزینه‌های نگهداری، هزینه استهلاک، هزینه انرژی مصرفی و هزینه تولید محاسبه و هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیز از مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه جایگزینی سرمایه محاسبه می‌شود. برای محاسبه هزینه کل باید توجه داشت که نمی‌توان هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری را در حالت عادی با هم جمع کرد. برای این منظور باید هزینه‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از ضریب بازگشت سرمایه به هزینه سالیانه تبدیل شود و سپس با هزینه‌های جاری جمع گردد.ضریب بازگشت سرمایه از رابطه ۳-۸۶ قابل محاسبه می‌باشد:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(i+i)^n - 1} \qquad (۸۶-۳)$$

که در این رابطه:

CRF= ضریب بازگشت سرمایه

i= بهره موثر سرمایه‌گذاری

n=تعداد سال‌های طول عمر پروژه

درآمدهای طرح نیز باید از مجموع درآمدهای ناشی از فروش محصول و فروش لوازم اسقاط و آب بها محاسبه گردد.

نسبت سود به هزینه پیش‌بینی شده برای طرح نیز از گزارش‌های مرحله دوم طرح قابل استخراج می‌باشد. با داشتن این دو نسبت و استفاده از رابطه ۳-۸۵ می‌توان شاخص نسبی سود به هزینه طرح را محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص در صورت وجود آمار و مستندات باید در طول هر سال جداگانه محاسبه شود و سپس از مجموع آن‌ها میانگین گرفته شود. تکرار اندازه‌گیری‌هانیز یک نوبت در هر سال کفایت می‌کند.

- شاخص نسبت سود

تعریف و کاربرد: این شاخص نیز همچون شاخص نسبی سود به هزینه، از شاخص‌های بسیار مهم توجیه پذیری ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد. بنابراین در طول دوره بهره‌برداری از طرح باید مورد ارزیابی و بررسی قرار

گیرد. برای این منظور شاخص نسبت سود به صورت نسبت سود طرح در شرایط موجود به سود طرح در شرایط پیش‌بینی تعریف و از رابطه ۳-۸۷ محاسبه می‌شود:

$$I_{B-c} = \frac{(B-C)_e}{(B-C)_p} \qquad (۸۷-۳)$$

در این رابطه:

I_{B-c} = شاخص نسبت سود

$(B-C)_e$ = سود طرح در شرایط موجود(ریال)

$(B-C)_p$ = سود پیش‌بینی شده در زمان طراحی (ریال)

چنانچه سود موجود $(B-C)_e$ از سود پیش‌بینی شده $(B-C)_p$ بیش‌تر باشد به معنی آن است که طرح از این نظر به اهداف مورد نظر دست یافته است. بنابراین این شاخص برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید ابتدا هزینه‌های ثابت و جاری و همچنین درآمدهای طرح در شرایط موجود (پس از اجرای طرح) با همان روش بیان شده در بند ۳-۲-۳-۲محاسبه و با تشکیل جدول گردش نقدی به سال مبنای پروژه تبدیل نمود.

در این فرآیند باید توجه گردد که درآمدها و هزینه‌های طرح در سال‌های پس از سال مبنا به علت تورم دارای ارزش متفاوتی از سال مبنا می‌باشند پس بهتر است با استفاده از روش ریال با ارزش ثابت، درآمدها و هزینه‌های هر سال به معادل ارزش ریال در سال مبنا تبدیل شود. پس از این کار و استفاده از رابطه ارزش فعلی مبلغ آینده $(\frac{f}{p},i,n)$می توان مجموع هزینه‌های طرح را از مجموع درآمدهای طرح کسر و سود موجود آن را محاسبه نمود. سود پیش‌بینی شده در طراحی نیز از مدارک و مستندات مطالعات مرحله قبل استخراج می‌گردد. با داشتن این دو مقدار و استفاده از رابطه ۳-۸۷ شاخص نسبت سود طرح محاسبه می‌گردد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در طول دوره ارزیابی و تکرار آن نیز یک‌بار می‌باشد.

- شاخص نسبت نرخ بازده داخلی

تعریف و کاربرد: نرخ بازده داخلی یکی از عوامل مهم در بررسی اقتصادی طرح‌ها می‌باشد بدین مفهوم که هر چه نرخ بازده داخلی یک طرح بالا باشد، نشان‌دهنده شرایط بهتر طرح از لحاظ توجیه پذیری و توان بیش‌تر طرح از لحاظ قدرت جذب وام با نرخ بهره بالاتر می‌باشد. به هر حال شاخص نسبت بازده داخلی قصد دارد، شرایط طرح را از لحاظ این عامل در سال‌های پس از اجرای طرح ارزیابی کند. این شاخص به صورت نسبت بازده داخلی طرح در شرایط موجود به نرخ بازده داخلی پیش‌بینی شده در زمان طراحی تعریف و از رابطه ۳-۸۸ محاسبه می‌شود:

$$I_{IRR} = \frac{(IRR)_e}{(IRR)_p} \qquad (۸۸-۳)$$

که در این رابطه:

I_{IRR} = شاخص نسبت نرخ بازده داخلی

$(IRR)_e$ = نرخ بازده داخلی شریط موجود

$(IRR)_p$ = نرخ بازده داخلی پیش‌بینی شده

در این رابطه نیز چنانچه نرخ بازده داخلی شرایط موجود از نرخ بازده داخلی پیش‌بینی شده در شرایط طراحی بیش‌تر شود به معنی دسترسی به اهداف طرح از نظر این شاخص است و شاخص نسبت نرخ بازده داخلی یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید مانند روش بیان شده در دو شاخص نسبت سود خالص و شاخص نسبی سود به هزینه ابتدا مجموع هزینه‌ها و درآمدها به روش ریال با ارزش ثابت و بر پایه شاخص قیمت‌های سال مبنا محاسبه شود و سپس با استفاده از ضریب تبدیل ارزش فعلی مبلغ آینده $(\frac{F}{P},i,n)$ قیمت‌ها را به سال مبنا انتقال داد، در این مرحله برای تبدیل مبلغ آینده به مبلغ فعلی، نرخ بهره ای در نظر گرفته می‌شود که مقدار درآمدها و هزینه‌ها برابرشود (سود خالص مساوی صفر شود). این نرخ بهره همان نرخ بازگشت داخلی طرح در شرایط موجود است.

نرخ بازده داخلی در شرایط پیش‌بینی شده نیز از گزارش‌ها و مستندات مطالعات مراحل قبل استخراج شود. با داشتن این دو مقدار و استفاده از رابطه۳-۸۸ شاخص نسبت نرخ بازده داخلی محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در طول دوره ارزیابی و تکرار اندازه‌گیری نیز یک‌بار کفایت می‌کند.

- شاخص نسبت قیمت واحد حجم آب مصرفی

تعریف و کاربرد: قیمت واحد حجم آب یکی از عوامل مدیریتی است که معمولا در طرح‌های توسعه شبکه آبیاری و زهکشی در نظر گرفته می‌شود. این عامل نشان می‌دهد که برای تامین هر مترمکعب آب مصرفی در شبکه چه هزینه‌هایی انجام گرفته است. برای مقایسه قیمت واحد حجم آب در شرایط طراحی و در شرایط موجود، شاخص نسبت قیمت واحد حجم آب تعریف گردیده است. این شاخص عبارت است از نسبت قیمت واحد حجم آب موجود به قیمت واحد حجم آب پیش‌بینی شده در طراحی. شاخص کفایت قیمت واحد حجم آب از رابطه ۳-۸۹ محاسبه می‌شود:

$$I_{uwp} = \frac{(UWP)p}{(UWP)e} \qquad (۸۹-۳)$$

که در این رابطه:

I_{uwp} = شاخص نسبت قیمت واحد حجم آب

$(UWP)e$ = قیمت واحد حجم آب موجود (مترمکعب/ ریال)

$(UWP)p$ = قیمت واحد حجم آب پیش‌بینی شده (مترمکعب/ ریال)

چنانچه قیمت واحد حجم آب موجود کم‌تر از قیمت واحد حجم پیش‌بینی شده در طراحی باشد بـه معنـی آن اسـت که طرح از نظر قیمت واحد حجم آب به اهداف مورد نظر دست یافته است. بنابراین شاخص نسبت قیمت واحد حجم آب یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، ابتـدا بایـد هزینـه‌هـای ارزش حـال کـل هزینـه‌هـای طـرح شـامل هزینه‌های جاری و ثابت را مشابه آنچه در بند ۳-۲-۳-۲ گفته شد محاسبه کرد و سپس با اسـتفاده از ضـریب بازگشـت سرمایه این هزینه‌ها را به معادل هزینه سالیانه تبدیل کرد. از طرف دیگر باید حجم آب مصرفی در کل محدوده شـبکه را در یک سال محاسبه و از تقسیم هزینه‌ها بر کل آب مصرفی، قیمت واحد حجم آب را محاسبه نمود. از مقایسه این عـدد با عدد محاسبه شده مطالعات مرحله قبل و استفاده از رابطه ۳-۸۴ می‌توان شاخص نسبت هزینه واحد حجم آب مصرفی را محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در دوره ارزیابی و تکرار آن نیز یک مرتبه کفایت می‌کند.

۳-۲-۴- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اجتماعی

دیدگاه اجتماعی یکی دیگر از دیدگاه های مهم ارزیابی عملکرد شبکه های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار است. در این دیدگاه نیز زمینه‌های کیفی و کمی مختلفی قابل بررسی و ارزیابی می‌باشد که به شرح زیر ارائه شده است.

۳-۲-۴-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد اجتماعی

در این زمینه، شاخص اهداف اجتماعی معرفی می‌گردد. برای این منظورکارشناس با تجربه و خبره با تجزیه و تحلیـل تمامی اطلاعات به دست آمده و مقایسه با مقادیر طراحی مربوطه، اقدام به امتیازدهی این شـاخص مـی‌نماینـد. بـر ایـن اساس، این شاخص کیفی ارزیابی عملکرد اجتماعی می‌تواند در مجموع مطلوب، نسبتا مطلـوب، متوسـط و دور از انتظـار (ضعیف) تخمین زده شود.

- شاخص اهداف اجتماعی

ارزیابی واقع بینانه از عملکرد اجتماعی شبکه مستلزم بررسی موارد زیر توسط کارشناس خبره امور اجتماعی می‌باشد:

- میزان تحقق اهداف اجتماعی مورد نظر از شبکه تا زمان اجرای ارزیابی
- میزان رشد جمعیت ذی‌نفعان سامانه آبیاری از نظر تعداد، توزیع سنی و جنسی، سواد و مهارت، تعداد خانوار و متوسط اعضا آن پس از اجرای طرح
- بررسی وضعیت نیازهای فصلی نیروی‌کار و اشتغال آن‌ها قبل و بعد از ساخت شبکه
- بررسی میزان رشد کمی و کیفی تشکل‌ها و مشارکت آب‌بران در شبکه پس از اجرای طرح

۳-۲-۴-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد اجتماعی

در این دیدگاه شاخص‌های زیر قابل طرح و اندازه‌گیری می‌باشند:

- شاخص رضایت‌مندی
- شاخص‌های تشکل‌پذیری
- شاخص مشارکت در مدیریت سامانه
- شاخص نسبت افزایش مهارت مشترکین
- شاخص نسبت ایجاد اشتغال
- شاخص نسبت مهاجرت

تعریف، دامنه کاربرد وروش اندازه‌گیری این شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص رضایت‌مندی

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان رضایت‌مندی زارعین از خدمات ارائه شده توسط شبکه است و به صورت نسبت تعداد مشرکین راضی از شبکه به کل مشترکین به صورت رابطه ۳-۹۰ تعریف می‌شود:

$$AGMI = AGM / TM \qquad (۹۰-۳)$$

که در این رابطه:

AGMI= شاخص رضایت‌مندی مشترکین شبکه

AGM= تعداد مشترکین راضی از خدمات شبکه

TM= تعداد کل مشترکین شبکه

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص ابتدا با کسب اطلاع از شرکت بهره‌برداری یا اداره امورآب، تعداد کل مشترکین شبکه مشخص می‌شود. سپس با تکمیل پرسش‌نامه که حاوی سوالاتی در مورد رضایت‌مندی مشترکین شبکه از انواع خدمات دریافتی اعم از خدمات تحویل آب، بهره‌برداری، نگهداری، مدیریت شبکه، رسیدگی و پاسخگویی به شکایات، دریافت اطلاعات و... است تعداد مشترکین راضی از شبکه تعیین می‌شود. مشترکینی که به درصد مشخصی از سوالات پاسخ مثبت داده باشند جزو مشرکین راضی محسوب می‌شوند. درصد مورد نظر با توجه به شرایط شبکه و نظر کارشناسان ارزیاب تعیین می‌شود. سپس با استفاده از رابطه ۳-۹۰ شاخص رضایت‌مندی محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص تشکیل‌پذیری

این شاخص نشان‌دهنده نسبت تعداد مشترکین عضو تشکل‌ها به تعداد کل مشترکین شبکه است که تعیین‌کننده میزان رشد یافتگی تشکل آب‌بران شبکه می‌باشد و به صورت رابطه ۳-۹۱ محاسبه می‌شود.

$$ASSI = ASSM / TM \quad (۹۱-۳)$$

که دراین رابطه:

ASSI= شاخص تشکل‌پذیری

ASSM= تعداد مشترکین عضو تشکل‌ها

TM= تعداد کل مشترکین

روش اندازه‌گیری: تعداد کل مشترکین و تعداد مشترکین عضو تشکل‌های ثبت شده آب‌بران، با کسب اطلاع از شرکت بهره‌برداری یا اداره امور آب تعیین می‌شود.

بسامداندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص نسبت تعداد تشکل‌های آبگیرهای اصلی

این شاخص نشان‌دهنده آن است که چه نسبتی از آبگیرهای اصلی شبکه تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران فعالیت می‌کنند، و به صورت نسبت تعداد آبگیرهای اصلی تحت پوشش تشکل‌ها به تعداد کل آبگیرهای اصلی شبکه مطابق رابطه ۳-۹۲ محاسبه می‌شود.

$$MIASR = NMIAS / NTMI \quad (۹۲-۳)$$

که دراین رابطه:

MIASR= شاخص نسبت تعداد تشکل‌های آبگیرهای اصلی

NMIAS= تعداد آبگیرهای اصلی تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران

NTMI= تعداد کل آبگیرهای اصلی شبکه

روش اندازه‌گیری: اطلاعات تعداد آبگیرهای اصلی شبکه از نقشه‌های چون ساخت شبکه یا شرکت بهره‌برداری یا اداره امورآب، و اطلاعات تعداد آبگیرهای اصلی تحت پوشش تشکل‌ها از شرکت بهره‌برداری یا اداره امور آب دریافت می‌گردد.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص نسبت تعداد تشکل‌های آبگیرهای مزرعه

این شاخص نشان‌دهنده آن است که چه نسبتی از آبگیرهای مزرعه شبکه تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران فعالیت می‌کنند، و به صورت نسبت تعداد آبگیرهای مزرعه تحت پوشش تشکل‌ها به تعداد کل آبگیرهای مزرعه شبکه مطابق رابطه ۳-۹۳ محاسبه می‌شود.

$$FIASR = NFIAS / NTFI \quad (۹۳-۳)$$

که دراین رابطه:

FIASR= شاخص نسبت تعداد تشکل‌های آبگیرهای مزرعه

NFIAS= تعداد آبگیرهای مزرعه تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران

NTMI= تعداد کل آبگیرهای مزرعه شبکه

روش اندازه‌گیری: اطلاعات تعداد آبگیرهای مزرعه شبکه از نقشه‌های چون ساخت شبکه یا شرکت بهره‌برداری یا اداره امور آب، و اطلاعات تعداد آبگیرهای مزرعه تحت پوشش تشکل‌ها از شرکت بهره‌برداری یا اداره امور آب دریافت می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص مشارکت در مدیریت سامانه

این شاخص نشان‌دهنده میزان گستردگی مشارکت مشترکین شبکه در فعالیت‌های مدیریت شبکه است و تعیین می‌کند که چه نسبتی از مساحت شبکه توسط مشترکین اداره می‌شود و به صورت نسبت متوسط مساحت تحت پوشش نقاط تحویل آب به تشکل‌های آب‌بران به کل مساحت شبکه مطابق رابطه ۳-۹۴ محاسبه می‌شود.

$$MPI = PMA / TA \qquad (۹۴-۳)$$

که در این رابطه:

