جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

ضوابط انتخاب و بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

ضابطه شماره ۸۳۳

آخرین ویرایش: ۲۵-۱۱-۹۹

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا

Seso.moe.gov.ir

۱۳۹۹

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۹/۶۹۴۳۹۳**
	تاریخ:	**۱۳۹۹/۱۲/۲۰**

موضوع: ضوابط انتخاب و بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور موضوع نظام فنی و اجرایی یکپارچه، ماده(۲۳) قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۸۳۳ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران با عنوان «ضوابط انتخاب و بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Email: nezamfanni@mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

باسمه تعالی

پیشگفتار

اندازه‌گیری، ثبت و پایش فرایند انتقال، توزیع و تحویل جریان آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور از ضروریات تحویل حجمی آب تقاضا محور بوده و عملیاتی شدن آن باعث کاهش مسائل اجتماعی ناشی از ضعف مدیریت در تحویل و فروش آب گردیده وامکانات پایه‌ای برای برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب را فراهم می‌نماید. در این راستا تدوین و ارائه ضوابط وچگونگی انتخاب و نحوه بهره‌برداری از سازه‌های تنظیم و اندازه‌گیری جریان در این شبکه‌ها در دستور کار قرار گرفت.

در این ضابطه، ضمن تعریف روشن از شبکه نقاط اندازه‌گیری، نوع و ترکیب تجهیزات و سازه‌ها، سازمان کلی، وظایف و مسوولیت‌های افراد و دستورالعمل‌های لازم ارائه می‌گردد. از طرفی، امکانات و محدودیت‌های سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری جریان آب تشریح شده و ضوابط انتخاب و نحوه بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری در شبکه‌های آبیاری ثقلی و تحت‌فشار در مراحل مختلف مطالعه، طراحی، ساخت و بهره‌برداری ارائه می‌گردد. همچنین ضوابط و معیارهای بازرسی تجهیزات سامانه اندازه‌گیری و راهکارهای تشخیص مشکلات هریک از سازه‌های اندازه‌گیری در دست بهره‌برداری، تشریح می‌شود و چند نوع سازه اندازه‌گیری کاربردی جدید مورد استقبال در شبکه‌های با اقلیم و شرایط مشابه در دیگر کشورها و همچنین مشخصات تکامل یافته متنوعی از چند نوع سازه اندازه‌گیری مرسوم در شبکه‌های کشور معرفی می‌گردد.

با توجه به اهمیت مبحث فوق‌الذکر، امور آب و آبفای وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه «ضوابط انتخاب و بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی» را با هماهنگی امور نظام فنی، اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی کشور به این سازمان ارسال نمود که پس از بررسی، بر اساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران تصویب و ابلاغ گردید.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردید، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی، اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در

مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از اینرو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

حمیدرضا عدل
معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی
زمستان ۱۳۹۹

تهیه و کنترل «ضوابط انتخاب و بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی»

[ضابطه شماره ۸۳۳]

مجری: شرکت مهندسین مشاور پراهوم

مشاور پروژه: احمد جعفری

اعضای گروه تهیه کننده:

احمد جعفری	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	کارشناسی مهندسی آبیاری و آبادانی
سوسن رضایی‌قره‌بلاغ	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	کارشناسی مهندسی آبیاری و آبادانی
فریده قرابیگلی	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی
رضا کیانی	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	کارشناسی ارشد مهندسی عمران
فاطمه نایب‌لویی	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	دکترای مهندسی آبیاری و زهکشی

اعضای گروه نظارت:

جلال ابوالحسنی	وزارت جهاد کشاورزی	کارشناسی ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری
محمدصادق جعفری	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری
فتح‌اله داوری‌دهکردی	کارشناس آزاد	کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های آبی
انسیه محرابی	وزارت نیرو- دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا	کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های آبی

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

جلال ابوالحسنی	وزارت جهاد کشاورزی	کارشناسی ارشد مهندسی تاسیسات آبیاری
احمد جعفری	شرکت مهندسین مشاور پراهوم	کارشناسی مهندسی آبیاری و آبادانی
سیدمجتبی رضوی نبوی	شرکت مهندسین مشاور آبسو	دکترای مهندسی سازه‌های آبی
محمدکاظم سیاهی	شرکت مهندسین مشاور پندام	کارشناسی ارشد مهندسی عمران و مهندسی آبیاری و زهکشی
انسیه محرابی	وزارت نیرو- دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا	کارشناسی 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
آرش نجاتی	وزارت نیرو- دفتر نظام‌های بهره‌برداری و حفاظت آب و آبفا	دکترای مهندسی سازه‌های آبی
مریم یوسفی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	دکترای مهندسی آبیاری و زهکشی

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
سیّد وحیدالدین رضوانی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول - ضرورت اندازه‌گیری	۳
۱-۱- کلیات	۵
۱-۲- ضرورت اندازه‌گیری از منظر امکان برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب	۷
۱-۳- ضرورت اندازه‌گیری به جهت اصلاح برنامه آبیاری (افزایش بهره‌وری)	۸
۱-۴- ضرورت اندازه‌گیری به جهت تحویل حجمی آب	۸
۱-۵- ضرورت اندازه‌گیری به جهت بهبود مدیریت تقاضا	۸
۱-۶- ضرورت اندازه‌گیری به جهت مسائل اجتماعی (توزیع عادلانه)	۹
۱-۷- ضرورت اندازه‌گیری به جهت امکان برنامه‌ریزی کلان حوضه‌ای	۹
۱-۸- ضرورت اندازه‌گیری به جهت امکان ارزیابی شبکه	۹
۱-۹- ضرورت اندازه‌گیری به جهت رعایت دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری و تنظیم صحیح آب در شبکه‌ها	۱۰
فصل دوم - تعاریف	**۱۱**
۲-۱- تعاریف اجزا و ارکان مرتبط	۱۳
۲-۱-۱- اندازه‌گیری جریان	۱۳
۲-۱-۲- جریان‌سنج	۱۳
۲-۱-۳- سامانه اندازه‌گیری	۱۳
۲-۱-۴- درستی (صحت) اندازه‌گیری	۱۳
۲-۱-۵- دقت سازه اندازه‌گیری	۱۴
۲-۱-۶- تکرارپذیری	۱۴
۲-۱-۷- دقت اندازه‌گیری	۱۴
۲-۱-۸- حساسیت سازه یا ابزار اندازه‌گیری	۱۴
۲-۱-۹- نشان‌گر	۱۵
۲-۱-۱۰- تراز آب	۱۵
۲-۱-۱۱- منحنی سنجه (بده- اشل)	۱۵
۲-۱-۱۲- کنتورهای مکانیکی	۱۵
۲-۱-۱۳- کنتور حجمی	۱۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۱-۱۴- کنتور سرعتی	۱۶
۲-۱-۱۵- داده‌نگار	۱۶
فصل سوم - اطلاعات پایه روابط تجربی اندازه‌گیری جریان	**۱۷**
۳-۱- کلیات	۱۹
۳-۲- انواع جریان آب در شبکه‌ها	۱۹
۳-۳- اصول اساسی اندازه‌گیری جریان	۱۹
۳-۳-۱- روش سرعت- مساحت	۲۰
۳-۳-۲- روش تعادل انرژی	۲۱
۳-۴- اندازه‌گیری جریان در مجاری روباز	۲۳
۳-۴-۱- روش زمانی- وزنی	۲۴
۳-۴-۲- روش رقیق‌سازی	۲۴
۳-۴-۳- روش سرعت- مساحت	۲۴
۳-۴-۴- روش سازه هیدرولیکی	۲۴
۳-۴-۵- روش مساحت- شعاع هیدرولیکی - شیب	۲۵
۳-۵- روابط تجربی کاربردی در جریان‌های تحت‌فشار	۲۵
۳-۵-۱- رابطه تعادل انرژی در شرایط تغییر فشار در لوله‌ها و محاسبه آبدهی	۲۶
فصل چهارم - امکانات و محدودیت‌های سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری جریان آزاد	**۲۹**
۴-۱- کلیات	۳۱
۴-۲- روش‌های اندازه‌گیری تراز آب	۳۱
۴-۲-۱- اندازه‌گیری مشاهده‌ای و ثبت دستی	۳۲
۴-۲-۲- اندازه‌گیری خودکار (وسایل اندازه‌گیری ثبات)	۳۳
۴-۲-۳- روش تماسی	۳۴
۴-۲-۴- روش غیرتماسی	۳۸
۴-۳- مقطع کانال (سرعت- مساحت)	۴۰
۴-۳-۱- نشان‌گر اندازه‌گیری تراز سطح آب	۴۰
۴-۳-۲- اندازه‌گیرهای صوتی آبدهی (آلتراسونیک)	۴۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۴- سرریزها	۴۳
۴-۴-۱- سرریز لبه تیز	۴۳
۴-۴-۲- سرریز لبه پهن	۴۴
۴-۴-۳- نحوه عملکرد سرریزها	۴۵
۴-۴-۴- الزامات نصب سرریزها	۴۶
۴-۴-۵- الزامات تنظیمات و بهره‌برداری سرریزها	۴۷
۴-۴-۶- نحوه محاسبه آبدهی	۴۷
۴-۵- فلومها	۴۸
۴-۵-۱- کلیات	۴۸
۴-۵-۲- فلوم با گلوگاه طولانی	۴۹
۴-۵-۳- فلوم با گلوگاه کوتاه	۵۰
۴-۵-۴- فلومهای ساده گلو (سامانی فلوم)	۵۳
۴-۵-۵- فاکتورهای قابل توجه در انتخاب فلوم	۵۴
۴-۵-۶- موارد بحرانی در نصب، بهره‌برداری و نگهداری فلومها	۵۵
۴-۶- سازه‌های با کارکرد روزنه	۵۷
۴-۶-۱- تعریف و طبقه‌بندی روزنه‌ها	۵۷
۴-۶-۲- دریچه‌های اندازه‌گیری	۵۸
۴-۶-۳- روزنه با بار ثابت، C.H.O (یا سازه‌های مشابه)	۶۲
۴-۶-۴- سازه‌های تلفیقی	۶۷
۴-۷- سازه‌های هیدرولیکی با کارکرد اندازه‌گیری	۶۷
۴-۷-۱- دریچه‌های قطاعی با جریان آزاد	۶۷
۴-۷-۲- روش تعیین سرعت متوسط	۶۹
۴-۷-۳- تنداب با کارکرد اندازه‌گیری	۷۰
۴-۷-۴- اندازه‌گیری آبدهی در آبگذر	۷۱
۴-۷-۵- مقسم با کارکرد اندازه‌گیری	۷۲
فصل پنجم - سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری در مجاری تحت فشار	**۷۵**