PMI= شاخص مشارکت در مدیریت

PMA= متوسط مساحت تحت پوشش نقاط تحویل آب به تشکل‌های آب‌بران

TA= کل مساحت شبکه

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص با استعلام از شرکت بهره‌برداری یا اداره امور آب اطلاعات مربوط به تعداد نقاط تحویل آب به تشکل‌های آب‌بران و مساحت تحت پوشش آن‌ها به دست آمده تا بتوان متوسط آن‌را محاسبه نمود و با تقسیم آن بر مساحت کل شبکه که از شرکت بهره‌برداری یا اداره امور آب دریافت می‌شود شاخص مشارکت در مدیریت شبکه محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص نسبت افزایش مهارت مشترکین

این شاخص نشان‌دهنده میزان افزایش تعداد مشترکین دارای مهارت در شبکه در اثر اجرای طرح آبیاری در منطقه است که طبق رابطه ۳-۹۵ محاسبه می‌شود.

$$SKI = 1 - NSKFB / NSKFA \qquad (۹۵-۳)$$

در این رابطه:

SKI= شاخص افزایش مهارت مشترکین

NSKFB= تعداد مشرکین دارای مهارت قبل از اجرای طرح

NSKFA= تعداد مشرکین دارای مهارت بعد از اجرای طرح

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص ابتدا با بحث و بررسی با مسوولین شبکه سطح مهارت مورد نظر در ارزیابی، به عنوان مهارت موردقبول تعیین می‌شود. این سطح می‌تواند موفقیت مشترکین در رفع مشکلات فنی سامانه، شرکت ایشان در دوره‌های مهارت افزایی، حضور در کلاس‌های ترویجی... تعیین شود. سپس با بررسی گزارشات طرح و مصاحبه با مسوولین شبکه یا اداره امورآب و یا تکمیل پرسش‌نامه اطلاعات مربوط به تعداد مشترکین دارای مهارت قبل و بعد از اجرای طرح کسب می‌گردد و با استفاده از رابطه ۳-۹۵ شاخص افزایش مهارت مشرکین محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص نسبت ایجاد اشتغال

به طور معمول انتظار می‌رود با اجرای طرح‌های شبکه آبیاری میزان اشتغال در منطقه به دلیل گسترش فعالیت‌های کشاورزی افزایش یابد. میزان افزایش اشتغال یکی از جنبه‌های مهم اجتماعی عملکرد شبکه‌های آبیاری است. این شاخص نشان‌دهنده نسبت افزایش اشتغال ناشی از اجرای شبکه است. شاخص نسبت ایجاد اشتغال به صورت نسبت تعداد مشاغل ایجاد شده بعد از اجرای پروژه نسبت به میزان اشتغال پیش‌بینی شده در طرح طبق رابطه ۳-۹۶ محاسبه می‌شود. چنانچه این نسبت بیش‌تر از یک باشد به معنی موفقیت کامل شبکه در ایجاد اشتغال بوده و نمره این شاخص ۱۰۰٪ در نظرگرفته می‌شود.

$$JCR = NJC / AJC \qquad (۹۶-۳)$$

در این رابطه:

JCR= شاخص نسبت ایجاد اشتغال

NJC= تعداد مشاغل ایجاد شده ناشی ازاجرای طرح

AJC= تعداد مشاغل پیش‌بینی شده در اثر اجرای طرح

روش اندازه‌گیری: تعداد مشاغل پیش‌بینی شده در اثر اجرای طرح از گزارش مطالعات استخراج می‌گردد. تعداد مشاغل ایجاد شده با تکمیل پرسش‌نامه تعیین می‌گردد.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار در طول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

- شاخص نسبت مهاجرت

اصولا انتظار می‌رود با اجرای طرح‌های آبیاری روند مهاجرت کاهش یافته و به تعداد خانوارهای ساکن منطقه افزوده شود. بدین ترتیب شاخص نسبت مهاجرت نشان‌دهنده میزان اثر طرح در کاهش میزان مهاجرت خواهد بود که به صورت رابطه ۳-۹۷ محاسبه می‌شود.

$$IR = 1 - NRFB / NRFA \qquad (۹۷-۳)$$

در این رابطه:

IR= شاخص نسبت مهاجرت

NRFB= تعداد خانوارهای ساکن منطقه قبل از اجرای طرح

NRFA= تعداد خانوارهای ساکن منطقه بعد از اجرای طرح و در زمان ارزیابی

چنانچه به طور استثنایی تعداد خانوارهای ساکن منطقه بعد از اجرای طرح کاهش یافته باشد به این معنی است که منطقه علیرغم اجرای طرح، مهاجر فرست است. در این صورت شاخص نسبت مهاجرت منفی شده و لذا نمره این شاخص صفر در نظر گرفته می‌شود، یعنی شبکه هیچ امتیازی درای نزمینه به دست نیاورده است.

روش اندازه‌گیری: تعداد خانوارهای ساکن منطقه قبل از اجرای طرح با مراجعه به گزارشات مطالعات یا آمار مرکز آمار مربوط به سال قبل از اجرای طرح به دست می‌آید. آمار تعداد خانوارهای ساکن طرح بعد از اجرای طرح و در زمان ارزیابی با تکمیل پرسش‌نامه، یا استفاده از آمارهای رسمی مرکز آمار ایران در صورت وجود یا با کسب اطلاع از مسوولین شبکه یا اداره امور آب به دست می‌آید.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص یک‌بار درطول دوره مطالعات ارزیابی شبکه محاسبه می‌شود.

۳-۲-۵- شاخص‌های ارزیابی عمکرد زیست‌محیطی

به طور کلی در زمان طراحی شبکه‌های آبیاری، باید اثرات احداث و توسعه شبکه آبیاری بر روی محیط زیست مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. در مراحل مختلف مطالعات، اثرات زیست‌محیطی طرح پیش‌بینی می‌شود، ولی اثرات واقعی احداث شبکه آبیاری بر روی شرایط زیست‌محیطی، باید با شاخص‌های ارائه شده در این راهنما اندازه‌گیری و مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در این دیدگاه نیز زمینه‌های کیفی و کمی مختلفی قابل بررسی و ارزیابی می‌باشد که به شرح زیر ارائه شده است.

۳-۲-۵-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی

در زمینه ارزیابی کیفی عملکرد زیست‌محیطی، شاخص اهداف زیست‌محیطی معرفی می‌گردد. برای این منظور کارشناس با تجربه و خبره با تجزیه وتحلیل تمامی اطلاعات موجود برآوردی از وضعیت زیست‌محیطی حال حاضر محدوده طرح می‌کند. سپس با مقایسه وضعیت زیست‌محیطی موجود با وضعیت مطلوب، اقدام به امتیازدهی این شاخص می‌نمایند. بر این اساس شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی می‌تواند در مجموع مطلوب، نسبتا مطلوب، متوسط و دور از انتظار (ضعیف) تخمین زده شود.

- شاخص اهداف زیست‌محیطی

هدف بررسی کلی زیست‌محیطی محدوده طرح توسط کارشناس خبره است. بررسی‌های دقیق‌تر با نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌های میدانی مشخص خواهد شد. در این مرحله لازم است که کارشناس با تجربه زیست‌محیطی اقدام به

بازدید موردی یا سراسری از محدوده طرح نماید. نهایتا با مروری بر سابقه مطالعات زیست‌محیطی صورت گرفته در محدوده طرح، گزارش مشکلات زیست‌محیطی موردی و نیز گزارش بازدید میدانی و با در نظر گرفتن موارد زیر اقدام به تخمین وضعیت حال حاضر زیست‌محیطی می‌شود. این موارد عبارتند از:

- میزان تحقق اهداف زیست محیطی مورد نظر پس از احداث شبکه
- بررسی اثر مخرب سامانه آبیاری بر پهنه‌های آبی، تالاب‌ها و زیستگاه‌های پرندگان و حیات‌وحش در محدوده طرح
- ارزیابی نوسانات سطح آب زیرزمینی و زه‌دار شدن اراضی، تغییرات کمّی و کیفی آب زیرزمینی، شوری اراضی و تغییرات آن، بر اساس اطلاعات موجود یا بازدیدهای صحرایی
- میزان بهبود در وضعیت ظاهری کیفیت فیزیکی آب ورودی و خروجی شبکه از نظر مواد معلق، رسوبات، ... پس از اجرای طرح
- هر گونه تغییر در سابقه بروز آلودگی‌های شیمیایی، میکروبی و... مرتبط با آبیاری پس از اجرای سامانه
- وضعیت بهبود بهداشت عمومی در محدوده شبکه مرتبط با آبیاری پس از اجرای طرح

۳-۲-۵-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی

از دیدگاه زیست‌محیطی، شاخص‌های ارزیابی را می‌توان در زمینه‌های خواص فیزیکی و شیمیایی دسته‌بندی کرد. تعاریف، روش اندازه‌گیری و بسامد اندازه‌گیری شاخص‌های زیست‌محیطی به تفکیک زمینه‌های گفته شده در بالا به شرح زیر می‌باشد:

الف- شاخص‌های فیزیکی

از دیدگاه زیست‌محیطی، یک دسته از شاخص‌های ارزیابی مربوط به شرایط فیزیکی محیط زیست می‌باشد. در زمینه شرایط فیزیکی، شاخص‌هایی مانند ماندابی شدن اراضی، تخصیص آب زیست‌محیطی، مواد معلق آب (TSS)، عمق آب زیرزمینی، وسعت پهنه‌های آبی قابل تعریف و ارزیابی می‌باشد.

تعاریف، کاربرد، روش‌ها و بسامد اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی زیست‌محیطی به شرح زیر می‌باشد:

- شاخص ماندابی شدن اراضی

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت گسترش اراضی ماندابی در اثر اجرای شبکه آبیاری و زهکشی می‌باشد. شاخص ماندابی شدن اراضی به صورت نسبت اراضی ماندابی محدوده طرح در شرایط اولیه به وسعت اراضی ماندابی محدوده طرح در شرایط فعلی طرح تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۹۸ قابل محاسبه می‌باشد:

$$I_p = \frac{A_{p1}}{A_{p2}} \qquad (۹۸-۳)$$

که در این رابطه:

I_p = شاخص ماندابی شدن اراضی

A_{p2} = مساحت اراضی ماندابی محدوده طرح پس از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی(هکتار)

A_{p1} = مساحت اراضی ماندابی محدوده طرح پیش از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی (هکتار)

در این رابطه چنانچه مساحت اراضی ماندابی پس از اجرای طرح نسبت به شرایط پیش از اجرای طرح کاهش یافته باشد ($A_{p2} < A_{p1}$) شاخص ارزیابی ماندابی شدن یک فرض می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، مساحت اراضی ماندابی در شرایط فعلی (زمان ارزیابی) باید توسط پیمایش صحرایی و دستگاه GPS یا توسط عکس‌های هوایی ماهواره‌ای جدید اندازه‌گیری شود. مساحت اراضی ماندابی در شرایط پیش از اجرای طرح (زمان مطالعات) نیز باید از گزارش‌های مطالعات استخراج گردد. با داشتن این دو مساحت و استفاده از رابطه ۳-۹۸ می‌توان شاخص ماندابی شدن را اندازه‌گیری کرد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت برای کل محدوده اراضی و تکرار آن یک بار در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص تخصیص آب زیست‌محیطی

تعاریف و کابرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان کفایت آب تخصیص داده شده به محیط زیست در محدوده طرح می‌باشد. شاخص تخصیص آب زیست‌محیطی به صورت نسبت آب تامین شده برای محیط زیست پس از اجرای طرح به آب تامین شده برای محیط زیست پیش از اجرای طرح بیان می‌شود و از رابطه ۳-۹۹ محاسبه می‌شود:

$$I_{en} = \frac{V_{en2}}{V_{en1}} \qquad (۹۹-۳)$$

که در این رابطه:

I_{en} = شاخص تخصیص آب زیست‌محیطی

V_{en2} = حجم آب تخصیص داده شده به محیط زیست پس از اجرای طرح (میلیون مترمکعب)

V_{en1} = حجم آب تخصیص داده شده به محیط زیست پیش از اجرای طرح (میلیون مترمکعب)

در این رابطه، چنانچه حجم آب تخصیص داده شده به محیط زیست پس از اجرای طرح بزرگ‌تر از آب تخصیص یافته به محیط زیست قبل از اجرای طرح باشد، این شاخص برابر یک می‌باشد.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، حجم آب تخصیص داده شده به محیط زیست پیش از اجرای طرح از گزارش مطالعات مرحله اول طرح یا گزارش تخصیص آب قابل دریافت می‌باشد. حجم آب تخصیص داده شده به محیط زیست پس از اجرای طرح نیز از مدارک و مستندات شرکت بهره‌بردار یا اداره آبیاری محل دریافت می‌گردد. در صورت موجود نبودن این اطلاعات باید آب خروجی از انتهای محدوده طرح اندازه‌گیری و به عنوان آب زیست‌محیطی منظور

شود با داشتن این دو حجم آب و به کار بردن رابطه ۳-۹۹ می‌توان شاخص ارزیابی بهبود تخصیص آب زیست محیطی را اندازه‌گیری کرد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در هر ماه از سال می‌باشد و بهتر است در صورت امکان در چند سال که دارای بارندگی‌های متفاوت می‌باشد، تکرار گردد.

- شاخص مواد معلق آب آبیاری

تعاریف کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان افزایش یا کاهش مواد معلق موجود در آب آبیاری می‌باشد چرا که پس از اجرای طرح و تغییر سامانه ذخیره و انتقال آب نسبت به شرایط قبل از اجرای طرح، معمولا میزان مواد معلق آب آبیاری نیز تغییر می‌کند. این شاخص به صورت نسبت مواد معلق موجود در آب آبیاری پیش از اجرای طرح به مواد معلق موجود در آب آبیاری پس از اجرای طرح تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۰۰ برآورد می‌گردد:

$$I_{sp} = \frac{Csp_1}{Csp_2} \qquad (۱۰۰-۳)$$

که در این رابطه:

I_{sp} = شاخص مواد معلق آب آبیاری

Csp_2 = میزان مواد معلق موجود در آبیاری پس از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)

Csp_1 = میزان مواد معلق موجود در آبیاری پیش از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)

در این رابطه چنانچه غلظت مواد معلق در آب آبیاری پس از اجرای طرح نسبت به شرایط پیش از اجرای طرح کاهش یافته ($Csp2 < Csp2$) باشد، شاخص مواد معلق آب آبیاری یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص نخست باید میزان مواد معلق موجود در آب آبیاری پیش از اجرای طرح را از گزارش‌ها و مستندات مطالعات مرحله اول و دوم طرح برداشت کرد. میزان مواد معلق موجود در آب آبیاری پس از اجرای طرح نیز در صورت انجام اندازه‌گیری مستمر قبلی، از مدارک موجود برداشت گردد، در غیر این صورت در محل آبگیرهای مزارع از آب آبیاری نمونه‌برداری شود و با ارسال آن به آزمایشگاه میزان مواد معلق آن اندازه‌گیری شود. با داشتن میزان مواد معلق پیش و پس از اجرای طرح و به کار بردن رابطه ۳-۱۰۰ شاخص مواد معلق آب آبیاری محاسبه می‌گردد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در هر ماه در طول فصل زراعی می‌باشد. تکرار اندازه‌گیری‌ها نیز یک‌بار در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص عمق آب زیرزمینی

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده وضعیت عمق آب زیرزمینی در اثر اجرای شبکه آبیاری و زهکشی می‌باشد. شاخص عمق آب زیرزمینی به صورت نسبت عمق فعلی آب زیرزمینی به عمق اولیه آب زیرزمینی تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۰۱ قابل محاسبه می‌باشد:

$$Igw = \frac{D_{gw2}}{D_{gw1}} \qquad (۱۰۱-۳)$$

که در این رابطه:

Igw = شاخص عمق آب زیرزمینی

D_{gw2} = عمق آب زیرزمینی پس از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی (متر از سطح دریا)

D_{gw1} = عمق آب زیرزمینی پیش از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی (متر از سطح دریا)

چنانچه عمق آب زیرزمینی در شرایط فعلی (پس از اجرای طرح) نسبت به شرایط اولیه و پیش از اجرای طرح افزایش یافته باشد شاخص عمق آب زیرزمینی یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید ابتدا عمق آب زیرزمینی قبل از اجرای طرح را از گزارش‌ها و مدارک مطالعات مرحله قبل برداشت کرده عمق فعلی آب زیرزمینی نیز باید از پیزومترهای موجود یا با استفاده از چاه‌های موجود تعیین گردد. با داشتن این دو مقدار می‌توان شاخص آب زیر زمینی را اندازه‌گیری کرد.

بسامد اندازه‌گیری: با توجه به امکان تغییرات فصلی عمق آب زیر زمینی اندازه‌گیری این شاخص یک‌بار در هر فصل کفایت می‌کند.

از آنجا که نوسان عمق آب زیرزمینی در ماه‌های مختلف چندان تغییر نمی‌کند یک‌بار اندازه‌گیری این شاخص در طول مطالعات ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص وسعت پهنه‌های آبی

تعریف و کاربرد: پهنه‌های آبی به مفهوم محدوده آبگیرها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها، نقش بسیار مهمی در حفظ محیط زیست داشته و مراقبت از این محدوده ها در چارچوب شبکه‌های آبیاری و زهکشی ضروری است. در این راستا شاخص وسعت پهنه‌های آبی به صورت نسبت مساحت پهنه‌های آبی فعلی به مساحت پهنه‌های آبی اولیه تعریف و با رابطه ۳-۱۰۲ محاسبه می‌شود:

$$Iwl = \frac{A_{wl2}}{A_{wl1}} \qquad (۱۰۲-۳)$$

که در این رابطه:

Iwl = شاخص وسعت پهنه‌های آبی

A_{wl2} = مساحت پهنه‌های آبی فعلی (پس از اجرای طرح) بر حسب هکتار

A_{wl1} = مساحت پهنه‌های آبی قبلی (پیش از اجرای طرح) بر حسب هکتار

در ارزیابی پهنه‌های آبی چنانچه مساحت پهنه‌های آبی فعلی نسبت به مساحت پهنه‌های آبی قبلی افزایش یافته باشد ($A_{wl2<}A_{wl1}$) این شاخص یک فرض می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص در گام نخست مساحت پهنه‌های آبی اولیه محدوده شبکه آبیاری و زهکشی از مدارک و گزارش‌های مطالعات مرحله اول طرح به دست می‌آید. مساحت فعلی پهنه‌های آبی محدوده طرح نیز در صورت وجود از عکس‌های هوایی و ماهواره ای و در غیر این صورت باید با پیمایش صحرایی و استفاده از دوربین نقشه‌برداری یا دستگاه GPS اندازه‌گیری شود.

بسامد اندازه‌گیری: با توجه به نوسان کم پهنه‌های آبی در طی ماه‌های مختلف یک سال، اندازه‌گیری این شاخص یک نوبت در طول دوره مطالعات ارزیابی کفایت می‌کند.

ب- شاخص‌های خواص شیمیایی

از دیدگاه زیست‌محیطی، دسته دیگری از شاخص‌های ارزیابی مربوط به خواص شیمیایی آب و خاک می‌باشند. در زمینه شاخص‌های شیمیایی، شاخص‌هایی مانند شوری آب آبیاری، شوری آب زهکشی زه‌آب‌ها، نسبت سدیم، کلر، بر، نیتروژن، بیکربنات و اسیدیته و قلیائیت آب و خاک (pH) قابل طرح می‌باشد. تعاریف و کاربرد، روش‌ها و بسامد اندازه‌گیری هر یک از شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد.

- شاخص شوری آب آبیاری

تعریف و کاربرد: شاخص شوری آب آبیاری نشان‌دهنده میزان تغییر در شوری آب آبیاری پس از اجرای طرح می‌باشد. به طور کلی پس از اجرای طرح‌های آبیاری و زهکشی و تغییر در رژیم طبیعی آب، تغییراتی در شوری آب رخ می‌دهد، این شاخص کمک می‌کند. تا ارزیاب نسبت به این تغییرات اظهارنظر کند. شاخص شوری آب آبیاری به صورت نسبت شوری آب آبیاری پیش از اجرای طرح به شوری آب آبیاری پس از اجرای طرح تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۰۳ محاسبه می‌شود:

$$Isw = \frac{E_{cw1}}{E_{cw2}} \qquad (۱۰۳-۳)$$

که در این رابطه:

Isw = شاخص شوری آب آبیاری

E_{cw2} = هدایت الکتریکی آب آبیاری پس از اجرای طرح (دسی زیمنس بر متر)

E_{cw1} = هدایت الکتریکی آب آبیاری پیش از اجرای طرح (دسی زیمنس بر متر)

در اندازه‌گیری این شاخص، چنانچه شوری کنونی آب آبیاری نسبت به شوری اولیه آبیاری کاهش یافته باشد شاخص شوری آب آبیاری برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری شاخص شوری آب آبیاری، نخست باید شوری اولیه آب آبیاری از گزارش‌های مطالعات مرحله اول و دوم طرح برداشت گردد، در قدم بعدی باید شوری آب آبیاری در شرایط کنونی در محل آبگیرها اندازه‌گیری شود. چنانچه این کار به صورت مستمر اندازه‌گیری شده باشد، نیازی به اندازه‌گیری مجدد نبوده و از همان

مدارک و مستندات استفاده شود، در غیر این صورت می‌توان با ابزار هدایت سنج الکتریکی این کار را به صورت صحرایی انجام داد و در صورت موجود نبودن این ابزار از آب نمونه‌گیری و به آزمایشگاه ارسال شود تا در آنجا اندازه‌گیری لازم انجام پذیرد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص حداقل یک نوبت اندازه‌گیری در هر ماه از فصل زراعی و تکرار آن یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند. در نهایت نیز باید از شاخص‌های محاسبه شده میانگین گرفته شود.

- شاخص شوری آب زهکشی زه‌آب‌ها

تعریف و کاربرد: پس از احداث شبکه‌های آبیاری و آغاز عملیات آبیاری، کیفیت آب زهکش‌ها دچار تغییر می‌شود. ارزیابی این تغییرات از دیدگاه زیست‌محیطی پر اهمیت می‌باشد. برای این منظور، شاخص شوری آب زهکشی مناسب می‌باشد. این شاخص به صورت نسبت شوری آب زهکش‌ها پیش از اجرای طرح به شوری آب زهکش‌ها پس از اجرای طرح تعریف می‌شود. و از رابطه ۳-۱۰۴ محاسبه می‌شود:

$$Isd = \frac{Ecd1}{Ecd2} \qquad (۱۰۴-۳)$$

که در این رابطه:

Isd = شاخص شوری آب زهکش‌ها

Ecd2 = هدایت الکتریکی آب زهکش‌ها پس از اجرای طرح (دسی زیمنس بر متر)

Ecd1 = هدایت الکتریکی آب زهکش‌ها پیش از اجرای طرح (دسی زیمنس بر متر)

در اندازه‌گیری این شاخص باید دقت داشته که چنانچه شوری کنونی آب زهکش‌ها از شوری اولیه آب زهکش‌ها کم‌تر شده باشد $(Ecd2 < Ecd1)$ شاخص شوری آب زهکش‌ها یک منظور می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری شاخص شوری آب زهکش‌ها، نخست باید شوری آب زهکش‌ها پیش از اجرای طرح از مدارک و مستندات مطالعات مرحله اول طرح برداشت گردد. در گام دوم باید شوری آب زهکش‌ها پس از احداث طرح نیز اندازه‌گیری شود. برای این منظور یا می‌توان توسط ابزار هدایت سنج الکتریکی این کار را انجام داد و یا آن‌که از زهاب خروجی نمونه‌گیری کرد و شوری آب را در آزمایشگاه اندازه‌گیری کرد. با داشتن شوری آب زهکش‌ها در شرایط پیش از انجام طرح و در شرایط پس از انجام طرح در ماه‌های متناظر و با استفاده از رابطه۳-۱۰۴ شاخص بهبود شوری آب زهکش‌ها محاسبه می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: این شاخص باید یک نوبت در هر ماه در طول فصل زراعی اندازه‌گیری شود. تکرار اندازه‌گیری‌ها نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند. در نهایت از شاخص‌های محاسبه شده باید میانگین گرفته شود.

- شاخص نسبت سدیم

تعریف و کاربرد: شاخص نسبت سدیم، نشان‌دهنده مقدار سدیم آب (یا خاک) در اثر اجرای طرح می‌باشد، این شاخص به صورت نسبت مقدار سدیم اولیه آب (یا خاک) به مقدار سدیم کنونی آب (یا خاک) می‌باشد. شاخص نسبت سدیم به صورت رابطه ۳-۱۰۵ تعریف می‌شود:

$$IN = \frac{CN1}{CN2} \qquad (۱۰۵-۳)$$

که در این رابطه:

IN= شاخص نسبت سدیم

CN1= غلظت سدیم اولیه آب یا خاک (میلی‌گرم در لیتر)

CN2= غلظت سدیم کونی آب یا خاک (میلی‌گرم در لیتر)

در اندازه‌گیری این شاخص باید در نظر داشت که چنانچه مقدار سدیم آب یا خاک در شرایط کنونی نسبت به شرایط اولیه کاهش داشته باشد (CN2<CN1) این شاخص برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: در اندازه‌گیری این شاخص باید در نظر داشت که چنانچه مقدار سدیم آب با خاک در شرایط کنونی نسبت به شرایط اولیه کاهش یافته باشد این شاخص برابر یک در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری شاخص نسبت سدیم باید مقدار سدیم آب (یا خاک) در شرایط اولیه از مدارک و مستندات مطالعات مرحله اول طرح برداشت گردد. مقدار سدیم آب (یا خاک) در شرایط فعلی نیز با نمونه‌گیری از آب (یا خاک) و ارسال آن به آزمایشگاه تعیین می‌گردد. با داشتن این مقدار و استفاده از رابطه ۳-۱۰۵می‌توان این شاخص را اندازه‌گیری کرد.

بسامد اندازه‌گیری: از آنجا که میزان سدیم در آب (یا خاک) در ماه‌های مختلف سال تفاوت می‌کند باید این شاخص را برای هر ماه از فصل زراعی جداگانه محاسبه کرد. تکرار اندازه‌گیری نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص نسبت کلر

تعریف و کاربرد: شاخص نسبت کلر نشان‌دهنده میزان تغییر در کلر آب پس از اجرای طرح می‌باشد. این شاخص به صورت نسبت میزان کلر آب پیش از اجرای طرح به میزان کلر آب پس از اجرای طرح تعریف و از رابطه ۳-۱۰۶ محاسبه می‌شود:

$$Icl = \frac{Ccl1}{Ccl2} \qquad (۱۰۶-۳)$$

که در این رابطه:

Icl= شاخص نسبت کلر

Ccl2= غلظت کلر پس از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)

Ccl1= غلظت کلر پیش از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)

در اندازه‌گیری این شاخص چنانچه غلظت کلر پس از اجرای طرح نسبت به غلظت پیش از اجرای طرح بهبود یافته باشد (Ccl2<Ccl1) شاخص نسبت کلر یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید در قدم اول میزان کلر آب پیش از اجرای طرح از گزارش خاکشناسی مطالعات مرحله اول استخراج گردد، میزان کلر پس از اجرای طرح نیز با نظر کارشناس خاکشناسی و با استفاده از نمونه‌گیری از محل‌ها ی مناسب و ارسال به آزمایشگاه تعیین می‌شود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد ماه‌های فصل زراعی و تکرار آن نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی می‌باشد. در نهایت باید از شاخص‌های اندازه‌گیری شده متوسط گیری شود.

- شاخص نسبت برم

تعریف و کاربرد: برم یکی از عناصر سمی و خطرناک موجود در آب می‌باشد که باید از لحاظ زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار گیرد برای این منظور از شاخص نسبت برم استفاده می‌شود این شاخص نشان‌دهنده میزان برم در آب می‌باشد و به صورت نسبت برم آب پیش از اجرای شبکه آبیاری به میزان برم آب پس از اجرای شبکه آبیاری تعریف می‌شود. این شاخص با استفاده از رابطه ۳-۱۰۷ محاسبه می‌شود:

$$IB = \frac{CB1}{CB2} \qquad (۱۰۷-۳)$$

که در این رابطه:

IB= شاخص نسبت برم

CB2= غلظت برم آب پس از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)

CB1= غلظت برم آب پیش از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)

در اندازه‌گیری این شاخص باید دقت داشت چنانچه غلظت برم کنونی نسبت به غلظت برم اولیه کاهش یافته باشد (CB2<CB1) شاخص نسبت برم یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص در گام اول باید برم موجود در آب در مرحله قبل از اجرای طرح از مدارک و مستندات مطالعات برداشت شود، سپس برم موجود در آب در شرایط حاضر (مرحله پس از طراحی) با استفاده از نمونه‌برداری آب اندازه‌گیری شود با داشتن این میزان برم و استفاده از رابطه ۳-۱۰۷ می‌توان شاخص نسبت برم را اندازه‌گیری کرد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد ماه‌های فصل زراعی در محدوده طرح و تکرار آن نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند. سپس باید از شاخص‌های اندازه‌گیری شده میانگین‌گیری کرد.

- شاخص نسبت نیتروژن

تعریف و کاربرد: نیتروژن در خاک به صورت ترکیبات مختلفی همچون آمونیوم، نیترات، نیتریت و گاز نیتروژن یافت می‌شود. این عنصر که از عناصر غذایی پر مصرف گیاه می‌باشد همه ساله توسط کودهای شیمیایی و آلی به خاک اضافه می‌شود و در مقابل توسط گیاه مصرف می‌شود. از آنجا که این عنصر در آب محلول می‌باشد، توسط آب منتقل شده و بنابراین از لحاظ زیست‌محیطی کنترل مقدار آن بسیار پر اهمیت می‌باشد. برای ارزیابی میزان نیتروژن خاک از شاخص نسبت نیتروژن در خاک استفاده می‌شود. این شاخص به صورت مقدار نیتروژن خاک در شرایط اولیه به مقدار نیتروژن خاک در شرایط کنونی تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۰۸ محاسبه می‌شود:

$$IN = \frac{CN1}{CN2} \qquad (۱۰۸-۳)$$

که در این رابطه:

IN= شاخص نسبت نیتروژن

CN2= غلظت نیتروژن خاک در شرایط کنونی (میلی‌گرم در لیتر)

CN1= غلظت نیتروژن خاک در شرایط اولیه (میلی‌گرم در لیتر)

در اندازه‌گیری این شاخص باید توجه داشت که چنانچه مقدار غلظت نیتروژن خاک پس از اجرای طرح نسبت به غلظت نیتروژن خاک در شرایط اولیه کاهش یافته باشد(CN1>CN2) شاخص نسبت نیتروژن یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، باید مقدار نیتروژن اولیه خاک را از گزارش‌های خاکشناسی برداشت کرد. مقدار نیتروژن فعلی خاک نیز با نمونه‌گیری از خاک و ارسال آن به آزمایشگاه تعیین می‌گردد. با داشتن این دو مقدار می‌توان شاخص نسبت نیتروژن را از رابطه ۳-۱۰۸ محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد سری خاک می‌باشد و تکرار آن نیز یک نوبت در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص نسبت بیکربنات خاک

تعریف و کاربرد: این شاخص نشان‌دهنده میزان بیکربنات خاک در اثر اجرای طرح شبکه آبیاری می‌باشد. شاخص نسبت بیکربنات به صورت نسبت بیکربنات خاک پیش از اجرای طرح به بیکربنات خاک پس از اجرای طرح تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۰۹ قابل محاسبه می‌شود:

$$IBic = \frac{CBic1}{CBic2} \qquad (۱۰۹-۳)$$

که در این رابطه:

IBic= شاخص نسبت بیکربنات

CBic2= غلظت بیکربنات خاک پس از اجرای شبکه آبیاری (میلی‌گرم در لیتر)

CBic1= غلظت بیکربنات خاک پیش از اجرای شبکه آبیاری (میلی‌گرم در لیتر)

در اندازه‌گیری این شاخص باید توجه داشت که چنانچه مقدار غلظت بیکربنات خاک پس از اجرای طرح نسبت به غلظت بیکربنات در شرایط اولیه کاهش یافته باشد(CBic1>CBic2)، مقدار شاخص نسبت بیکربنات یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص، باید نخست غلظت بیکربنات خاک را پیش از اجرای طرح از گزارش‌ها و مستندات مطالعات خاکشناسی مرحله اول طرح به دست آورد. در گام دوم باید غلظت بیکربنات خاک را با استفاده از نمونه‌برداری از محل‌ها و عمق‌های مناسب خاک و تحویل آن به آزمایشگاه در شرایط حاضر (پس از اجرای طرح) تعیین کرد. با مشخص شدن غلظت یون بیکربنات پیش و پس از اجرای طرح می‌توان شاخص بهبود بیکربنات خاک را با بهره‌گیری از رابطه ۳-۱۰۹ به دست آورد.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص به تعداد سری‌های خاک محدوده طرح می‌باشد. تکرار اندازه‌گیری‌ها نیز یک نوبت در طول مطالعات ارزیابی کفایت می‌کند.