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۱- کلیات	۷۷
۵-۲- مشخصه‌های جریان‌سنج‌ها	۷۸
۵-۳- کنتورهای مکانیکی	۷۹
۵-۳-۱- معیارهای موثر در کارکرد کنتورهای مکانیکی	۸۰
۵-۴- کنتورهای سرعتی	۸۲
۵-۵- کنتورهای حجمی	۸۴
۵-۶- جریان‌سنج‌های آلتراسونیک	۸۵
۵-۷- جریان‌سنج‌های الکترومغناطیس	۹۰
۵-۸- ابزارهای اندازه‌گیری بر مبنای اختلاف فشار	۹۱
۵-۸-۱- ونتوری	۹۲
۵-۸-۲- شیپوره	۹۳
۵-۸-۳- روزنه	۹۴
۵-۹- مقایسه مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌ها	۹۶
۵-۱۰- جریان‌سنج‌های لوله‌های نیمه پر	۹۷
۵-۱۱- جریان‌سنجی در خروجی لوله	۹۸
۵-۱۱-۱- روش لوله کالیفرنیا (لوله افقی)	۹۸
۵-۱۱-۲- روش جت افقی	۹۹
۵-۱۱-۳- روش جت قائم	۱۰۳
فصل ششم - ضوابط انتخاب و نحوه بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری در شبکه‌های آبیاری ثقلی (مطالعه و طراحی)	**۱۰۵**
۶-۱- طبقه‌بندی شبکه به لحاظ الزامات بهره‌برداری	۱۰۷
۶-۲- ضوابط عمومی انتخاب نوع سازه و تاسیسات مناسب	۱۰۸
۶-۳- ضوابط انتخاب نوع سازه و تاسیسات مناسب در شبکه آبیاری ثقلی روباز	۱۱۱
۶-۳-۱- مشخصات انواع سازه‌ها و الگوریتم انتخاب هر سازه	۱۱۲
۶-۳-۲- انتخاب کاربردی ابزارهای اندازه‌گیری و محدودیت‌ها و امکانات (آزاد و تحت فشار)	۱۲۷
۶-۳-۳- عوامل موثر بر انتخاب نوع سازه اندازه‌گیر در آبگیر واحد مزرعه	۱۳۱
۶-۳-۴- عوامل موثر بر انتخاب نوع سازه اندازه‌گیر در آبگیر قطعه زراعی	۱۳۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶-۴- حد دقت و رواداری مجاز در اندازه‌گیری	۱۳۲
۶-۵- سازه‌های اندازه‌گیری در زهکش‌ها	۱۳۴
فصل هفتم - ضوابط انتخاب و نحوه بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری در شبکه آبیاری تحت فشار (مطالعه و طراحی)	**۱۳۷**
۷-۱- طبقه‌بندی شبکه به لحاظ الزامات بهره‌برداری	۱۳۹
۷-۲- ضوابط انتخاب نوع سازه و تاسیسات مناسب در شبکه اصلی (الزامات هیدرولیکی و سازه‌ای)	۱۳۹
۷-۲-۱- شرایط عملکردی جریان‌سنج	۱۳۹
۷-۲-۲- شرایط هیدرولیکی جریان	۱۴۰
۷-۲-۳- شرایط محیطی	۱۴۰
۷-۲-۴- نیازهای نصب و بهره‌برداری	۱۴۰
۷-۲-۵- نیازها و شرایط اختصاصی	۱۴۰
۷-۳- مراحل انتخاب جریان‌سنج و دقت اندازه‌گیری	۱۴۱
۷-۴- شرایط مقایسه‌ای انتخاب	۱۴۴
۷-۵- عوامل موثر بر انتخاب نوع تجهیزات اندازه‌گیر در آبگیر واحد مزرعه	۱۴۵
فصل هشتم - مبانی و معیارهای تغییرات در سامانه‌های اندازه‌گیری شبکه‌های درحال ساخت	**۱۴۷**
۸-۱- ارزیابی سریع	۱۴۹
۸-۲- کارشناسان تیم ارزیابی	۱۴۹
۸-۳- برنامه ارزیابی اجزا مرتبط طرح	۱۵۰
۸-۴- تصمیم‌گیری جهت اقدام	۱۵۰
فصل نهم - بازرسی تجهیزات سامانه اندازه‌گیری	**۱۵۳**
۹-۱- ضرورت‌ها و چارچوب بازرسی تجهیزات اندازه‌گیری	۱۵۵
۹-۲- عوامل کاهش‌دهنده درستی اندازه‌گیری	۱۵۷
۹-۲-۱- اندازه‌گیری نادرست بارآبی	۱۵۷
۹-۲-۲- اندازه‌گیرهای موردی (تعداد کم اندازه‌گیری‌ها)	۱۵۷
۹-۲-۳- استفاده از وسایل اندازه‌گیری نامناسب	۱۵۸
۹-۳- میزان تاثیر واسنجی تجهیزات اندازه‌گیری در دقت خروجی	۱۵۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۹-۴- عیوب احتمالی هر یک از تجهیزات اندازه‌گیری و تاثیر آن‌ها در دقت خروجی	۱۵۹
۹-۴-۱- شرایط جریان ورودی به سازه یا ابزار اندازه‌گیری	۱۵۹
۹-۴-۲- تلاطم	۱۶۰
۹-۴-۳- سطح ناهموار آب	۱۶۱
۹-۴-۴- بارآبی نظیر سرعت در هنگام ورود جریان	۱۶۱
۹-۴-۵- الگوهای جریان نامناسب	۱۶۲
۹-۴-۶- شرایط جریان خروجی	۱۶۲
۹-۴-۷- شرایط اقلیمی و فرسودگی تجهیزات	۱۶۳
۹-۵- بررسی اجمالی روش‌های عیب‌یابی و تعمیر تجهیزات مختلف	۱۶۳
۹-۶- تجربیات قابل دسترس در مورد سوابق عملکرد سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری در شرایط ایران	۱۶۳
۹-۷- عملکرد سازه‌های استاندارد و غیراستاندارد	۱۶۴
۹-۸- بازرسی چگونگی نصب	۱۶۴
۹-۹- تکنیک های اندازه‌گیری	۱۶۵
۹-۹-۱- نصب ثبات‌های تراز آب	۱۶۵
۹-۹-۲- ملاحظات چاهک اندازه‌گیری	۱۶۵
۹-۹-۳- کارگذاری نقطه مبنا	۱۶۶
۹-۹-۴- اندازه‌گیری بارآبی در فلوم	۱۶۶
۹-۹-۵- نصب نشان‌گر و تنظیم صفر در فلوم	۱۶۶
۹-۹-۶- ساخت و نصب روزنه‌های مستغرق کاملا فشرده استاندارد	۱۶۷
۹-۹-۷- اندازه‌گیری بارآبی در CHO	۱۶۷
۹-۹-۸- استفاده از ایستگاه‌های جریان‌سنجی	۱۶۸
۹-۹-۹- دستورالعمل‌های کلی و اقدامات احتیاطی در سرعت‌سنج‌ها	۱۶۸
فصل دهم - بهسازی و نوسازی تجهیزات فرسوده اندازه‌گیری در شبکه‌های در حال بهره‌برداری	**۱۷۱**
۱۰-۱- کلیات	۱۷۳
۱۰-۲- شرایط موجود کنترل و توزیع شبکه‌های در دست بهره‌برداری	۱۷۳
۱۰-۲-۱- شرایط موجود کنترل و توزیع از نظر نوع نبات	۱۷۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱۰-۲-۲- شرایط موجود کنترل و توزیع به جهت شرایط آبگیری از منابع آب و توپوگرافی ۱۷۴
۱۰-۲-۳- شرایط کانال ها و نهرهای سنتی و وضعیت شبکه موجود از نظر ابعاد آبدهی، شیب و در نهرهای سنتی مشخصات مکانیکی خاک در محل مورد نظر ۱۷۵
۱۰-۲-۴- وضع موجود سامانه اندازه‌گیری و سامانه مورد نیاز شبکه ۱۷۵
۱۰-۳- ارزیابی کلی سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری ۱۷۵
۱۰-۳-۱- وضعیت فیزیکی سازه‌های قابل استفاده در اندازه‌گیری ۱۷۵
۱۰-۳-۲- شرایط محیطی سازه‌های مختلف اندازه‌گیری ۱۷۵
۱۰-۳-۳- شرایط مدیریتی و اجرایی اندازه‌گیری ۱۷۷
۱۰-۴- چگونگی بهسازی و نوسازی سازه‌های موجود اندازه‌گیری ۱۷۸
۱۰-۵- بررسی روش‌های مختلف اندازه‌گیری متناسب با شبکه ۱۷۹
۱۰-۶- بررسی روند اجرایی تغییر و الزامات رعایت در آن‌ها ۱۷۹
۱۰-۶-۱- اقدامات کوتاه مدت ۱۷۹
۱۰-۶-۲- اقدامات میان مدت و دوره‌ای ۱۸۰
۱۰-۶-۳- اقدامات درازمدت ۱۸۱
فصل یازدهم - ضوابط جانمایی و استقرار سامانه اندازه‌گیری جریان **۱۸۳**
۱۱-۱- کلیات ۱۸۵
۱۱-۲- ضوابط انتخاب موقعیت تجهیزات اندازه‌گیری ۱۸۷
۱۱-۲-۱- وظایف طراح (گروه طراحی) ۱۸۸
۱۱-۲-۲- وظایف کارشناس بررسی مسایل اجتماعی، اقتصادی و نظام بهره‌برداری ۱۸۸
۱۱-۲-۳- وظایف ذی‌نفعان پروژه ۱۸۹
۱۱-۳- ضوابط و معیارهای جانمایی و استقرارسامانه اندازه‌گیری جریان آب ۱۹۰
۱۱-۳-۱- نقاط کلیدی اندازه‌گیری آب ۱۹۰
۱۱-۳-۲- نقاط اندازه‌گیری در شبکه فرعی آبیاری ثقلی ۱۹۳
۱۱-۳-۳- نقاط اندازه‌گیری در شبکه فرعی آبیاری تحت‌فشار ۱۹۳
۱۱-۳-۴- نقاط ضروری اندازه‌گیری مازاد بر محل‌های انشعابی در شبکه اصلی آبیاری ثقلی و تحت‌فشار ۱۹۴
۱۱-۳-۵- ملاحظات خاص در جانمایی سازه‌های اندازه‌گیر ۱۹۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۱-۳-۶- تعیین بازده انتقال، در شبکه در دست بهره‌برداری	۱۹۵
۱۱-۴- اقتصادی بودن تجهیزات خودکار یا مکانیزه اندازه‌گیری	۱۹۶
۱۱-۵- تشکیلات و نیازمندی‌های گروه اندازه‌گیری در نمودار سازمانی پیش‌بینی شده در مدیریت شبکه	۱۹۶
۱۱-۶- روش ثبت، جمع‌آوری و نگهداری آمار دوره‌ای	۱۹۸
۱۱-۶-۱- کلیات	۱۹۸
۱۱-۶-۲- چگونگی سنجش	۱۹۸
۱۱-۶-۳- سامانه ارسال اطلاعات	۱۹۸
۱۱-۶-۴- سامانه پایش، پردازش و کنترل	۱۹۹
۱۱-۶-۵- برنامه پایش	۱۹۹
۱۱-۷- الزامات حفاظتی	۲۰۰
۱۱-۷-۱- کلیات	۲۰۰
۱۱-۷-۲- حفاظت و نگهداری از تجهیزات اندازه‌گیری	۲۰۰
۱۱-۷-۳- الزامات ایمنی و حفاظتی	۲۰۱
۱۱-۸- برنامه آموزشی و توانمندسازی کارکنان واحد اندازه‌گیری	۲۰۲
۱۱-۸-۱- مخاطبین آموزش در سامانه شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۰۲
۱۱-۸-۲- محتوا موارد آموزشی	۲۰۲
۱۱-۸-۳- شیوه های آموزش	۲۰۳
۱۱-۹- ضوابط انتخاب نیروی انسانی، تجهیزات و ابزار و ادوات اندازه‌گیری	۲۰۳
پیوست ۱- مشکلات هریک از سازه‌های کانال‌های روباز در شبکه‌های ایران	**۲۰۵**
پیوست ۲- پرسش‌نامه بررسی سازه‌ها	**۲۱۳**
منابع و مراجع	**۲۲۹**