- شاخص اسیدیته و قلیائیت آب یا خاک (pH)

تعریف و کاربرد: این شاخص یکی از شاخص‌های بسیار مهم آب و خاک می‌باشد که بر روی بسیاری از خواص دیگر از لحاظ زیست‌محیطی اثر می گذارد. چنانچه اسدیتیه آب یا خاک عدد ۷ باشد آب یا خاک نرمال و طبیعی است ولی چنانچه این عدد کوچک‌تر از ۷ باشد یعنی قدرت اسیدی افزایش یافته و بر عکس چنانچه اعداد بزرگ‌تر از ۷ باشد به معنی افزایش خواص قلیائی می‌باشد. چنانچه قبل از اجرای طرح pH آب (یا خاک) اسیدی باشد، شاخص اسیدیته آب (یا خاک) به صورت نسبت اسدیته آب(یا خاک) در شرایط پس از اجرای طرح به نسبت اسدیته آب(یا خاک) قبل از اجرای طرح تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۱۰ محاسبه می‌شود:

$$I_{pHA} = \frac{pH_2}{pH_1} \qquad (۱۱۰-۳)$$

که در این رابطه:

I_{pHA} = شاخص اسدیته آب (یا خاک)

pH_2 = اسدیته آب (یا خاک) پس از اجرای طرح

pH_1 = اسدیته آب (یا خاک) قبل از اجرای طرح

در این شرایط اگر اسیدیته شرایط کنونی بزرگ‌تر از اسیدیته شرایط اولیه باشد $(pH_2 > pH_1)$ شاخص اسیدیته یک در نظر گرفته می‌شود.

چنانچه قبل از اجرای طرح pH آب (یا خاک) قلیائی باشد، شاخص قلیائیت آب(یا خاک) I_{pHB} به صورت نسبت اسدیته آب (یا خاک) در شرایط پیش از اجرای طرح به اسدیته آب (یا خاک) در شرایط پس از اجرای طرح تعریف می‌شود و از رابطه ۳-۱۱۱ محاسبه می‌شود.

$$I_{pHB} = \frac{pH_1}{pH_2} \qquad (۱۱۱-۳)$$

که در این رابطه تعریف عوامل مانند رابطه۳-۱۱۱ می‌باشد.

در این شرایط نیز اگر اسدیته پس از اجرای طرح از اسیدیته در شرایط اولیه کم‌تر شده باشد ($pH_2 < pH_1$) شاخص قلیائیت یک در نظر گرفته می‌شود.

روش اندازه‌گیری: برای اندازه‌گیری این شاخص باید مقدار اسیدیته آب یا خاک را در شرایط اولیه قبل از اجرای طرح از گزارش‌های مطالعات مرحله اول به دست آورد. مقدار اسیدیته شرایط کنونی را نیز با یک دستگاه pH متر و یا با گرفتن نمونه و ارسال آن به آزمایشگاه می‌توان تعیین نمود. با داشتن این دو مقدار و استفاده از روابط ۳-۱۱۰و ۳-۱۱۱ می‌توان شاخص اسیدیته یا قلیائیت آب یا خاک را محاسبه نمود.

بسامد اندازه‌گیری: تعداد اندازه‌گیری این شاخص حداقل یک نوبت در هر ماه در طول فصل زراعی می‌باشد. تکرار آن نیز یک بار در طول دوره ارزیابی کفایت می‌کند. در پایان باید از شاخص‌های اندازه‌گیری شده، میانگین گرفته و این مقدار به عنوان شاخص اسدیته یا قلیائیت اعلام گردد.

۳-۳- ارزش‌گذاری شاخص‌ها

شاخص‌های کیفی و کمی ارزیابی عملکرد سامانه‌های تحت‌فشار و کم فشار، بر مبنای دیدگاه‌های مختلف ارزیابی معرفی شدند. لازم است شاخص‌های ارائه شده بر اساس قضاوت مهندسی کارشناسان خبره در هر دیدگاه یا زمینه ارزیابی علکرد رتبه‌بندی و ارزش‌گذاری شوند. در ادامه نحوه کمی کردن شاخص‌های کیفی و ارزش‌گذاری آن‌ها و همچنین ارزش‌گذاری شاخص‌های کمی ارائه شده است. با محاسبه و ارزش‌گذاری شاخص‌ها، امکان ارزیابی عملکرد شبکه فراهم می‌شود.

۳-۳-۱- ارزش‌گذاری شاخص‌های کیفی

پس از تعیین مطلوبیت شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد، نوبت به محاسبه آن‌ها می‌گردد. محاسبه شاخص‌ها به مفهوم تعیین مقدار عددی شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرداست. با این کار امکان محاسبه شاخص‌ها به تفکیک و نهایتا محاسبه نمره ارزیابی عملکرد کیفی سامانه‌ها فراهم می‌شود.

کمی کردن شاخص‌های کیفی باید با نظرکارشناسان خبره و بر اساس میزان کاربرد هر شاخص در طرح مورد مطالعه انجام گیرد. نمونه‌ای از تبدیل ارزش کیفی شاخص‌ها به ارزش کمی به منظور ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی، در جدول (۳-۲۱) ارائه شده است (راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری ثقلی). روش تبدیل ارزش کیفی به کمی ارائه شده در جدول (۳-۲۱) در صورت اعمال نظر کارشناسی برای ارزیابی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار نیز قابل استفاده می‌باشد. مقادیر ارائه شده در این جدول مقادیر پایه بوده و انتخاب نمره نهایی بر اساس نظر

کارشناس خبره انجام می‌گیرد. رتبه‌بندی و ارزش‌گذاری نهایی شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1])، که در پیوست ۱ تشریح شده است، انجام می‌شود.

۳-۳-۲- ارزش‌گذاری شاخص‌های کمی

شاخص‌های کمی معرفی شده جهت ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی، که یک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، انجام می‌گیرد. با استفاده از این روش اهمیت نسبی معیارها مشخص شده و امکان تعریف مساله به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌شود. کلیات و مراحل انجام روش تحلیل سلسله مراتبی به تفصیل در پیوست ۱ آمده است.

جدول ۳-۲۱- نحوه کمی نمودن شاخص‌های کیفی (راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری ثقلی)

ردیف	موضوع شاخص	ارزش کیفی	ارزش کمی	
			حداقل	حداکثر
۱	فنی	خوب	۲۲/۵	۳۰
		متوسط	۱۵	۲۲/۴
		ضعیف	۷/۵	۱۴/۹
		بسیار ضعیف	۰/۰	۷/۴
۲	مدیریتی	خوب	۱۵	۲۰
		متوسط	۱۰	۱۴/۹
		ضعیف	۵	۹/۹
		بسیار ضعیف	۰/۰	۴/۹
۳	اقتصادی	خوب	۷/۵	۱۰/۰
		متوسط	۵/۰	۷/۴
		ضعیف	۲/۵	۴/۹
		بسیار ضعیف	۰/۰	۲/۴
۴	اجتماعی	خوب	۷/۵	۱۰/۰
		متوسط	۵/۰	۷/۴
		ضعیف	۲/۵	۴/۹
		بسیار ضعیف	۰/۰	۲/۴
۵	زیست‌محیطی	خوب	۱۱/۳	۱۵
		متوسط	۷/۵	۱۱/۲
		ضعیف	۳/۸	۷/۴
		بسیار ضعیف	۰/۰	۳/۷

1- Analytical Hierarchy Process

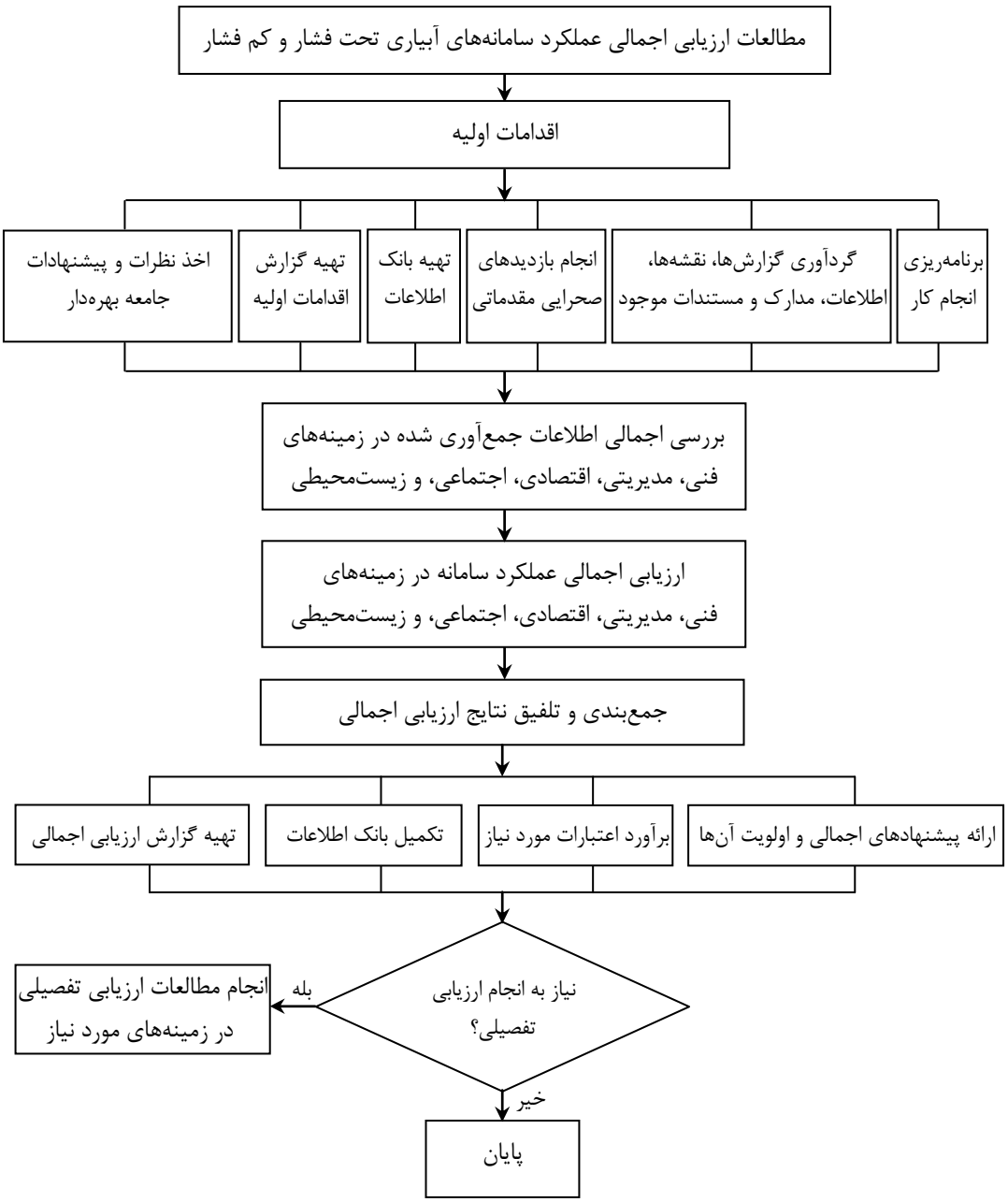
فصل ۴

ارزیابی اجمالی

۴-۱- کلیات

هدف از ارزیابی اجمالی شناخت عمومی مسایل و مشکلات و تعیین زمینه‌های اصلی ضعف عملکرد و شاخص‌های عمده آن و تعیین ضرورت انجام ارزیابی تفصیلی می‌باشد. این مرحله ارزیابی در واحدهای عمرانی شبکه انجام می‌شود. در این مرحله با استفاده از اطلاعات موجود، انجام بازدیدهای صحرایی، و مصاحبه با نمایندگان ذی‌نفعان پروژه باید به اهداف کلی مورد نظردست یافت. چنانچه در این مرحله مشکل جدی در مورد عملکرد شبکه دیده نشود یا مشکلات محدودی ملاحظه گردد، با ارائه پیشنهادهای اصلاحی می‌توان مطالعات را در همین مرحله به پایان رساند.

بهبود عملکرد طرح‌های آبیاری هنگامی میسر خواهد بود که عملکرد فعلی (وضع موجود) سامانه به طور کامل و جامع شناسایی شوند. به بیان دیگربا انجام مطالعات چند گرایشی و بررسی‌های میدانی پیرامون کل محدوده طرح آبیاری، تمامی مشکلات موجود سامانه شناسایی گردند. شناخت دقیق وضعیت حال حاضر سیستم متضمن ارزیابی واقعی سیستم و ارائه راه حل‌های عملی در بهبود عملکرد سامانه خواهد بود. یکی دیگر از الزامات دستیابی به ارزیابی صحیح عملکرد سامانه‌های آبیاری، درک واضح و کامل از اهداف اصلی و جزئی ایجاد سامانه آبیاری و میزان دستیابی به این اهداف اصلی (مانند بهبود رفاه کشاورزان) از طریق تامین اهداف جزئی طرح (مانند بهره‌برداری موثر) می‌باشد. لذا ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری با تعیین چگونگی و میزان تحقق اهداف جزئی طرح امکان پذیر خواهد بود. بر همین اساس، روش ارزیابی عملکرد اجمالی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار معرفی شده در این پیش‌نویس، بر اساس مقایسه عملکرد حال حاضر آن با عملکرد مطلوب در زمان طراحی سامانه (یا طرح اولیه پس از ساخت)، با استفاده از شاخص‌های کیفی و کمی ارزیابی عملکرد انجام خواهد گرفت. به منظور روشن شدن نحوه انجام کار، شکل (۴-۱) تهیه شده که روند انجام ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۱- روند انجام ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار

۴-۲- اقدامات اولیه ارزیابی عملکرد اجمالی

اقدامات اولیه جهت ارزیابی عملکرد اجمالی سامانه‌های آبیاری، که در فصل سوم این پیش‌نویس به تشریح آن‌ها پرداخته شد، عبارت از موارد زیر می‌باشند:

- برنامه‌ریزی ارزیابی اجمالی عملکرد
- جمع‌آوری گزارش‌های مصوب مراحل مختلف پروژه برای ارزیابی اجمالی
- انجام بازدیدهای صحرایی

- تهیه بانک اطلاعات
- تهیه گزارش اقدامات اولیه به منظور مستندسازی اقدامات صورت گرفته و کسب نظرات کارفرما

۴-۳- بررسی اجمالی اطلاعات جمع‌آوری شده در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی

این مرحله عبارت از بررسی، محاسبه و نمره‌دهی شاخص‌های کیفی و کمی مورد استفاده در ارزیابی اجمالی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی می‌باشد.

همان طور که بیان شد، شاخص‌های کیفی بر پایه اطلاعات موجود شامل اندازه‌گیری‌های قبلی انجام شده، اطلاعات کتابخانه‌ای، مشاهدات عینی در بازدیدهای میدانی، اظهارات خبرگان و کارشناسان در ارتباط با سامانه برآورد می‌شوند. در واقع قضاوت مهندسی کارشناس خبره شبکه‌های آبیاری مبنای محاسبه شاخص‌های کیفی می‌باشد. جهت ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری، آن دسته از شاخص‌های کمی مورد استفاده قرار می‌گیرند که بیانگر وضعیت عمومی و کلی سامانه آبیاری در هر زمینه ارزیابی باشند. به عبارت دیگر شاخص‌های کیفی و کمی مورد استفاده در ارزیابی اجمالی باید شاخص‌های کلیدی ارزیابی باشند که وضعیت عملکرد حال حاضر سیستم را به‌خوبی نشان داده و ضرورت ادامه ارزیابی عملکرد سامانه در مرحله تفصیلی را بیان نمایند.

شاخص‌های کمی که وضعیت عملکرد اجزای سامانه را مورد ارزیابی قرار می‌دهند، در مرحله ارزیابی توصیفی استفاده می‌شوند. مقادیر شاخص‌های کمی مورد استفاده در ارزیابی اجمالی از اندازه‌گیری‌های انجام شده در مطالعات قبلی، منابع کتابخانه ای قابل دسترس، مصاحبه با کارفرمایان محلی، بهره‌برداران و ذی نفعان سامانه آبیاری و نیز بر اساس قضاوت مهندسی کارشناس خبره محاسبه می‌شوند. در این مرحله از ارزیابی عملکرد، اندازه‌گیری میدانی برای محاسبه شاخص‌ها صورت نگرفته و هرگونه اندازه‌گیری صحرایی و تکمیل پرسش‌نامه‌های تکمیلی تنها در مرحله تفصیلی صورت می‌گیرد.

در واقع مبنای تفکیک شاخص‌های ارزیابی عملکرد مورد استفاده در مراحل ارزیابی اجمالی و تفصیلی، کلیدی بودن شاخص‌ها، شیوه و زمان محاسبه آن‌ها است. آن دسته از شاخص‌های کیفی و کمی که محاسبه و نمره‌دهی آن‌ها نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی ندارند، در مرحله ارزیابی اجمالی قابل محاسبه می‌باشند. همچنین شاخص‌هایی که برآورد مقدار آن‌ها نیازمند صرف زمان طولانی، برای ثبت مشاهدات یا جمع‌آوری آن‌ها است، نیز در مرحله ارزیابی اجمالی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. در ادامه شاخص‌های ارزیابی عملکرد که در ارزیابی اجمالی شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند، به تفکیک زمینه ارزیابی معرفی خواهند شد.