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نمودار ارتباط بخش‌های مختلف آبیاری برای رسیدن به بازده مصرف آب	۶
شکل ۳-۱- آرایش نقاط اندازه‌گیری در مقطع جریان روباز نامنظم	۲۰
شکل ۳-۲- نیم‌رخ افقی اندازه‌گیری سرعت در مقطع جریان روباز	۲۱
شکل ۳-۳- نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری سرعت در فواصل مختلف در مجرای بسته	۲۱
شکل ۳-۴- تعادل انرژی در لوله	۲۲
شکل ۳-۵- تعادل انرژی در کانال روباز	۲۲
شکل ۳-۶- تعادل انرژی مخصوص	۲۲
شکل ۴-۱- نمونه‌ای از نشان‌گر اندازه‌گیری تراز سطح آب	۳۲
شکل ۴-۲- نمونه‌ای از سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از شناور و پتانسیومتر	۳۴
شکل ۴-۳- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از شناور و قرقره (پولی)	۳۴
شکل ۴-۴- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب رودخانه با استفاده از حس‌گر شناور و سامانه شستشو مجاری از رسوب	۳۵
شکل ۴-۵- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از هدایت الکتریکی	۳۵
شکل ۴-۶- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از ظرفیت خازنی	۳۶
شکل ۴-۷- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از روش ایجاد حباب	۳۷
شکل ۴-۸- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از حس‌گر فشار	۳۷
شکل ۴-۹- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از امواج التراسونیک و نمونه اجرا شده	۳۸
شکل ۴-۱۰- (راست) تصویر سازه اندازه‌گیری راداری بر روی کانال و (چپ) نحوه عملکرد ترکیبی حس‌گر راداری و ترازسنج (سطح‌سنج) آن	۳۹
شکل ۴-۱۱- یک اندازه‌گیر جریان لیزری نصب شده بر روی کانال و شمایی از عملکرد آن	۳۹
شکل ۴-۱۲- نمایی از یک جریان‌سنج داپلری موج‌پیوسته و نمونه‌ای اجرا شده	۴۲
شکل ۴-۱۳- شمای کلی از یک جریان سنج زمان- گذر به همراه یک ترازسنج آلتراسونیک	۴۲
شکل ۴-۱۴- تعاریف اجزای مقطع سرریز	۴۴
شکل ۴-۱۵- نمای سرریزهای مستطیلی و مثلثی	۴۴
شکل ۴-۱۶- نمای یک سرریز لبه پهن	۴۵
شکل ۴-۱۷- فلوم با گلوگاه طولانی در کانال‌های اصلی	۴۹
شکل ۴-۱۸- پلان و مقطع پارشال فلوم	۵۱

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۹- نمونه‌ای از پارشال فلوم ۵۱

شکل ۴-۲۰- فلوم گلو بریده ۵۲

شکل ۴-۲۱- فلوم ذوزنقه‌ای ۵۳

شکل ۴-۲۲- انواع فلوم‌های ساده. (الف) فلوم مدور (ب) مستطیلی (S-M) (پ) مدول ذوزنقه‌ای ۵۴

شکل ۴-۲۳- تصاویر فلوم‌های ساده اجرا شده. (الف) فلوم مدور (ب) مستطیلی (S-M) (پ) مدول ذوزنقه‌ای ۵۴

شکل ۴-۲۴- نصب مناسب دریچه‌های اندازه‌گیری ۵۹

شکل ۴-۲۵- چاهک اندازه‌گیری با قطر، موقعیت و ارتفاع مناسب، نصب‌شده در دریچه اندازه‌گیری ۶۰

شکل ۴-۲۶- نمونه‌ای از نقشه راهنمای نصب یک دریچه اندازه گیری با اجزای پیش‌ساخته در هر دو انتهای لوله، برای اجرا در زیر جاده ۶۰

شکل ۴-۲۷- طرح شماتیکی از دریچه‌هایC.H.O (طراحی شده با استاندارد USBR) ۶۳

شکل ۴-۲۸- یک دریچه روزنه‌ای مستطیلی (دریچه جلویی) که اندازه‌گیری جریان را ممکن می‌سازد، هم‌زمان دریچه کشویی (دریچه پشتی)کنترل جریان را فراهم می‌کند ۶۳

شکل ۴-۲۹- یک روزنه ثابت ۶۴

شکل ۴-۳۰- ابعاد روزنه مستطیلی کاملا مستغرق انقباضی ۶۵

شکل ۴-۳۱- دستورالعمل ورودی روزنه (نما از بالا) ۶۵

شکل ۴-۳۲- تنظیمات دریچه کشویی برای اندازه گیری جریان. پلان در سمت چپ و نمای انتهایی در سمت راست. این مدل به عنوان دریچه‌کشویی جایگزین مدل C.H.O استاندارد USBR پیشنهاد شده‌است. ۶۶

شکل ۴-۳۳- جزییات عبور جریان از زیر دریچه قطاعی در حالت آزاد ۶۷

شکل ۴-۳۴- اثر زاویه لبه دریچه قطاعی روی ضریب فشردگی ۶۸

شکل ۴-۳۵- نمایی از یک اندازه‌گیر پروانه‌ای (مولینه) ۷۰

شکل ۴-۳۶- نمایی از شیب‌شکن (راست) و تندآب (چپ) ۷۱

شکل ۴-۳۷- نمایی از تجهیزات الکترونیک با حس‌گر آلتراسونیک داپلری در اندازه‌گیری جریان آبگذر ۷۲

شکل ۴-۳۸- مقسم ثابت ۷۳

شکل ۴-۳۹- مقسم قابل تنظیم ۷۳

شکل ۵-۱- نقشه همسان نما از بالا و مقطع طولی حوضچه کنترل و اندازه‌گیری ابتدای مزارع ۸۱

شکل ۵-۲- نمونه‌ای از کنتور سرعتی مکانیکی در لوله‌های افقی و عمودی آبیاری ۸۲

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۵-۳- نمایی از دو نمونه از جریان‌سنج‌های حجمی مکانیکی	۸۴
شکل ۵-۴- نمایی از نحوه عملکرد جریان‌سنج فراصوتی داپلری	۸۶
شکل ۵-۵- نمایی از نحوه عمل یکی از انواع جریان‌سنج زمان-گذر فراصوتی	۸۶
شکل ۵-۶- نمایی از تجهیزات نصب یک جریان‌سنج زمان-گذر فراصوتی	۸۶
شکل ۵-۷- نمونه‌هایی از جریان‌سنج‌های فراصوتی قابل حمل (بالا) زمان-گذر و (پایین) داپلر	۸۸
شکل ۵-۸- نمایی از جریان‌سنج الکترومغناطیسی	۹۰
شکل ۵-۹- نمایی از اندازه‌گیر ونتوری	۹۲
شکل ۵-۱۰- یک اندازه‌گیر ونتوری	۹۲
شکل ۵-۱۱- نمایی از یک شیپوره لبه‌دار	۹۳
شکل ۵-۱۲- نمای محل قرارگیری روزنه اندازه‌گیر	۹۴
شکل ۵-۱۳- تصاویری از روزنه اندازه‌گیر و تیغه روزنه	۹۴
شکل ۵-۱۴- روش جریان‌سنجی در خروجی لوله به روش لوله کالیفرنیا	۹۸
شکل ۵-۱۵- پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه در روش جت افقی	۹۹
شکل ۵-۱۶- نحوه قرار گیری خط‌کش گونیا در اندازه‌گیری جت افقی	۱۰۰
شکل ۵-۱۷- پارامترهای اندازه‌گیری در جت قائم	۱۰۳
نمودار ۶-۱- نمودار اصول مطالعات پایه و جایگاه اندازه‌گیری در اجزای طراحی شبکه آبیاری	۱۱۰
شکل ۶-۲- انتخاب فرآیند اندازه‌گیری آبدهی یا سازه تنظیم کننده	۱۲۱
شکل ۶-۳-a- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)	۱۲۲
شکل ۶-۳-b- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)	۱۲۳
شکل ۶-۳-c- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)	۱۲۴
شکل ۶-۳-d- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱).	۱۲۵
شکل ۶-۳-e- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)	۱۲۶
شکل ۹-۱- فاصله مناسب اندازه‌گیری در یک سرریز لبه تیز	۱۵۷
شکل ۹-۲- نسبت‌های استاندارد، برای سرریزهای مستطیلی، سیپولتی، مثلثی ۹۰ درجه	۱۶۰
شکل ۹-۳- زیرگذر جلوگیری‌کننده از موج	۱۶۱
شکل ۱۱-۱- نمونه‌ای از نمودار تشکیلات بهره‌برداری	۱۹۷

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- اهداف و ضرورت‌های اندازه‌گیری در انواع شبکه‌های در حال بهره‌برداری، در دست طراحی و بهسازی	۷
جدول ۳-۱- مقادیر ضرایب هیزن- ویلیامز برای انواع لوله‌ها	۲۶
جدول ۴-۱- مقایسه روش‌های تماسی و غیر تماسی از دیدگاه مزایا و معایب	۳۳
جدول ۴-۲- مزایا، معایب و مشخصات روش‌های اندازه‌گیری تراز سطح آب	۴۰
جدول ۴-۳- روابط تجربی در سرریزها (واحد L و H متر و Q مترمکعب بر ثانیه)	۴۸
جدول ۴-۴- ضرایب مربوط به فلوم‌های ساده گلو کوتاه در رابطه سامانی	۵۴
جدول ۴-۵- محدوده بالا و پایین شدت جریان مورد اندازه‌گیری توسط پارشال فلوم‌ها	۵۵
جدول ۴-۶- تقسیم‌بندی شرایط جریان در آبگذرها	۷۲
جدول ۵-۱- مزایا و محدودیت‌های کنتورهای مکانیکی نوع سرعتی	۸۳
جدول ۵-۲- مزایا و محدودیت‌های کنتورهای مکانیکی نوع حجمی	۸۴
جدول ۵-۳- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های آلتراسونیک	۸۹
جدول ۵-۴- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی	۹۰
جدول ۵-۵- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های اختلاف فشاری	۹۵
جدول ۵-۶- مقایسه جریان‌سنج‌ها	۹۶
جدول ۵-۷- مقادیر ضریب C	۱۰۰
جدول ۵-۸- آبدهی از لوله افقی برای X = ۰	۱۰۱
جدول ۵-۹- آبدهی از لوله افقی برای X = ۱۵/۲۴cm	۱۰۱
جدول ۵-۱۰- آبدهی از لوله افقی برای X =۳۰/۴۸cm	۱۰۲
جدول ۵-۱۱- آبدهی از لوله افقی برای X = ۴۵/۷۲cm	۱۰۳
جدول ۵-۱۲- مقادیر جریان (لیتر بر ثانیه) بر حسب قطر لوله (اینچ)	۱۰۴
جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش اول)	۱۱۲
جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش دوم)	۱۱۵
جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش سوم)	۱۱۷
جدول ۶-۲- انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب از منظر کاربری	۱۲۷
جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب	۱۲۹
جدول ۶-۴- خطا و نسبت شدت‌جریان حداکثر به حداقل سازه اندازه‌گیری	۱۳۴

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۷-۱- تقسیم‌بندی کلی سازه‌های اندازه‌گیری بر اساس نیازهای نگهداری و هزینه‌های نسبی	۱۴۲
جدول ۷-۲- جهت‌دهی اولیه برای انتخاب صحیح جریان‌سنج	۱۴۳
جدول ۷-۳- جهت‌دهی اولیه برای انتخاب صحیح جریان‌سنج	۱۴۳
جدول ۷-۴- جدول جهت‌دهی اولیه برای انتخاب صحیح جریان‌سنج	۱۴۴

مقدمه

در امر بهره‌برداری از هریک از شبکه‌های[۱] آبیاری و زهکشی مدرن[۲]، سنتی[۳] و نیمه مدرن[۴]، مشکلات و موانع متفاوتی در تحویل آب بروز می‌کند که ارائه راهکار برای هر یک مستلزم شناخت مسائل مربوط به آن‌ها است. بررسی اجمالی شبکه‌های آبیاری ایران نشان می‌دهد، راهبرد یکسان و مدونی در مورد سامانه‌های کنترل، توزیع و تحویل آب و به تبع آن شبکه اندازه‌گیری وجود ندارد. این در حالی است که اندازه‌گیری جریان از جهات مختلف زیر از اهمیت ویژه برخوردار است:

- تحویل حجمی آب
- فروش آب
- مسائل اجتماعی
- اصلاح برنامه آبیاری
- امکان برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب
- امکان برنامه‌ریزی کلان حوضه‌ای

در هر منطقه میزان اهمیت این عوامل متفاوت است. اهداف مرتبط با مسائل فروش آب و مسائل اجتماعی از دیدگاه بهره‌برداران مورد اهمیت می‌باشد و از دیدگاه مدیران شبکه‌های آبیاری، کلیه ضرورت‌های اندازه‌گیری نام‌برده مورد توجه و اهمیت است.

وجود اطلاعات کافی از مقدار آب مصرفی گیاهان مختلف در موقعیت‌های مکانی مختلف شبکه آبیاری و ملحوظ شدن دیگر عوامل تأثیرگذار، امکان تصمیم‌گیری در تغییر الگو، روش‌های آبیاری و نحوه مدیریت آبیاری را فراهم می‌نماید. اندازه‌گیری مستمر جریان آب تحویلی، باعث تدقیق میزان بهره‌وری آب در تولیدات زراعی شده و الگوی مناسب‌تری به‌دست می‌آید. در شرایطی که آب به صورت حجمی تحویل کشاورز می‌شود، دقت در ضرورت‌های آبیاری و میزان و زمان آن افزایش پیدا می‌کند. در چنین شرایطی اطلاعات اندازه‌گیری شده آب تحویلی به مزارع به صورت آماری می‌تواند

۱- مبنای تقسیم شبکه‌های آبیاری به مدرن، تلفیقی و سنتی، تعریف وزارت نیرو - شرکت مدیریت منابع آب، است.