۴-۴- شاخص‌های ارزیابی عملکرد درزمینه‌های مختلف فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد استفاده در ارزیابی اجمالی عملکرد شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار

در این قسمت شاخص‌های ارزیابی عمکرد کیفی و کمی مورد استفاده در ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، به تفکیک زمینه‌های مختلف ارزیابی عملکرد در پنج دسته فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، معرفی خواهند شد. لازم به ذکر است که در هر مورد و بنا به نظر کارشناسان خبره تعدیل، اضافه یا حذف شاخص‌های ارزیابی عملکرد قابل انجام می‌باشد.

لازم به ذکر است که شاخص معرفی شده در ادامه شاخص‌های کلیدی قابل استفاده در ارزیابی اجمالی می‌باشند. محاسبه برخی از این شاخص‌های کمی کلیدی مستلزم وجود اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌های دوره‌ای و صحرایی است. در صورتی که این اطلاعات از قبل موجود باشد و یا توسط کارشناس خبره در هنگام بازدیدهای میدانی قابل تخمین باشد، می‌توان از این شاخص‌ها در بررسی اجمالی شبکه‌های آبیاری استفاده نمود.

۴-۴-۱- شاخص‌های ارزیابی عمکرد فنی

۴-۴-۱-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد فنی

- شاخص ارزیابی شناسنامه کلی طرح
- شاخص ارزیابی مشخصات طراحی
- شاخص ارزیابی وضعیت اجزای شبکه

۴-۴-۱-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد فنی

- شاخص‌های ارزیابی تجهیزات و شیرآلات
  - شاخص کمی شیرآلات
  - شاخص کیفی شیرآلات
- شاخص‌های ارزیابی ایستگاه‌های پمپاژ
  - شاخص کمیت پمپ و الکتروموتور
  - شاخص کیفیت پمپ و الکتروموتور
  - شاخص کمیت کانال
  - شاخص کیفیت کانال
  - شاخص کمیت لوله
  - شاخص کیفیت لوله

- شاخص کمیت سازه‌ها
- شاخص کیفیت سازه‌ها

۴-۴-۲- شاخص‌های ارزیابی عمکرد مدیریتی

۴-۴-۲-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد مدیریتی

- شاخص ارزیابی اهداف مدیریتی
- شاخص ارزیابی مطلوبیت روش بهره‌برداری و نگهداری

۴-۴-۲-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد مدیریتی

- شاخص‌های ارزیابی بهره‌برداری
  - شاخص راندمان انتقال آب
- شاخص‌های ارزیابی نگهداری
  - شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات
  - شاخص نگهداری پمپ‌ها و الکتروموتورها
- شاخص‌های ارزیابی مدیریت شبکه
  - شاخص کفایت کارکنان
  - شاخص کیفیت کارکنان
  - شاخص کفایت بودجه

۴-۴-۳- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اقتصادی

۴-۴-۳-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد اقتصادی

- شاخص کیفی اهداف اقتصادی
- شاخص کیفی اعتبارات امور مدیریتی، بهره‌برداری و نگهداری

۴-۴-۳-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد اقتصادی

- شاخص‌های هزینه‌ای طرح
  - شاخص کفایت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه
  - شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری
  - شاخص کفایت هزینه‌های نگهداری

- شاخص کفایت هزینه انرژی مصرفی
- شاخص‌های عملکرد اقتصادی
- شاخص نسبت سود خالص یا به هزینه

۴-۴-۴- شاخص‌های ارزیابی عمکرد اجتماعی

۴-۴-۴-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد اجتماعی

- شاخص اهداف اجتماعی

۴-۴-۴-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد اجتماعی

- شاخص رضایت‌مندی
- شاخص مشارکت در مدیریت

۴-۴-۵- شاخص‌های ارزیابی عمکرد زیست‌محیطی

۴-۴-۵-۱- شاخص‌های کیفی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی

- شاخص اهداف زیست‌محیطی

۴-۴-۵-۲- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی

- شاخص‌های شرایط فیزیکی
  - شاخص ماندابی شدن اراضی
- شاخص‌های خواص شیمیایی
  - شاخص شوری آب
  - شاخص شوری آب زهکشی

۴-۵- جمع‌بندی وتلفیق نتایج شاخص‌های کمی و کیفی

انتخاب شاخص‌های ارزیابی اجمالی در هر یک از زیرمجموعه‌ها و زمینه‌های ارزیابی عملکرد با پذیرش شاخص‌های پیشنهادی، یا انتخاب برخی از آن‌ها، یا تکمیل آن‌ها با برخی شاخص‌های ارزیابی تفصیلی متناسب با اطلاعات جمع‌آوری شده و نیازهای شبکه توسط کارشناسان خبره انجام خواهد گرفت.

پس از محاسبه و نمره‌دهی شاخص‌های کیفی و کمی انتخاب شده برای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار نوبت به ارزش‌گذاری این شاخص‌ها می‌گردد. در این مرحله لازم است ضریب اهمیت وزنی شاخص‌های مورد

استفاده در ارزیابی اجمالی در هر یک از زیرمجموعه‌ها و زمینه‌های ارزیابی عملکرد اجمالی تعیین گردد. سپس ضریب اهمیت وزنی زیرمجموعه‌های ارزیابی و پس از آن ضریب اهمیت وزنی هر یک از زمینه‌های ارزیابی باید مشخص گردد. لازم به توضیح است که در این پیش‌نویس پیشنهاد می‌شود تا ارزش‌گذاری بر اساس قضاوت مهندسی کارشناسان خبره و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام گردد. لازم به ذکر است که در طول مراحل انتخاب شاخص‌های ارزیابی و سپس تعیین ضرایب اهمیت وزنی لازم است نظر و تایید کارفرما در موارد فوق الذکر کسب گردد.

همچنین در این مرحله می‌توان با تعیین گستره ضریب وزنی هریک از شاخص‌ها، زیرمجموعه‌ها، و زمینه‌ها، اقدام به تحلیل حساسیت نتایج ارزیابی نسبت به تغییرات وزن آن‌ها در گستره مورد نظر نمود. هدف از انجام این تحلیل، نزدیک نمودن نظرات افراد مرتبط با پروژه در مورد وزن شاخص‌ها، مجموعه‌ها، و زمینه‌ها و نیز امکان حذف شاخص‌ها، مجموعه‌ها، و زمینه‌های غیرضروری در ارزیابی اجمالی می‌باشد.

در گام بعدی نمره ارزیابی اجمالی در سه سطح زیرمجموعه‌ها، زمینه‌ها و نمره کل محاسبه خواهد شد. نمره ارزیابی اجمالی هر یک از زیرمجموعه‌ها به صورت متوسط وزنی شاخص‌های آن محاسبه می‌گردند. به همین ترتیب محاسبه نمره ارزیابی اجمالی هر یک از زمینه‌های ارزیابی به صورت متوسط وزنی نمره زیرمجموعه‌های آن، و نمره ارزیابی اجمالی شبکه به صورت متوسط وزنی نمره زمینه‌های ارزیابی به دست می‌آید. به دنبال مشخص شدن نمره ارزیابی عملکرد شاخص‌ها، زیرمجموعه‌ها، زمینه‌ها و نهایتا نمره ارزیابی عملکرد اجمالی کل شبکه، تجزیه و تحلیل کلیه نمرات در هر سطح انجام خواهد گرفت و میزان مطلوبیت کارکرد سامانه به صورت کلی تا جزیی مشخص می‌گردد. به دنبال تجزیه و تحلیل بررسی‌های اجمالی صورت گرفته در زیرمجموعه‌ها و زمینه‌های مختلف، مشکلات موجود که موجب ضعف عملکرد سامانه در هر زیرمجموعه و زمینه شده مشخص می‌گردند.

۴-۶- جمع‌بندی و تلفیق نتایج ارزیابی اجمالی

در این مرحله اقدام به جمع‌بندی کلی وضعیت سامانه آبیاری شده و عملکرد آن در مقایسه با شرایط مطلوب پیش‌بینی شده در طراحی در زمینه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. امتیاز کمی نهایی حاصل از ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری برای هر زمینه ارزیابی می‌تواند در یکی از دسته‌های ارائه شده در جدول (۴-۱) قرار گیرند. پیشنهاد می‌گردد چنانچه امتیاز کمی ارزیابی اجمالی برای هر زمینه متوسط یا دور از انتظار به دست آید، ارزیابی تفصیلی در آن زمینه انجام گردد. لذا ممکن است ارزیابی تفصیلی در مواردی تنها منوط به یک یا چند زمینه خاص گردد. اما در مورد زمینه‌هایی که نیاز به ارزیابی تفصیلی ندارند مراحل زیر انجام می‌شود.

باید دقت گردد که شاخص‌های ارزیابی عملکرد نیز خود به تنهایی اطلاعات مفیدی را برای گروه ارزیابی فراهم می‌کنند. به خصوص در مواردی که نتایج ارزیابی عملکرد اجمالی در محدوده های مطلوب یا خوب قرار گرفته است. با توجه به نمره به دست آمده در هر زمینه ارزیابی می‌توان میزان فاصله عملکرد سامانه تا حد مطلوب را مشخص نمود. دلایل ضعف عملکرد در هر زمینه باید با بررسی جداگانه شاخص‌های کیفی و کمی ارزیابی عملکرد اجمالی به دست آید.

پس از ترسیم وضعیت عملکرد فعلی شبکه آبیاری و تعیین دلایل ضعف عملکرد موجود، نوبت به ارائه راه‌کارهای بهبود و اصلاح عملکرد خواهد رسید.پس از ارائه پیشنهادهای بهبود عملکرد زمینه‌ها، زیرمجموعه‌ها، و شاخص‌های مورد نظر، باید اولویت‌های اجرای پیشنهادهای بهبود عملکرد تعیین گردند. همچنین برنامه اجرایی پیشنهادها، اعتبارات و زمان مورد نیاز اجرای پیشنهادها نیز باید مشخص گردد.

در انتهای فرآیند ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های تحت‌فشار و کم فشار لازم است گزارش ارزیابی اجمالی شبکه به منظور اعلام نتایج بررسی‌ها و مطالعات، و تصمیم‌گیری در مورد انجام مطالعات تفصیلی در زمینه‌های مختلف شامل موارد زیر ارائه گردند:

- خلاصه اقدامات اولیه
- نتایج بررسی‌های اجمالی اطلاعات جمع‌آوری شده در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی
- نتایج ارزیابی اجمالی در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی
- نتایج جمع‌بندی و تلفیق مطالعات ارزیابی اجمالی سامانه آبیاری به همراه پیشنهادها و راه کارهای توصیه شده در هر زمینه
- اولویت پیشنهادهای بهبود عملکرد، برنامه های اجرایی، اعتبارات و زمان مورد نیاز

جدول ۴-۱- امتیاز کمی نهایی ارزیابی عملکرد اجمالی

ردیف	موضوع شاخص	امتیاز کمی نهایی حاصل از ارزیابی عملکرد	توصیف کیفی زمینه ارزیابی
۱	فنی	۰-۲۵	دور از انتظار
		۲۵-۵۰	متوسط
		۵۰-۷۵	خوب
		۷۵-۱۰۰	مطلوب
۲	مدیریتی	۰-۲۵	دور از انتظار
		۲۵-۵۰	متوسط
		۵۰-۷۵	خوب
		۷۵-۱۰۰	مطلوب
۳	اقتصادی	۰-۲۵	دور از انتظار
		۲۵-۵۰	متوسط
		۵۰-۷۵	خوب
		۷۵-۱۰۰	مطلوب
۴	اجتماعی	۰-۲۵	دور از انتظار
		۲۵-۵۰	متوسط
		۵۰-۷۵	خوب
		۷۵-۱۰۰	مطلوب
۵	زیست‌محیطی	۰-۲۵	دور از انتظار
		۲۵-۵۰	متوسط
		۵۰-۷۵	خوب
		۷۵-۱۰۰	مطلوب

فصل ۵

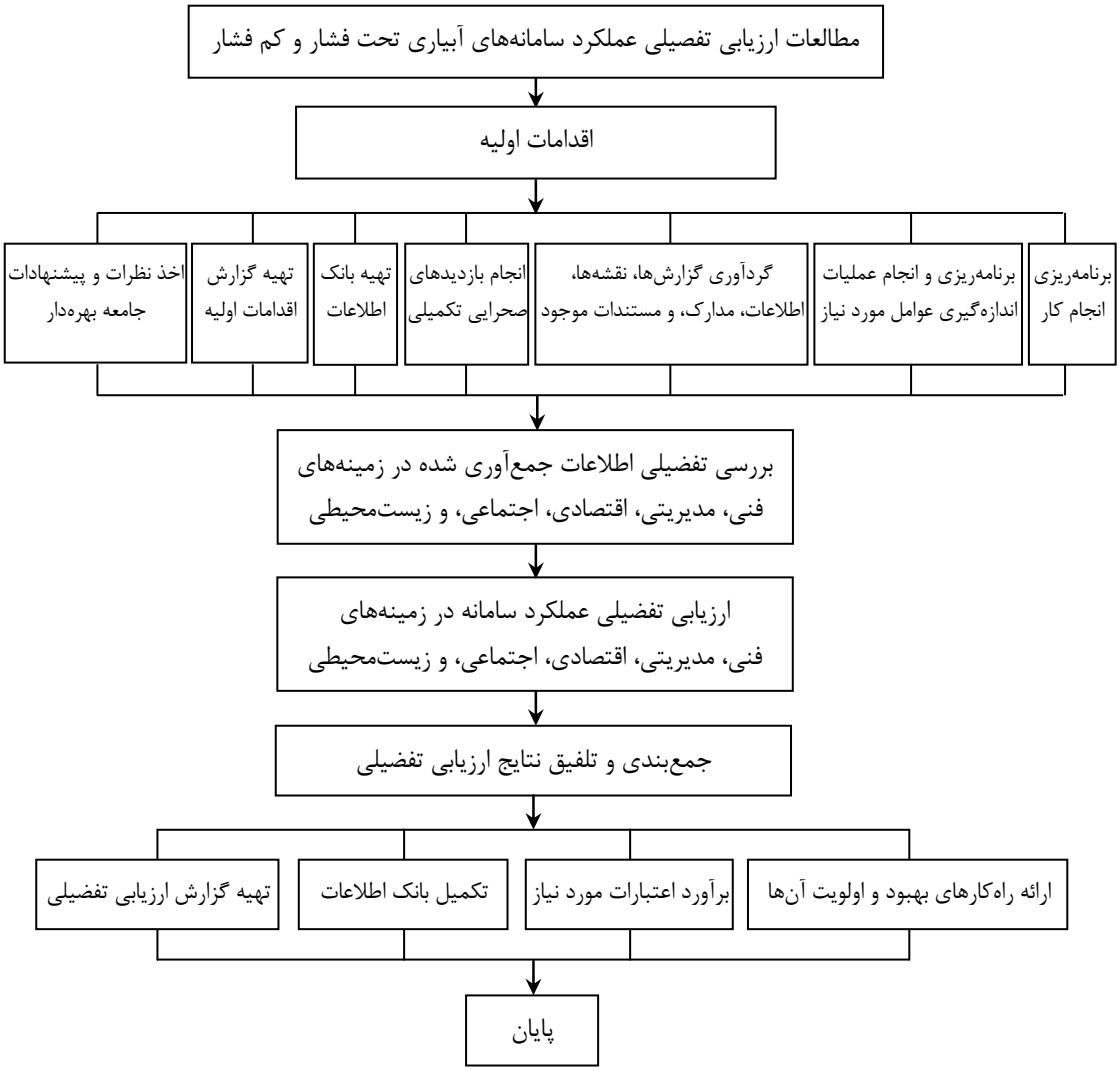
ارزیابی تفصیلی

۵-۱- کلیات

ارزیابی اجمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار بر مبنای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده و قضاوت مهندسی کارشناسان خبره استوار است. چنانچه بررسی‌های مختلف صورت گرفته در مرحله ارزیابی اجمالی، عملکرد سامانه آبیاری را مطلوب یا خوب نشان دهد، با ارائه راهکارهای بهبود عملکرد مطالعات ارزیابی خاتمه یافته تلقی می‌شود. اما چنانچه نتایج ارزیابی اجمالی در زمینه‌های مختلف ارزیابی عملکرد، نمره قابل قبولی را کسب ننماید، برای پی بردن به جزییات علل مشکلات ایجاد شده انجام ارزیابی تفصیلی ضروری است. برای این منظور لازم است علاوه بر استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله ارزیابی اجمالی، تهیه برنامه برای گردآوری اطلاعات تکمیلی میدانی را نیز در دستور کار قرار داد.