۲- شبکه آبیاری مدرن، به مجموعه‌ای از تاسیسات آبیاری گفته می‌شود که از امکانات و قابلیت‌های تامین آب مطمئن (سد مخزنی یا رودخانه با بده پایه مطمئن) برخوردار بوده و دارای تاسیسات آبگیر (سد انحرافی یا ایستگاه پمپاژ) و کانال‌ها یا خطوط لوله اصلی و فرعی اعم از درجه یک، دو، سه و چهار بوده و عملیات تجهیز و نوسازی اراضی یا سامانه‌های نوین آبیاری در اراضی پایاب اجرا شده باشد.

۳- به مجموعه‌ای از نهرهای سنتی اطلاق می‌شود که در محدوده یک شهر، آبادی و صحرا از یک یا چند رودخانه از طریق دهانه آبگیر سنتی (به صورت انحراف از نهر) یا از آب‌بندان یا تالاب، آب برداشت می‌کنند.

۴- شبکه آبیاری نیمه مدرن به مجموعه‌ای از تاسیسات آبیاری اطلاق می‌شود که حداقل یکی از مجموعه امکانات و قابلیت‌های زیر را داشته باشد؛ تاسیسات انحراف آب بر روی رودخانه با بده پایه مطمئن همراه با کانال اصلی انتقال آب؛ مجموعه نهرها سنتی و کانال‌های آبیاری در پایاب سد مخزنی.

در جهت تطابق حجم آب تحویلی با نیاز آبیاری، بازده[1] برآوردی و تقویم آبیاری مفید و موثر باشد. تعیین حجم آب تحویلی، موجب تسهیل در استقرار نظام حسابداری آب و شفاف‌سازی در دریافت آب‌بها می‌شود. همچنین اندازه‌گیری جریان آب تحویلی و اعمال حسابداری آب در دراز مدت، باعث تمکین عمومی به رعایت حقوق همسایگان شده و در شرایط بحرانی، مسائل کم‌تری در مقابله با بحران پیش می‌آید. این امر باعث توسعه قانون‌مندی و توسعه تعاون در کار می‌شود، ضمن آن‌که اندازه‌گیری جریان آب و ایجاد سامانه ارزیابی منابع و مصارف، از ضروریات برنامه‌ریزی یک‌پارچه در حوضه آبریز مشخص است.

- هدف

هدف از تدوین این ضابطه ارائه اطلاعات کاربردی مرتبط با سازه‌های اندازه‌گیری در شبکه‌های آبیاری ایران برای تمامی ذی‌نفعان اعم از وزارت‌خانه‌های نیرو و جهادکشاورزی، کشت و صنعت‌ها و همچنین تشکل‌های آب‌بران می‌باشد.

- دامنه کاربرد

این ضابطه آگاهی لازم در زمینه چگونگی انتخاب و نحوه بهره‌برداری از سازه‌ها و تجهیزات تنظیم و اندازه‌گیری آب را ارائه می‌کند. همچنین، جانمایی و موقعیت‌های مناسب نصب و استقرار را تبیین کرده و برنامه مدیریت اندازه‌گیری سامانه اندازه‌گیری، نوع و ترکیب تجهیزات و سازه‌ها، سازماندهی نیرو، دوره‌های اندازه‌گیری و نیروهای انسانی مورد نیاز را در اختیار مدیران شبکه قرار می‌دهد. این ضابطه، فرایند و مشخصات چگونگی اندازه‌گیری، ثبت و نگهداری و پردازش داده‌ها و اشکال مختلف گزارش‌دهی را روشن می‌نماید.

در این ضابطه شبکه اندازه‌گیری، نوع و ترکیب تجهیزات و سازه‌ها به روشنی تعریف شده و سازمان کلی، وظایف و مسوولیت‌های افراد و دستورالعمل‌های لازم مشخص گردیده است. این ضابطه موارد زیر را شامل می‌شود:

- شبکه در دست مطالعه و طراحی
- شبکه در حال بهره‌برداری
- شبکه نیازمند بهسازی و نوسازی

که در یکی از انواع متفاوت زیر اجرا شده یا خواهند شد، راهکار ارائه می‌دهد:

- شبکه تحت‌فشار
- شبکه مدرن ثقلی
- شبکه تلفیق مدرن و سنتی، مدرن ثقلی و تحت فشار

1- Efficiency

فصل ۱

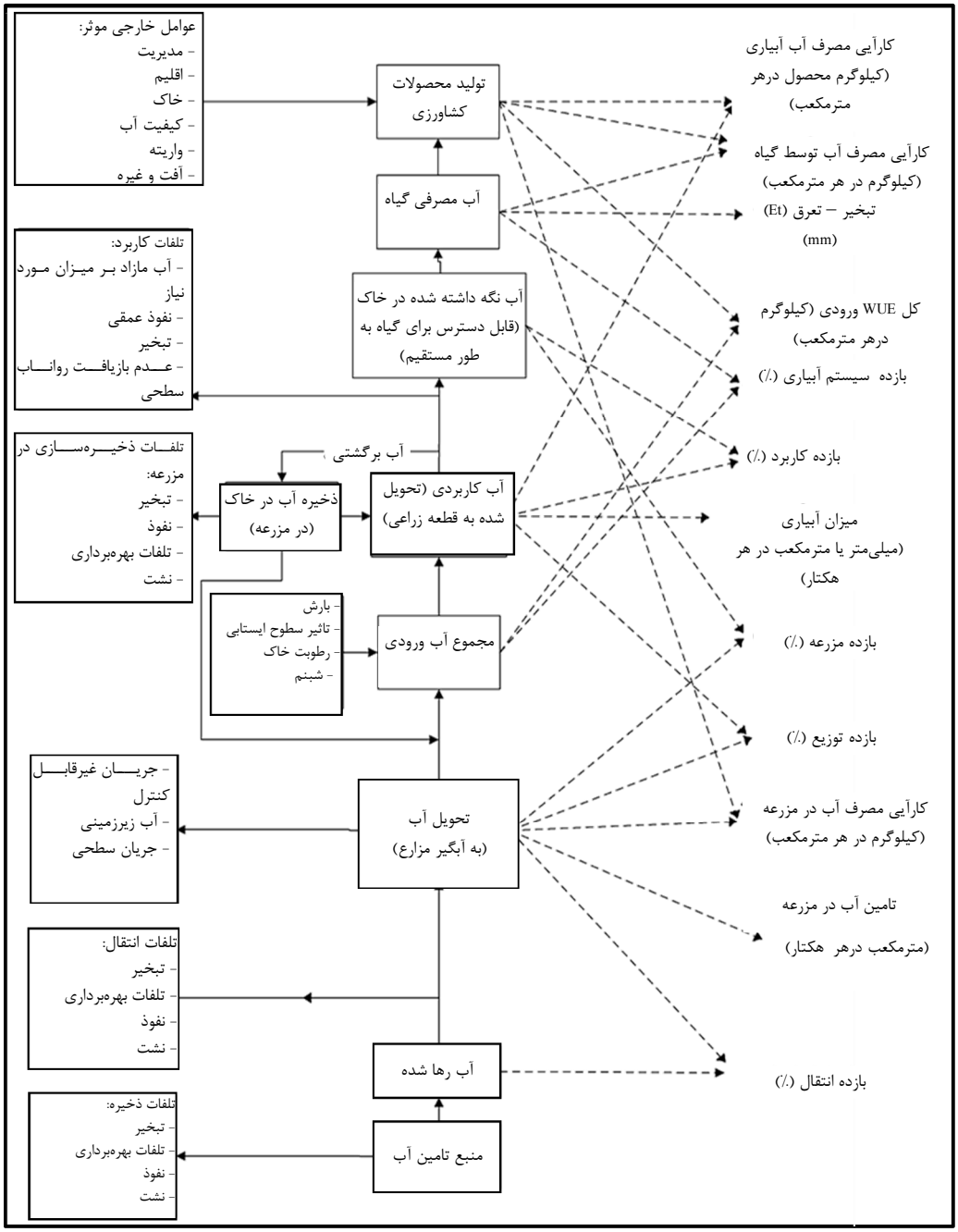
ضرورت اندازه‌گیری

۱-۱- کلیات

شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور به سه بخش شبکه‌های مدرن، سنتی و نیمه‌مدرن تقسیم‌بندی می‌شوند که هریک مسائل مرتبط با خود را برای تجهیز به ابزار اندازه‌گیری جریان آب دارند.

- در چند صد سال گذشته روش انتقال و توزیع و اندازه‌گیری آب عمدتا روش تقسیم به نسبت یا سامانه تحویل آب به صورت زمانی بوده است.
- در شبکه‌های آبیاری و زهکشی خوزستان و فارس، تجهیزات اندازه‌گیری C.H.O و پارشال فلوم توسط مهندسان مشاور خارجی و در سایر شبکه‌ها، سازه‌های مدول نیرپیک و تنظیم‌کننده هیدرومکانیکال پیشنهاد و اجرا شده است.
- در چند دهه گذشته، مشاوران ایرانی به فراخور آگاهی و دانش خود و خط مشی‌های کارفرمایان، یکی از روش‌های پیشنهادی مشاوران اروپایی و آمریکایی را ارائه نمودند و در گزارش‌های ارائه شده در چند دهه اخیر، به ندرت در مورد شبکه اندازه‌گیری به صورت منسجم و درخور شایسته آن بحث شده است. بنابراین لازم است در این مورد علاوه بر آگاهی از روش‌های معمول و موثر اندازه‌گیری در دنیا و همچنین سازه‌های مرتبط با آن‌ها، نگاهی آینده‌نگر به شبکه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی و متمرکز، معمول شده و از موارد متناسب با شرایط هر شبکه استفاده شود.

اساسا آبیاری به همراه بارش باران، در تولیدات کشاورزی به دلیل فراهم سازی گزینه‌های مدیریتی بهتر، انعطاف‌پذیری بیش‌تر، ظرفیت تولید همراه با سود بیش‌تر و مدیریت بحران بهتر، حائز اهمیت است. با این وجود تبدیل فن آبیاری به یک سامانه تولید، یک محیط مدیریتی پیچیده‌تری را ایجاد می‌کند که جهت اطمینان از بازدهی، داده‌های ورودی و تاثیر سامانه آبیاری، باید اندازه‌گیری شود. تعامل و پیچیدگی بالقوه واحدهای تابع و مدیریت آبیاری، در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار ارائه‌شده در این شکل، ملاحظه می‌شود، از منبع آب تا مصرف آب توسط گیاه، اندازه‌گیری ضرورت می‌یابد. از این‌رو اندازه‌گیری جریان از جهات مختلف مانند استفاده بهینه از منابع آب محدود، اعمال مدیریت تقاضا، افزایش بهره‌وری، ارزیابی شبکه آبیاری و زهکشی و تحویل حجمی آب مورد اهمیت است که در هر منطقه میزان اهمیت این عوامل متفاوت است. فراهم‌شدن امکان مدیریت برنامه‌ریزی کشت (برای نمونه بهینه‌سازی تقویم کشت و آبیاری)، تحقق تحویل حجمی آب و مدیریت منابع آب در دسترس و قابل تحویل به شبکه و نیز زمینه‌سازی برای تعیین آب‌بهاء بر مبنای حجم آب تحویلی را می‌توان به عنوان بخشی از نتایج و پیامدهای مثبت اندازه‌گیری کمی آب در نظر گرفت. در سامانه اندازه‌گیری عمدتا، اهداف مرتبط با مسائل فروش آب و مسائل اجتماعی، از دیدگاه بهره‌برداران مورد توجه بوده و از دیدگاه مدیران شبکه‌های آبیاری، کلیه ضرورت‌های اندازه‌گیری مورد توجه و دارای اهمیت است (جدول ۱-۱).



شکل ۱-۱- نمودار ارتباط بخش‌های مختلف آبیاری برای رسیدن به بازده مصرف آب

کارایی مصرف آب آبیاری عبارت از مقدار محصول تولید شده به ازای واحد حجم آب مصرفی که در اینجا بر حسب کیلوگرم محصول در هر مترمکعب بیان شده است.
کارایی مصرف آب توسط گیاه: زمانی که آب وارد خاک شده و در منطقه ریشه‌ها ذخیره گردد، نوع دیگری از بازده مطرح است که بستگی به نوع گیاه و توانایی آن در جذب آب از خاک دارد. در واقع این بازده نشان‌دهنده این است که از مقدار آبی که در منطقه توسعه ریشه‌ها ذخیره شده، چند درصد آن برای تعرق، جذب گیاه می‌شود (بر حسب کیلوگرم در هر مترمکعب).
بازده سامانه آبیاری: نسبت حجم آب مورد نیاز در منطقه توسعه ریشه به حجم آبی که می‌بایست از مخزن اصلی دریافت نماید. (بر حسب درصد)
بازده کاربرد: حجم آبی که در منطقه توسعه ریشه‌ها ذخیره می‌شود به حجم آبی که در سطح واحد زراعی پخش می‌گردد. (بر حسب درصد)
نرخ آبیاری: به معنی میزان آب مورد نیاز برای تامین آبیاری محصول در طول فصل رشد است. (بر حسب میلی‌متر یا مترمکعب در هر هکتار)
بازده مزرعه: نسبت آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه به آب تحویل شده به مزرعه را گویند.
بازده توزیع: نسبت آب تحویلی برای آبیاری قطعه زراعی به کل جریان ورودی به سامانه تامین، برای توزیع آب گویند.
بازده انتقال: نسبت آب تحویل شده به مزرعه در یک دوره مشخص به آب مصرف شده از رودخانه یا سایر منابع طبیعی آب برای همان مزرعه در همان دوره گویند.