در این مرحله متناسب با نتایج ارزیابی اجمالی مجموعه گسترده‌تری از شاخص‌های مورد نیاز در زمینه‌های اصلی ضعف عملکرد شبکه تعیین و مورد بررسی و تجزیه تحلیل کامل قرار می‌گیرند. باتوجه به نوع، ابعاد و دامنه مسایل و مشکلات شناسایی شده نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی عوامل مختلف در سطح شبکه وجود دارد. نهایتا باتوجه به نتایج بررسی‌های تکمیلی، پیشنهادهای مختلف در زمینه‌های مورد نظر برای بهبود عملکرد ارائه می‌شود.

شکل (۵-۱) روند انجام ارزیابی تفصیلی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار را نشان می‌دهد. از آن جایی که عموما اندازه‌گیری‌های میدانی و بررسی‌های تفصیلی نیاز به زمان و هزینه نسبتا زیادی دارد، لذا ضروری است اهداف و برنامه روشنی برای انجام عملیات میدانی تکمیلی مشخص شوند. همچنین ذکر این نکته ضروری است که ارزیابی عملکرد یک امر مستمر است که باید به صورت ادواری در فواصل زمانی مناسب انجام گردد تا از اجرای پیشنهادها و اثربخشی آن‌ها و یا بروز مسایل و مشکلات جدید اطلاع حاصل نمود.



شکل ۵-۱- روند انجام ارزیابی تفصیلی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار

۵-۲- اقدامات اولیه

لازم است با برگزاری جلسات مشورتی با کارفرما، اهداف، ابعاد و اولویت‌های طرح باتوجه به نتایج ارزیابی اجمالی مشخص گردند. بر این اساس اجزای کار و نوع فعالیت‌های مورد نیاز ارزیابی تفصیلی معلوم می‌شود. بر اساس هدف‌گذاری‌های ارزیابی تفصیلی، تقسیم‌بندی فعالیت‌ها و تعیین دامنه هر یک از بخش‌های مطالعات تفصیلی مشخص خواهد شد. در این مرحله با معلوم شدن نیازها، امکانات، و محدودیت‌های ارزیابی تفصیلی باید تخصص‌های مورد نیاز هر فعالیت، نحوه انجام مطالعات،ترکیب گروه کارشناسی مربوط به هر زمینه و برنامه زمان‌بندی فعالیت‌هاتهیه و تنظیم گردد.

از آن جایی که در هر پنج زمینه ارزیابی تفصیلی نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی وجود دارد، لذا در گام اول باید ضرورت اندازه‌گیری عوامل مورد نیاز برای مجموعه شاخص‌های تفصیلی ارزیابی عملکرد سامانه در هر کدام از زمینه‌های ارزیابی تفصیلی انجام گردد. باتوجه به نتایج ارزیابی اجمالی، زمینه‌ها و زیرمجموعه‌هایی که نیازمند ارزیابی تفصیلی

هستند مشخص شده و شاخص‌های مورد نظر تعیین می‌شوند. همچنین در این مرحله باید عوامل مورد نیاز، پراکندگی مکانی و فواصل زمانی اندازه‌گیری‌ها مشخص شده و دستورالعمل اندازه‌گیری آن‌ها تهیه گردد. آماده سازی جدول‌های ثبت نتایج اندازه‌گیری، پرسش‌نامه‌های مورد نیاز جهت مصاحبه و نیز فرم گزارش نتایج مربوط باید بر اساس دستورالعمل‌های اندازه‌گیری شاخص‌های تفصیلی انجام گیرد.

در این مرحله لازم است برآورد هزینه، زمان، تجهیزات و امکانات مورد نیاز جهت اندازه‌گیری عوامل شاخص‌های ارزیابی تفصیلی تهیه شده و در اختیار کارفرما قرار گیرد. چنانچه عملیات اندازه‌گیری توسط مشاور ارزیاب انجام شود هزینه آن جداگانه پرداخت می‌گردد. در صورت انجام عملیات اندازه‌گیری به صورت امانی یا واگذاری آن به پیمان‌کار ذی‌صلاح و مورد تایید مشاور ارزیاب، نتایج در موعد مقرر در اختیار مشاور قرار می‌گیرد.

برای این منظور نیاز است برنامه‌ریزی‌های بازدیدهای صحرایی تکمیلی پس از مذاکره و تبادل نظر با نماینده کارفرما در منطقه، مسوولین، کشاورزان و نمایندگان بهره‌برداران انجام گیرد. بازدیدهای تکمیلی در سطح اجزا تشکیل‌دهنده شبکه شامل واحدهای عمرانی، بند انحرافی، ایستگاه پمپاژ شبکه اصلی، سامانه انتقال، بلوک‌های آبیاری، کانال‌ها و لوله‌های درجه یک و دو و مزارع نمونه انجام می‌شود. نحوه انتخاب و مشخصات مزارع نمونه در ادامه به طور کامل تشریح می‌گردد. در بازدید از مزارع نمونه باید به بررسی وضعیت تاسیسات و تجهیزات و نحوه‌کار و عملکرد سامانه آبیاری تحت‌فشار مزارع نمونه خصوصا ایستگاه کنترل مرکزی، آب‌پاش‌ها و گسیلنده‌های آن‌ها، برج و مخزن تامین فشار[1]، لوله‌های ایستاده[2]، لوله و مخازن ضربه‌گیر پرداخته شود. فهرست‌های کنترل ارائه شده در ضمیمه ۲ باید در بازدیدهای میدانی تکمیلی مورد استفاده قرار گیرند.

در مرحله بعد، صحت اطلاعات جمع‌آوری شده مورد کنترل و ارزیابی قرار می‌گیرد. با ورود اطلاعات مربوط به عوامل اندازه‌گیری شده شاخص‌های ارزیابی، اطلاعات تکمیلی گزارش‌ها، مدارک و مستندات گردآوری شده و ورود اطلاعات تکمیلی بازدیدهای صحرایی باید اقدام به تکمیل بانک اطلاعات شود.

در نهایت باید گزارش اقدامات اولیه در مرحله ارزیابی تفصیلی به منظور مستندسازی اقدامات صورت گرفته و نیز کسب نظرات کارفرما، تهیه گردد. این گزارش شامل: برنامه‌ریزی و انجام عملیات اندازه‌گیری و وضعیت اطلاعات موردنیاز، اطلاعات تکمیلی گردآوری شده و کنترل صحت و کفایت آن‌ها، جزئیات بازدیدهای تکمیلی انجام شده و برنامه بازدیدهای آتی و نحوه تکمیل بانک اطلاعات می‌باشد.

1- Pressure Tower and Header Tank
2- Head Riser Pipe

۵-۳- نحوه انتخاب مزارع نمونه

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، انجام مطالعات ارزیابی تفصیلی عملکرد سامانه‌ها در سطح اجزای تشکیل دهنده شبکه انجام می‌گیرد. یکی از این اجزا مزارع نمونه در محدوده مکانی تحت پوشش سامانه آبیاری هستند که در ادامه نحوه انتخاب آن‌ها تشریح می‌شود.

محل مزرعه نمونه برای انجام اندازه‌گیری‌های عوامل مورد نیاز شاخص‌های ارزیابی عملکرد باید شرایطی داشته باشد که امکان تعمیم آن‌ها به کل محدوده طرح، مقدور و عملی باشد تا بتوان به نتیجه مناسبی دست یافت. سامانه آبیاری تحت‌فشار مزرعه باید نماینده تمام یا بخش عمده‌ای از اراضی باشد که تحت پوشش سامانه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار قرار گرفته است. بهتر است برای عملی شدن شاخص‌های ارزیابی تفصیلی در زمینه زیست‌محیطی امکان اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در طول دوره آزمایش مهیا باشد. بهتر است وضعیت توپوگرافی مزارع نمونه نماینده‌ای از وضعیت کل اراضی بوده و عوارض طبیعی یا مصنوعی در محدوده مزارع نمونه واقع نشده باشند. تعداد مزارع نمونه به وسعت اراضی سامانه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، تنوع سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار موجود در محدوده طرح، امکانات بودجه و اهداف ارزیابی بستگی دارد.

۵-۴- بررسی تفصیلی عملکرد شبکه در زمینه‌های مختلف فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سطح اجزات شکیل دهنده شبکه

بررسی تفصیلی اطلاعات گردآوری و اندازه‌گیری شده در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سطح اجزای تشکیل‌دهنده شبکه شامل: سامانه انتقال، بند انحرافی، ایستگاه‌های پمپاژ شبکه اصلی، واحدهای عمرانی، بلوک آبیاری، کانال یا لوله‌های اصلی درجه یک و دو و مزارع نمونه انجام می‌پذیرد. بررسی، محاسبه و نمره‌دهی کلیه شاخص‌های کمی، در زمینه‌های ارزیابی، در این مرحله انجام می‌شود. همچنین بنا به ضرورت، بازنگری مجدد شاخص‌های کیفی محاسبه شده در مرحله ارزیابی اجمالی بر پایه مشاهدات عینی در بازدیدهای میدانی تکمیلی و اطلاعات تکمیلی به دست آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی در این مرحله انجام می‌گیرد.

۵-۴-۱- شاخص‌های ارزیابی تفصیلی عملکرد شبکه در سطح اجزا تشکیل دهنده شبکه آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار

کلیه شاخص‌های کمی ارزیابی عمکرد که در فصل سوم این پیش‌نویس معرفی شدند، بسته به ضرورت می‌تواند در ارزیابی تفصیلی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار مورد استفاده قرار گیرد. این شاخص‌ها برای ارزیابی تفصیلی عملکرد تمامی اجزا شبکه آبیاری شامل: سامانه انتقال، بند انحرافی، ایستگاه‌های پمپاژ شبکه اصلی، واحدهای

عمرانی، بلوک آبیاری، کانال یا لوله‌های اصلی درجه یک و دو می‌توانند به کار گرفته شوند. لازم به ذکر است که در هر مورد و بنا به نظر کارشناسان خبره تعدیل، اضافه یا حذف شاخص‌های ارزیابی عملکرد امکان‌پذیر می‌باشد.

در این مرحله لازم است با استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی در زمینه‌های فنی و مدیریتی، معرفی شده در فصل سوم این راهنما، وضعیت عملکرد فنی شبکه و اجزای آن از نظر نوع، کیفیت، ظرفیت، ابعاد، تعداد، فشار کارکرد، افت‌فشار، بازده‌کارکرد، تلفات آب، سطح اتوماسیون، وضعیت ظاهری و کارکردی و دیگر مشخصات فنی و وضعیت عملکرد مدیریتی از نظر برنامه و وضعیت عملیات بازرسی، بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه شامل: سرویس، مرمت، تنظیم، تعمیر و تعویض قطعات برای تمامی اجزای شبکه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار بررسی گردد. اجزای شبکه به تفکیک کانال‌ها و لوله‌های اصلی درجه یک و دو شامل: آب‌گیرها و تاسیسات مربوط - کانال و خطوط لوله آبرسان و سازه‌ها و تاسیسات مربوط، کانال و خطوط لوله انتقال، اصلی درجه یک و دو، سازه‌ها و تاسیسات کانال و خطوط لوله انتقال، اصلی درجه یک و دو، ایستگاه‌های پمپاژ شبکه اصلی و تاسیسات مربوط (سیستم برق، منبع تامین انرژی، ...)، مخازن و استخرهای ذخیره و تنظیمی، تجهیزات و شیرآلات مختلف کنترل فشار و جریان آب، تخلیه هوا و آب، فشارسنج، دبی‌سنج، انشعابات، تبدیل‌ها، اتصالات، پشت‌بندها، بلوک‌های مهاری، پوشش روی لوله‌ها، جاده‌های دسترسی، سرویس و نگه‌داری، برج فشار، و مخزن تامین فشار، لوله‌های ایستاده تنظیم فشار و کم‌فشار پمپ، لوله ایستاده با شیر شناور، سرریز دار، و دریچه‌دار، لوله ضربه‌گیر، مخزن ضربه‌گیر، و مخزن یک‌طرفه می‌باشند.

علاوه بر اجزای مذکور، لازم است شاخص‌های کیفی و کمی در زمینه‌های فنی، مدیریتی و اقتصادی برای مزارع نمونه انتخاب شده، به عنوان یکی از اجزای سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، مورد استفاده قرار گیرند. برای این منظور لازم است در صورت نیاز وضعیت تمام اجزای سامانه آبیاری مزارع نمونه از نظر نوع، کیفیت، ظرفیت، فشار کارکرد، افت فشار، ابعاد، تلفات آب و سطح اتوماسیون، و دیگر مشخصات فنی با محاسبه شاخص‌های مربوط کمی و کیفی فنی به صورت کامل بررسی گردد. اجزای یک سامانه آبیاری مزرعه نمونه عبارتند از: تاسیسات ایستگاه کنترل مرکزی، حوضچه‌های رسوب‌گیر، پمپ‌ها، سیکلون‌ها، انواع فیلترها، مخزن کود، پمپ‌های کلرزنی و اسیدشویی، فشارسنج‌ها، دبی‌سنج‌ها، لوله‌ها، اتصالات، آب‌پاش‌ها و گسیلنده‌ها، سازه‌ها، اجزا سامانه آبیاری مزارع کم‌فشار و سایر تجهیزات.

وضعیت بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات و اجزای مزارع نمونه، ایستگاه کنترل مرکزی در این مزارع، اتوماسیون بهره‌برداری، یکنواختی توزیع آب و وضعیت عملکرد میراب‌ها از نظر چگونگی توزیع آب در مزارع نمونه با استفاده از شاخص‌های کیفی و کمی مدیریتی باید در بررسی‌های تفصیلی زمینه مدیریتی مورد بررسی قرار گیرند.

وضعیت مزارع نمونه و حاشیه آن‌ها از نظر رشد گیاه و یکنواختی آن، شوری خاک و تجمع نمک در سطح زمین،عملکرد تولید محصول، قیمت آن‌ها، درآمدهای جانبی از فعالیت‌های کشاورزی و همچنین وضعیت درآمد کشاورزی از تولید محصول در مزارع نمونه در مقایسه با مزارع تحت‌آبیاری سطحی و تولید محصول منطقه با بهره‌گیری از شاخص‌های کمی و کیفی اقتصادی، فنی و زیست‌محیطی باید به صورت دقیق بررسی شوند.

تعیین وضعیت تلفات آب در فرایند عملیات انتقال و تحویل آب به تفکیک کانال‌ها یا لوله‌های اصلی درجه یک و دو و نیز در فرایند عملیات توزیع و کاربرد در مزارع نمونه یکی از موارد اساسی است که باید با استفاده از شاخص‌های کیفی و کمی مدیریتی راندمان انتقال و تحویل به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد.

همچنین لازم است وضعیت عملکرد حال حاضر سامانه‌های آبیاری کم‌فشار از نظر روش کنترل فشار، منبع تامین فشار، آرایش سامانه، نیروی محرکه موجود، نحوه تنظیم جریان ورودی و خروجی و تقسیم آن، سطح اتوماسیون، فشار کارکرد، افت فشار اجزای مختلف، سرعت‌های حداکثر و حداقل و کیفیت اجرا با استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی زمینه‌های فنی و مدیریتی مشخص گردد.

۵-۵- ارزیابی تفصیلی عملکرد شبکه در زمینه‌های مختلف فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سطح اجزا تشکیل دهنده شبکه

پس از محاسبه شاخص‌های کیفی و کمی مورد استفاده در ارزیابی توصیفی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار، نوبت به ارزش‌گذاری این شاخص‌ها می‌رسد. ارزش‌گذاری در سه مرحله انجام می‌گیرد. نخست تعیین ضرایب اهمیت وزنی شاخص‌های ارزیابی توصیفی، سپس تعیین ضریب اهمیت وزنی زیرمجموعه‌های ارزیابی و نهایتا تعیین ضرایب اهمیت وزنی هر یک از زمینه‌های ارزیابی انجام می‌گیرد. مشابه روش ارزیابی اجمالی، در ارزیابی توصیفی نیز پیشنهاد می‌شود تا ارزش‌گذاری بر اساس قضاوت مهندسی کارشناسان خبره و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام گیرد. لازم به ذکر است که در طول مراحل انتخاب شاخص‌های ارزیابی و سپس تعیین ضرایب اهمیت وزنی لازم است نظر و تایید کارفرما در موارد گفته شده در بالا کسب گردد.

روند تعیین نمره ارزیابی توصیفی هر یک از زیرمجموعه‌ها به صورت متوسط وزنی شاخص‌های آن محاسبه می‌گردند. این نمره ارزیابی برای هر یک از زمینه‌ها به صورت متوسط وزنی نمره زیرمجموعه‌های و برای کل سامانه آبیاری به صورت متوسط وزنی نمره زمینه‌ها به دست می‌آید. حال میزان مطلوبیت کارکرد سامانه به صورت کلی تا جزیی، با استفاده از تجزیه و تحلیل نمرات ارزیابی توصیفی شاخص‌ها، زیرمجموعه‌ها، و زمینه‌های مختلف مشخص شده و مشکلات موجود که موجب ضعف عملکرد سامانه در هر زیرمجموعه و زمینه شده مشخص می‌گردند.

همچنین در این مرحله می‌توان با تعیین گستره ضریب وزنی هریک از شاخص‌ها، مجموعه‌ها، و زمینه‌ها، اقدام به تحلیل حساسیت نتایج ارزیابی تفصیلی نسبت به تغییرات وزن آن‌ها در گستره مورد نظر نمود. هدف از انجام این تحلیل، نزدیک نمودن نظرات افراد مرتبط با پروژه در مورد وزن شاخص‌ها، مجموعه‌ها، و زمینه‌ها و نیز امکان حذف شاخص‌ها، مجموعه‌ها، و زمینه‌های غیرضروری در ارزیابی توصیفی می‌باشد.

۵-۶- جمع‌بندی و تلفیق نتایج ارزیابی تفصیلی

جمع‌بندی کلیه یافته های حاصل از فرآیند ارزیابی تفصیلی به منظور تعیین عوامل و دلایل ضعف عملکرد سامانه آبیاری تحت‌فشار و کم فشار و نیز مزارع نمونه انجام می‌گیرد. براساس نمره به دست آمده برای هر شاخص ارزیابی عملکرد می‌توان میزان فاصله عملکرد سامانه تا عملکرد مطلوب را به تفکیک هر کدام از شاخص‌های کمی و کیفی مشخص نمود. بر همین اساس، دلایل ضعف عملکرد شبکه آبیاری در هر شاخص بررسی و مشخص خواهد شد. در گام بعدی با تلفیق نتایج کلیه شاخص‌های کمی و کیفی در هر زمینه ارزیابی، مطلوبیت عملکرد سامانه در هر زمینه مشخص خواهد شد. به دنبال آن باید اقدام به تعیین عوامل و دلایل ضعف عملکرد به تفکیک زمینه‌های ارزیابی فنی، مدیریتی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی شود.

پس از ترسیم وضعیت عملکرد فعلی شبکه آبیاری و تعیین دلایل ضعف عملکرد موجود، نوبت به ارائه راه‌کارهای بهبود و اصلاح عملکرد خواهد رسید. ارائه راهکارهای بهبود عملکرد برای هر زمینه ارزیابی باید توسط مجموعه‌ای از کارشناسان خبره در هر زمینه ارزیابی و با بررسی جامع و کامل نتایج به دست آمده انجام گیرد. همچنین باید تعیین اولویت اجرای طرح‌های بهبود عملکرد، بر اساس اهمیت وزنی تعیین شده زمینه‌های ارزیابی عملکرد و نظر کارشناسان خبره این امر تعیین گردد. بر این اساس باید برنامه زمانی اجرای راه کارهای بهبود عملکرد و نیز برآورد اعتبارات مورد نیاز اجرای این راه کارها به تفکیک زمینه‌های ارزیابی عملکرد تفصیلی مشخص شوند.

در انتهای فرآیند ارزیابی تفصیلی عملکرد سامانه‌های تحت‌فشار و کم فشار لازم است گزارش نهایی ارزیابی توصیفی در اختیار کارفرما قرار گیرد. این گزارش باید مشتمل بر خلاصه اقدامات اولیه در مرحله ارزیابی تفصیلی، نتایج بررسی‌های تفصیلی اطلاعات جمع‌آوری شده، نتایج ارزیابی تفصیلی در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی، نتایج جمع‌بندی و تلفیق مطالعات ارزیابی تفصیلی و ارائه‌راهکارهای بهبود عملکرد همراه با اولویت‌بندی آن‌ها، برنامه عملیاتی، اعتبارات و زمان مورد نیاز برای اجرای راهکارهای بهبود باشد. همراه با گزارش نهایی ارزیابی عملکرد تفصیلی باید نرم‌افزار بانک کامل اطلاعات جمع‌آوری شده نیز در اختیار کارفرما قرار گیرد. آموزش کار با نرم‌افزار بانک اطلاعات باید برای عوامل کارفرما به طور کامل انجام گیرد تا آن‌ها بتوانند برای ورود اطلاعات و نیز اخذ خروجی ها در آینده با مشکلی روبه رو نشوند.

۵-۷- تعهدات کارفرما

خدمات مورد تعهد کارفرما در فهرست خدمات ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم‌فشار ذکر شده‌اند. این خدمات بر حسب احتیاج و به‌موقع از طرف مشاور درخواست و پس از بررسی و موافقت به هزینه کارفرما انجام خواهد شد. درصورت توافق و واگذاری برخی تعهدات کارفرما به مشاور، هزینه‌های مربوط توسط کارفرما به مشاور

پرداخت می‌شود. در غیر این‌صورت مشاور در فرآیند انتخاب پیمانکار، تهیه دستورالعمل‌های اجرایی مربوطه به تهیه اطلاعات و داده‌های مورد نیاز و نیز نظارت در فرآیند جمع‌آوری اطلاعات توسط پیمانکار باید به کارفرما کمک نماید.

پیوست ۱

معرفی روش تحلیل سلسله مراتبی

تصمیم‌گیری یکی از ویژگی‌های زندگی روزمره انسان است. برخی از تصمیم‌ها به دلیل برخورداری از معیارهای متعدد بسیار پیچیده بوده و نیازمند به کارگیری روش‌های پیشرفته تصمیم‌گیری چند معیاره هستند. تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process- AHP) که توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد یکی از مرسوم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که طی آن اهمیت نسبی معیارها تعیین می‌گردد. این روش امکان تعریف مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را دارد. روش AHP بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند و در آن میزان سازگاری یا ناسازگاری تصمیم نیز تعیین می‌شود.

در این روش با مقایسه دو به دو هریک از معیارها و تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها به صورت زوجی ماتریس مزیت نسبی زوجی معیارها تعیین می‌شود. تعیین مزیت نسبی یک شاخص نسبت به شاخص دیگر بمراتب ساده‌تر و واقع‌بینانه‌تر صورت می‌گیرد تا تعیین مزیت نسبی آن نسبت به کلیه شاخص‌های دیگر. لذا اگرچه همچنان تعیین مزیت نسبی زوجی شاخص‌ها نیازمند قضاوت کارشناسی است اما این قضاوت آسان‌تر و نزدیک‌تر به واقع خواهد بود. سپس به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی ضرایب اهمیت وزنی هر یک از معیارها به دست می‌آید.

اهمیت این روش و کاربرد گسترده آن در تصمیم‌گیری‌ها موجب گردید که نرم‌افزار تخصصی مربوط به نام Expert Choice(EC) در سال ۱۹۹۰ تهیه و مورد استفاده قرار گیرد. این نرم‌افزار را می توان از آدرس www.expertchoice.com تهیه نمود. در این نرم‌افزار پیش‌بینی امکان استفاده از قواعد بیانی و معیارهای لفظی برای مقایسه مزیت نسبی شاخص‌ها ایجاد شده. این نرم‌افزار همچنین درجه ناسازگاری داده‌ها را نیز گزارش می‌نماید که نشانگر میزان اعتمادپذیری نتایج تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد.

تعیین وزن معیارها در تحلیل سلسله مراتبی (AHP) طی مراحل زیر که به اختصار معرفی می شوند انجام می‌گیرد:

۱- ساخت سلسله مراتبی.

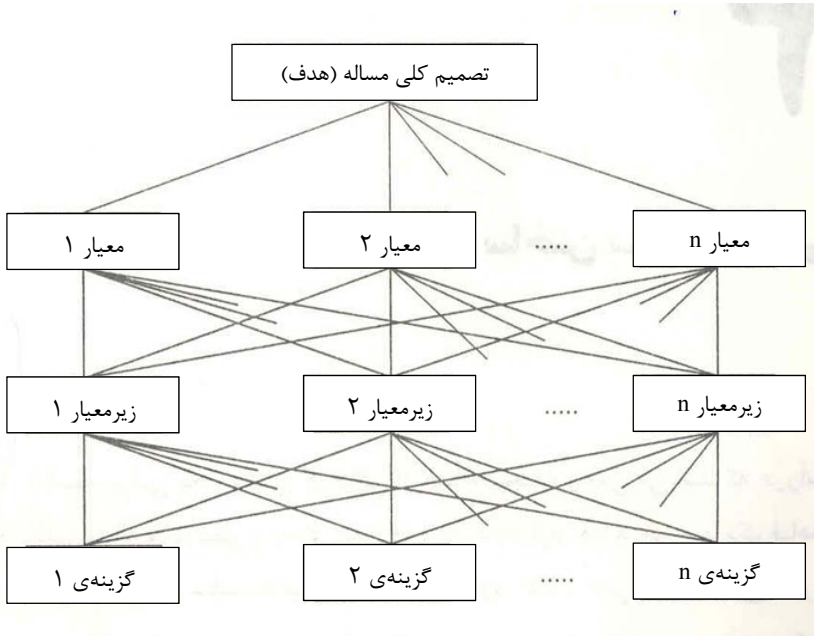
۲- تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی.

۳- کنترل سازگاری ماتریس.

۴- محاسبه وزن نسبی و وزن نهایی.

پ.۱-۱- ساختن سلسله مراتبی

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از یک مساله پیچیده واقعی می‌باشد که در راس آن (سطح صفر) هدف کلی مساله و در سطوح بعدی به ترتیب معیارها و زیر معیارها و گزینه‌ها به تصویر کشیده می‌شوند. البته تعداد این عناصر عموما بین ۵ تا ۹ عنصر می‌باشد. یک فرم کلی از سلسله مراتبی در شکل (پ.۱-۱) نشان داده شده است. البته باید توجه داشت که همه معیارها در یک ساختمان سلسله مراتبی، الزاما دارای زیر معیارها نیستند.



شکل پ.۱-۱- یک نمونه کلی از ساختمان سلسله مراتبی (Korpele – 1994)

پ.۱-۲- تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی

گزینه‌های مختلف نسبت به معیارهای مورد نظر و همچنین معیارهای مختلف نسبت به همدیگر با نظر سوال شوندگان که عموما خبرگان، صاحبنظران، و ذی‌نفعان هستند از نظر اهمیت و ارجحیت آن‌ها، به صورت زوجی (دوبدو) مقایسه و وزن‌دهی می‌شوند. ارجحیت معیارها یا شاخص‌ها نسبت به یکدیگر به به صورت جدول (پ.۱-۱) تعیین می‌شود، بدین ترتیب حتی می‌توان مقایسات زوجی را به صورت کیفی انجام داد.

جدول پ.۱-۱- مقدار عددی ترجیحات

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملا مرجح یا کاملا مهم‌تر و یا کاملا مطلوب‌تر	(Extremely Prefered)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(VeryStrongly Prefered)	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	(Strongly Prefered)	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	(Moderately Prefered)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	(Equally Prefered)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۸ و ۶ و ۴ و ۲

اگر n شاخص به صورت c1, c2, …, cn داشته باشیم و ترجیح شاخص ci بر شاخص‌cj را با aij نشان دهیم ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها به صورت زیر می‌باشد.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$A=\left[a_{ij}\right] \quad i,j=1,2,...,n$$
$$a_{ii}=1 \quad i=1,2,...,n$$
$$a_{ij}=1/a_{ji} \quad i,j=1,2,...,n$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود این ماتریس مربع است، و عناصر قطری آن برابر با ۱ می‌باشد، زیرا ترجیح هریک از شاخص‌ها بر خود آن شاخص برابر با ۱ است. همچنین عناصر بالای قطر معکوس عناصر متناظر پایین قطر می‌باشند، زیرا ترجیح شاخص ۱ بر شاخص ۲ برابر با عکس ترجیح شاخص ۲ بر شاخص ۱ است.

پ.۱-۳- کنترل سازگاری ماتریس

ماتریس مقایسات زوجی می‌تواند به صورت سازگار (Consistent) باشد که در آن صورت ستون‌های این ماتریس ترکیب خطی از یکدیگر می‌باشند، یا آن‌که ناسازگار (Inconsistent) باشد که در این حالت بردارها مستقل از یکدیگرند و خواص ویژه‌ای دارند.

در یک مثال ساده می‌توان گفت که اگر A دو برابر B اهمیت داشته باشد و B سه برابر C مهم باشد چنانچه A شش برابر C اهمیت داشته باشد، این قضاوت سازگار می‌باشد (ماتریس K) در غیر این صورت ماتریس ناسازگار خواهد بود (ماتریس M).

$$K=\begin{bmatrix} & A & B & C \\ A & 1 & 2 & 6 \\ B & 1/2 & 1 & 3 \\ C & 1/6 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad \ldots\ldots\ldots M=\begin{bmatrix} & A & B & C \\ A & 1 & 2 & 5 \\ B & 1/2 & 1 & 3 \\ C & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

در تصمیمات واقعی که تعداد معیارها و زیر معیارها زیاد است معمولا تاحدودی ناسازگاری در تصمیم ایجاد می‌شود. یکی از مزایای فرایند تحلیل سلسله مراتبی، کنترل سازگاری سیستم است. یعنی می‌توان با محاسبه ضریب سازگاری نسبت به خوب و بد بودن تصمیم قضاوت نمود.

در ماتریس‌های سازگار مقدار ویژه ماتریس به ازاء هر معیار برابر با λ و برابر با طول ماتریس(n) است و مقدار نرخ ناسازگاری برابر با صفر است.

در ماتریس‌های ناسازگار، مقادیر ویژه ماتریس به ازاء هر معیار متفاوت است ولی مجموع آن‌ها برابر با طول ماتریس (n) است، و مقدار ویژه حداکثر ماتریس (λ_{max}) بزرگ‌تر از n است. هرچه این فاصله بیش‌تر باشد ناسازگاری ماتریس بیش‌تر است. بنابراین مقدار $(\lambda_{max}-n)$ معیار مناسبی از ناسازگاری است و برای نرمال کردن آن، شاخص ناسازگاری (Inconsistency Index II) با تقسیم آن بر (n-1) به دست می‌آید. برای امکان مقایسه ناسازگاری ماتریس‌های مختلف نرخ ناسازگاری (Inconsistency Rate) با تقسیم شاخص ناسازگاری ماتریس، بر شاخص ناسازگاری ماتریس‌های کاملا تصادفی (که متناسب با طول ماتریس مقدار ثابت و مشخصی دارد)، تعیین می‌شود. میزان ناسازگاری مجاز در هر سیستم به تصمیم‌گیرنده بستگی دارد، اما ساعتی پیشنهاد می‌کند که نرخ ناسازگاری نباید از ۰/۱ بیش‌تر باشد.

۴- محاسبه وزن نسبی و نهایی در تحلیل سلسله مراتبی

در ماتریس‌های سازگار، محاسبه وزن نسبی از طریق نرمالیزه کردن عناصر هر ستون (تقسیم عناصر هر ستون برجمع جبری عناصر آن ستون) به دست می‌آید که با توجه به سازگاری ماتریس برای هریک از ستون‌ها یکسان به دست می‌آید. به عنوان مثال وزن معیارهای A، B، و C در ماتریس سازگار K به صورت ماتریس W به دست می‌آید.

$$K=\begin{bmatrix} & A & B & C \\ A & 1 & 2 & 6 \\ B & 1/2 & 1 & 3 \\ C & 1/6 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad \ldots\ldots\ldots W=\begin{bmatrix} wA= & 0.6 \\ wB= & 0.3 \\ wC= & 0.1 \end{bmatrix}$$

برای محاسبه وزن معیارها در ماتریس‌های ناسازگار روش‌های حداقل مربعات ساده و لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش‌های تقریبی به کار می‌رود. تشریح جزییات روش‌ها در منابع مرتبط ارائه شده و در نرم‌افزار EC به راحتی انجام می‌شود.

وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی از مجموع حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها به دست می‌آید.

پیوست ۲

فهرست‌های کنترل مورد استفاده در زمینه‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ارزیابی تفصیلی

پ.۲-۱- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد فنی

پ.۲-۱-۱- شاخص‌های ارزیابی تجهیزات و شیرآلات

- شاخص کمی شیرآلات
  - تعداد شیرآلات موجود در شبکه آبیاری
  - تعداد شیرآلات پیش‌بینی شده در طراحی
- شاخص کیفی شیرآلات
  - موارد جدول (۳-۱)، بررسی مشخصات فنی شیر آلات

پ.۲-۱-۲- شاخص‌های ارزیابی ایستگاه‌های پمپاژ

- شاخص کمی پمپ‌ها یا الکتروموتورها
  - تعداد پمپ‌ها یا الکتروموتورهای موجود در ایستگاه
  - تعداد پمپ‌ها یا الکتروموتورهای پیش‌بینی شده در طراحی
- شاخص کیفی پمپ‌ها یا الکتروموتورها
  - موارد جدول (۳-۲)، بررسی مشخصات فنی پمپ‌ها
  - موارد جدول (۳-۳)، بررسی مشخصات فنی الکتروموتور
- شاخص بده پمپ‌ها
  - بده هر یک از پمپ‌ها یا ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)
  - بده طراحی ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)
- شاخص ارزیابی فشار کارکرد ایستگاه پمپاژ
  - فشار تولید شده توسط ایستگاه پمپاژ (متر)
  - فشار طراحی ایستگاه پمپاژ (متر)
- شاخص ارزیابی بازده پمپ‌ها
  - شاخص ارزیابی بازده هر پمپ
  - ضریب اهمیت وزنی هر پمپ
  - توان خروجی پمپ (وات)
  - بده پمپ (مترمکعب بر ثانیه)
  - ارتفاع دینامیکی پمپ یا فشار اندازه‌گیری شده در خروجی پمپ (متر)

- توان خروجی پمپ (وات)
- توان طراحی پمپ (وات)
- بازده خروجی هر پمپ
- بازده طراحی هر پمپ

– شاخص توان الکتروموتورها

- توان مصرفی الکتروموتور (وات)
- اختلاف پتانسیل (ولت)
- شدت جریان (آمپر)
- ضریب توان مصرف‌کننده موتور الکتروموتور
- توان مصرفی الکتروموتور (وات)
- توان طراحی الکتروموتور (وات)

– شاخص ارزیابی بازده الکتروموتورها

- بازده واقعی موتور (٪)
- توان ورودی الکتروموتور (وات)
- توان خروجی الکتروموتور (وات)

– شاخص کیفی سازه‌ای ایستگاه پمپاژ

- موارد جدول (۳-۴)، مشخصات فنی سازه‌ای ایستگاه پمپاژ

– شاخص کیفی مکانیکی ایستگاه پمپاژ

- موارد جدول (۳-۵)، مشخصات فنی مکانیکی ایستگاه پمپاژ

– شاخص اتوماسیون

- موارد جدول (۳-۶)، مشخصات فنی اتوماسیون ایستگاه پمپاژ

– شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری بده تلمبه‌خانه

- حداقل دامنه تغییرات ممکن در بده ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)
- بده اسمی ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)

– شاخص ارزیابی انعطاف‌پذیری فشار تلمبه‌خانه

- حداقل دامنه تغییرات ممکن فشار ایستگاه پمپاژ (متر)
- فشاراسمی ایستگاه پمپاژ (متر)

پ.۲-۱-۳- شاخص‌های ارزیابی مجاری انتقال و ابنیه فنی

الف- شاخص ارزیابی کمی کانال‌ها

- طول هر یک از کانال‌های ساخته شده (متر)
- طول هر یک از کانال‌های پیش‌بینی شده در طراحی (متر)

ب- شاخص ارزیابی کیفی کانال‌ها

- موارد جدول (۳-۷)، بررسی مشخصات فنی کانال‌ها

ج- شاخص کمی زهکش‌ها

- طول هر یک از زهکش‌های ساخته شده (متر)
- طول هر یک از زهکش‌های پیش‌بینی شده در طراحی

د- شاخص کیفی زهکش‌ها

- موارد جدول (۳-۸)، مشخصات فنی زهکش‌ها

هـ- شاخص کمی لوله‌ها

- طول هر یک از لوله‌های موجود (متر)
- طول هر یک از لوله‌های پیش‌بینی شده در طراحی (متر)

و- شاخص کیفی لوله‌ها

- موارد جدول (۳-۹)، مشخصات فنی لوله‌ها

ز- شاخص کمی سازه‌ها

- تعداد سازه‌های موجود (برای نوع مشخص سازه)
- تعداد سازه پیش‌بینی شده در طراحی (برای نوع مشخص سازه)

ح- شاخص کیفی سازه‌ها

- موارد جدول (۳-۱۰)، مشخصات فنی سازه‌ها

ط- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد مدیریتی

- شاخص‌های ارزیابی بهره‌برداری
  - شاخص راندمان انتقال آب
    - حجم آب تحویل شده به آبگیرهای مزارع (مترمکعب)
    - حجم آب تحویل شده به شبکه آبیاری (مترمکعب)
  - شاخص کفایت حجم تحویل آب
    - حجم آب تحویل شده به مزرعه (مترمکعب)

- حجم آب مورد نیاز مزرعه (مترمکعب)

– شاخص‌های ارزیابی نگهداری

- شاخص نگهداری تجهیزات و شیرآلات:
  - موارد جدول (۳-۱۱)، راهنمای ارزیابی نگهداری شیرآلات و تجهیزات
- شاخص نگهداری پمپ‌ها و الکتروموتورها
  - موارد جدول (۳-۱۲)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری پمپ‌ها
  - موارد جدول (۳-۱۳)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری الکتروموتورها
- شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی
  - موارد جدول (۳-۱۴)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری ایستگاه کنترل مرکزی
- شاخص نگهداری کانال‌ها
  - موارد جدول (۳-۱۵)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری کانال‌های آبیاری
- شاخص نگهداری ابنیه فنی
  - موارد جدول (۳-۱۶)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری از ابنیه فنی
- شاخص نگهداری جاده‌های سرویس
  - موارد جدول (۳-۱۷)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری جاده‌های سرویس
- شاخص نگهداری ماشین‌آلات
  - موارد جدول (۳-۱۸)، راهنمای ارزیابی ماشین‌آلات شبکه آبیاری
- شاخص نگهداری لوله‌ها
  - موارد جدول (۳-۱۹)، راهنمای ارزیابی شاخص نگهداری لوله‌ها

– شاخص‌های ارزیابی مدیریت شبکه

- شاخص کفایت کارکنان
  - تعداد کارکنان شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری به تفکیک سطوح کارکنان
  - تعداد کارکنان پیش‌بینی شده در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری به تفکیک سطوح کارکنان
- شاخص کیفیت کارکنان
  - تعداد کارکنان ماهر شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری
  - تعداد کل کارکنان شاغل در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری
- شاخص کفایت ماشین‌آلات

- تعداد ماشین‌آلات موجود در بخش بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری
- تعداد ماشین‌آلات پیش‌بینی شده در بخش بهره‌برداری و نگهداری ازشبکه آبیاری

- شاخص کفایت بودجه
  - میزان بودجه مدیریتی موجود برای بخش بهره‌برداری و نگهداری
  - میزان بودجه مدیریتی پیش‌بینی شده برای بخش بهره‌برداری و نگهداری

ی- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد اقتصادی

- شاخص‌های هزینه‌ای طرح

- شاخص کفایت هزینه سرمایه‌گذاری اولیه
  - سرمایه‌گذاری اولیه انجام گرفته در طرح(ریال)
  - سرمایه‌گذاری اولیه پیش‌بینی شده در طرح (ریال)
- شاخص کفایت هزینه‌های بهره‌برداری
  - اعتبار هزینه شده در هرسال برای بهره‌برداری ازشبکه آبیاری و زهکشی (ریال)
  - اعتبار پیش‌بینی شده در هرسال برای بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی (ریال)
  - هزینه بهره‌برداری انجام شده در طرح بر مبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)
  - هزینه بهره‌برداری انجام شده در طرح بر مبنای ریال با ارزش واقعی (ریال)
- شاخص کفایت هزینه‌های نگهداری
  - اعتبار هزینه شده برای نگهداری ازشبکه در هر سال (ریال)
  - اعتبار پیش‌بینی شده برای نگهداری از شبکه در هر سال (ریال)
  - هزینه نگهداری انجام شده در طرح برمبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)
  - هزینه نگهداری انجام شده در طرح برمبنای ریال با ارزش واقعی (ریال)
- شاخص کفایت هزینه انرژی مصرفی
  - اعتبار هزینه شده برای انرژی مصرفی در هرسال (ریال)
  - اعتبار پیش‌بینی شده برای انرژی مصرفی در هرسال (ریال)
  - هزینه انرژی مصرفی در طرح برمبنای ریال با ارزش ثابت (ریال)
  - هزینه انرژی مصرفی در طرح برمبنای ریال با ارزش واقعی (ریال)

- شاخص‌های بهره‌وری طرح

- شاخص نسبت بهره‌وری تولید محصول
  - وزن محصول تولید شده به ازای مترمکعب آبم صرفی در شرایط موجود در هکتار (kg / m^3)
  - وزن محصول تولید یپیش‌بینی شده در طراحی به ازای مترمکعب آب مصرفی در هکتار (kg / m^3)

- مقدار محصول تولید شده (خشک یا تر) در هر هکتار (کیلوگرم در هکتار)
- آب مصرف شده برای هر هکتار (مترمکعب در هکتار)

- شاخص نسبت بهره‌وری درآمدIBPD
  - درآمد محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط موجود ($Rial / m^3$)
  - درآمد محصول به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط پیش‌بینی شده ($Rial / m^3$)
  - درآمد ناشی از تولید هر محصول در واحد سطح (هکتار/ ریال)
  - مترمکعب آب مصرف شده برای تولید هر محصول در واحد سطح (هکتار/مترمکعب)
- شاخص نسبت بهره‌وری سودINBPD
  - سود محصول تولید شده به ازای مترمکعب آب مصرفی در شرایط طرح ($Rial / m^3$)
  - سود محصول پیش‌بینی شده در طراحی به ازای مترمکعب آب مصرفی ($Rial / m^3$)
  - منافع ناشی از تولید محصول در واحد سطح (هکتار/ ریال)
  - هزینه تولید محصول در واحد سطح (هکتار/ ریال)
  - حجم آب مصرفی در واحد سطح (هکتار / مترمکعب)

- شاخص‌های عملکرد اقتصادی

- شاخص نسبی سود به هزینه
  - مقدار سود به هزینه موجود در طرح
  - مقدار سود به هزینه پیش‌بینی شده درطراحی
  - بهره موثر سرمایه‌گذاری
  - تعداد سال‌های طول عمرپروژه
- شاخص نسبت سود
  - سود طرح در شرایط موجود(ریال)
  - سود پیش‌بینی شده درزمان طراحی (ریال)
- شاخص نسبت نرخ بازده داخلی
  - نرخ بازده داخلی شرایط موجود
  - نرخ بازده داخلی پیش‌بینی شده
- شاخص نسبت قیمت واحد حجم آب
  - قیمت واحد حجم آب موجود (مترمکعب/ ریال)
  - قیمت واحد حجم آب پیش‌بینی شده (مترمکعب/ ریال)

ک- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد اجتماعی

- شاخص رضایت‌مندی
  - تعداد مشترکین راضی از خدمات شبکه
  - تعداد کل مشترکین شبکه
- شاخص تشکل‌پذیری
  - تعداد مشترکین عضو تشکل‌ها
  - تعداد کل مشترکین
- شاخص نسبت تعداد تشکل‌های آبگیرهای اصلی
  - تعداد آبگیرهای اصلی تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران
  - تعداد کل آبگیرهای اصلی شبکه
- شاخص نسبت تعداد تشکل‌های آبگیرهای مزرعه
  - تعداد آبگیرهای مزرعه تحت پوشش تشکل‌های آب‌بران
  - تعداد کل آبگیرهای مزرعه شبکه
- شاخص مشارکت در مدیریت
  - متوسط مساحت تحت پوشش نقاط تحویل آب به تشکل های آب‌بران
  - کل مساحت شبکه
- شاخص نسبت افزایش مهارت مشترکین
  - تعداد مشرکین دارای مهارت قبل از اجرای طرح
  - تعداد مشرکین دارای مهارت بعد از اجرای طرح
- شاخص نسبت ایجاد اشتغال
  - تعداد مشاغل ایجاد شده ناشی از اجرای طرح
  - تعداد مشاغل پیش‌بینی شده در اثر اجرای طرح
- شاخص نسبت مهاجرت
  - تعداد خانوارهای ساکن منطقه قبل از اجرای طرح
  - تعداد خانوارهای ساکن طرح بعد از اجرای طرح و در زمان ارزیابی

ل- شاخص‌های کمی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی

- شاخص‌های شرایط فیزیکی
  - شاخص ماندابی شدن اراضی
    - مساحت اراضی ماندابی محدوده طرح پس از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی(هکتار)

- مساحت اراضی ماندابی محدوده طرح پیش از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی (هکتار)
- شاخص تخصیص آب زیست‌محیطی
  - حجم آب تخصیص داده شده به محیط زیست پس از اجرای طرح (میلیون مترمکعب)
  - حجم آب تخصیصی پیش بینی شده در طرح به محیط زیست (میلیون مترمکعب)
- شاخص مواد معلق آب آبیاری
  - میزان مواد معلق موجود در آب آبیاری پس از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)
  - میزان مواد معلق موجود در آب آبیاری پیش از اجرای طرح (میلی‌گرم در لیتر)
- شاخص عمق آب زیرزمینی
  - عمق آب زیرزمینی پس از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی (متر از سطح دریا)
  - عمق آب زیرزمینی پیش از اجرای شبکه آبیاری و زهکشی (متر از سطح دریا)
- شاخص وسعت پهنه‌های آبی
  - مساحت پهنه‌های آبی فعلی (پس از اجرای طرح) برحسب هکتار
  - مساحت پهنه‌های آبی قبلی (پیش ازاجرای طرح) برحسب هکتار

- شاخص‌های خواص شیمیایی

- شاخص شوری آب آبیاری
  - هدایت الکتریکی آب آبیاری پس از اجرای طرح(دسی‌زیمنس بر متر)
  - هدایت الکتریکی آب آبیاری پیش از اجرای طرح (دسی‌زیمنس بر متر)
- شاخص شوری آب زهکشی
  - هدایت الکتریکی آب زهکش‌ها پس از اجرای طرح (دسی‌زیمنس بر متر)
  - هدایت الکتریکی آب زهکش‌ها پیش از اجرای طرح (دسی‌زیمنس بر متر)
- شاخص نسبت سدیم
  - غلظت سدیم اولیه آب یا خاک (میلی‌گرم درلیتر)
  - غلظت سدیم کنونی آب یا خاک (میلی‌گرم درلیتر)
- شاخص نسبت کلر
  - غلظت کلر پس ازاجرای طرح (میلی‌گرم درلیتر)
  - غلظت کلر پیش از اجرای طرح (میلی‌گرم درلیتر)
- شاخص نسبت برم
  - غلظت برم آب پس از اجرای طرح (میلی‌گرم درلیتر)

- غلظت برم آب پیش از اجرای طرح (میلی‌گرم درلیتر)
- شاخص نسبت نیتروژن
  - غلظت نیتروژن خاک درشرایط کنونی (میلی‌گرم درلیتر)
  - غلظت نیتروژن خاک درشرایط اولیه (میلی‌گرم درلیتر)
- شاخص نسبت بیکربنات خاک
  - غلظت بیکربنات خاک پس از اجرای شبکه آبیاری (میلی‌گرم درلیتر)
  - غلظت بیکربنات خاک پیش از اجرای شبکه آبیاری (میلی‌گرم درلیتر)
- شاخص اسیدیته و قلیائیت آب یا خاک (pH)
  - اسدیته آب (یا خاک) پس ازاجرای طرح
  - اسدیته آب (یا خاک) قبل از اجرای طرح

منابع و مراجع

۱- استفاده ازلوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی، نشریه شماره ۷۵ کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۲.

۲- ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار بر مبنای تقاضا، نشریه شماره ۷۷ کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۲.

۳- راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی سطحی، ضابطه شماره ۷۵۳ سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۶.

۴- راهنمای ارزیابی عملکرد سامانه‌های زهکش زیرزمینی، ضابطه شماره ۳۸۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، معاونت امور فنی، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، ۱۳۸۶.

۵- راهنمای ارزیابی مقایسه‌ای و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۹۰ کمیته ملی آبیاری و زهکشی.

۶- راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۱۰۳ کمیته ملی آبیاری وزهکشی، ۱۳۸۶.

۷- روش‌نامه مطالعات توجیه فنی اقتصادی اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، ضابطه شماره ۳۳۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، ۱۳۸۴.

۸- ضوابط طراحی سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار، وزارت نیرو، ضابطه شماره ۵۸۲ سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۱.

۹- ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت‌فشار (طراحی)، ضابطه شماره ۲۸۶ سازمان برنامه و بودجه کشور، معاونت امورفنی، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، ۱۳۸۳.

۱۰-فرایند ارزیابی سریع و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۹۶ کمیته ملی آبیاری وزهکشی، ۱۳۸۴.

۱۱-فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، سید حسن قدسی پور، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ چهارم، ۱۳۸۴.

۱۲-فهرست خدمات ارزیابی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و کم فشار (سیستم‌های نوین)، پیش‌نویس شماره ۳۸۹- الف، بهمن ۱۳۹۰.

13- Manual for Performance Evaluation of Sprinkler and Drip Irrigation Systems in Different Agro-climatic Regions of the World, ICID, 2008, 136 pp.