جدول ۱-۱- اهداف و ضرورت‌های اندازه‌گیری در انواع شبکه‌های در حال بهره‌برداری، در دست طراحی و بهسازی

نوع شبکه	با محدودیت منابع آب	بدون محدودیت منابع آب
شبکه‌های مدرن در حال بهره‌برداری	- استفاده بهینه از منابع آب محدود - اعمال مدیریت مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری - افزایش بهره‌وری - ارزیابی شبکه - تحویل حجمی - توزیع عادلانه	- اعمال مدیریت مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری - افزایش بهره‌وری - ارزیابی شبکه - تحویل حجمی - توزیع عادلانه
شبکه‌های سنتی در حال بهره‌برداری	- استفاده بهینه از منابع آب محدود - توزیع عادلانه - امکان تحویل حجمی	- توزیع عادلانه - امکان تحویل حجمی
شبکه‌های نیمه مدرن در حال بهره‌برداری	- استفاده بهینه از منابع آب محدود - اعمال مدیریت مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری افزایش بهره‌وری - ارزیابی شبکه - تحویل حجمی - توزیع عادلانه	- اعمال مدیریت مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری افزایش بهره‌وری - ارزیابی شبکه - تحویل حجمی - توزیع عادلانه
شبکه‌های مدرن در دست طراحی	- استفاده بهینه از منابع آب محدود - امکان اعمال مدیریت تقاضا در زمان بهره‌برداری - امکان افزایش بهره‌وری در زمان بهره‌برداری - امکان ارزیابی شبکه در زمان بهره‌برداری - امکان تحویل حجمی در زمان بهره‌برداری - امکان توزیع عادلانه در زمان بهره‌برداری	- امکان اعمال مدیریت تقاضا در زمان بهره‌برداری - امکان افزایش بهره‌وری در زمان بهره‌برداری - امکان ارزیابی شبکه در زمان بهره‌برداری - امکان تحویل حجمی در زمان بهره‌برداری - امکان توزیع عادلانه در زمان بهره‌برداری
شبکه‌های مدرن در حال بهسازی	- استفاده بهینه از منابع آب محدود - اعمال مدیریت طبق دستورالعمل بهره‌برداری - افزایش بهره‌وری - امکان ارزیابی شبکه - امکان تحویل حجمی - افزایش یا بهبود توزیع عادلانه	- اعمال مدیریت طبق دستورالعمل بهره‌برداری - افزایش بهره‌وری - امکان ارزیابی شبکه - امکان تحویل حجمی - افزایش یا بهبود توزیع عادلانه

۱-۲- ضرورت اندازه‌گیری از منظر امکان برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب

علاوه بر سیاست و راهبردهای دولت، شرایط بازار و اقلیم منطقه، یکی دیگر از پارامترهای تعیین کننده در انتخاب الگوی زراعی، میزان آب قابل دسترس و چگونگی توزیع زمانی ماهیانه آن است. در شرایط حصول اطمینان و دقت‌های لازم در میزان آب قابل دسترس در ماه‌های مختلف که از طریق اندازه‌گیری‌های مستمر منبع آب (سد مخزنی- رودخانه) صورت می‌گیرد و همچنین تغییر قیمت‌ها در بازار محصولات، بازنگری الگوی زراعی و برنامه‌ریزی جامع استفاده بهینه از آب در سطح کل شبکه خصوصا در شرایطی که منابع آب محدودی در دسترس قرار دارد، لازم می‌شود. وجود اطلاعات کافی از مقدار آب مصرفی نباتات مختلف در موقعیت‌های مکانی مختلف شبکه آبیاری و ملحوظ شدن دیگر عوامل تاثیرگذار، امکان تصمیم‌گیری در تغییر الگو، روش‌های آبیاری و نحوه مدیریت آبیاری فراهم می‌شود.

۱-۳- ضرورت اندازه‌گیری به جهت اصلاح برنامه آبیاری (افزایش بهره‌وری)

با توجه به این‌که تحویل حجمی آب در بازه زمانی مشخص، محدود به میزان آب مورد نیاز برای الگوی کشت بهینه است، مصرف‌کنندگان به خودی خود به سمت انتخاب ترکیب کشتی مطابق با الگوی کشت بهینه یا ترکیبی مشابه به آن هدایت می‌شوند.

اما در طراحی و ساخت شبکه آبیاری و زهکشی، ظرفیت تاسیسات و سازه‌ها و مجاری آن و همچنین برنامه آبیاری و مدیریت آب در شبکه و مزرعه با توجه به اطلاعات قابل دسترس آن‌دوره تعیین می‌شود. از این‌رو طبیعی است که با تغییر بازار محصولات و سیاست‌های دولت، شرایط منابع آب و فناوری پیشرفته نیز تغییر کند. ابزار اندازه‌گیری متناسب و مدیریت قوی در فرایند اندازه‌گیری و مستندسازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، می‌تواند برنامه توزیع آب و بهبود تطابق برنامه تحویل آب با نیاز آبیاری گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد و کمک شایانی به افزایش بهره‌وری آب داشته باشد. اندازه‌گیری مستمر جریان آب تحویلی، باعث تدقیق میزان بهره‌وری آب در تولیدات زراعی شده و الگوی مناسب‌تری به دست می‌آید و عملا تولیدات رشد پیدا کرده و ضمن تقویت امنیت غذایی، درآمد کشاورزان افزایش می‌یابد.

۱-۴- ضرورت اندازه‌گیری به جهت تحویل حجمی آب

با این‌که آب مورد نیاز نباتات و بازده آبیاری در دوره مطالعات بر اساس روابط تجربی توصیه شده مراجع معتبر تعیین می‌شود، اما می‌تواند دارای خطاهایی قابل قبول، اما قابل اصلاح باشد. در شرایطی که آب به صورت حجمی تحویل کشاورز می‌شود، دقت در ضرورت‌های آبیاری و میزان و زمان آن افزایش پیدا می‌کند. در چنین شرایطی اطلاعات اندازه‌گیری شده آب تحویلی به مزارع به صورت آماری می‌تواند در جهت تطابق حجم آب تحویلی با نیاز آبیاری، تدقیق بازده برآوردی و تقویم آبیاری مفید و موثر باشد.

در سطح شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور اکثر شبکه‌ها مجهز به ابزارهای اندازه‌گیری جریان هستند، اما تا زمانی‌که تحویل آب به کشاورز به صورت حجمی اما به میزان آب مصرفی در منطقه و دریافت آب‌بها متناسب با نوع محصول و تولید در هکتار منطقه‌ای و متناسب با مساحت زیرکشت بوده و با بهای غیراقتصادی و یارانه‌ای انجام شود، کنترل حجم آب تحویلی به کشاورز مطابق با دستورالعمل بهره‌برداری و با دقت بالایی انجام نمی‌گیرد و اهمیت چندانی به کاهش مصرف و بهینه‌کردن آن داده نمی‌شود.

۱-۵- ضرورت اندازه‌گیری به جهت بهبود مدیریت تقاضا

اصولا در روش تحویل حجمی آب، تحویل آب با تقاضای مصرف‌کنندگان یا نمایندگان آن‌ها برای هر نوبت تحویل، برای روزهای مشخص می‌باشد. البته سازمان توزیع کننده آب می‌تواند درخواست‌های آنان را با شرایط تطبیق داده و

مقدار و زمان آن را متناسب با این شرایط و سهم ماهانه مشترکان، با جلب نظرعمومی ذی‌نفعان تعدیل نماید که این گامی در جهت بهینه‌سازی مدیریت منابع آب کشاورزی می‌باشد.

تحویل حجمی آب، موجب تسهیل در استقرار نظام مالی تحویل و فروش آب و شفاف‌سازی در دریافت آب بها می‌شود. در آیین‌نامه اجرایی قانون برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، برای اصلاح الگوی مصرف آب کشاورزی، راهکارهای تشویقی برای کاهش مصرف آب ارائه شده است.

۱-۶- ضرورت اندازه‌گیری به جهت مسائل اجتماعی (توزیع عادلانه)

در شبکه‌های سنتی آبیاری تا چند دهه گذشته، نظام بهره‌برداری ریشه‌داری در انتقال و تقسیم و توزیع آب برقرار بوده است. با توسعه کشاورزی و تغییر یافتن روابط اجتماعی و ساخت شبکه‌های مدرن آبیاری، اساسا روش‌های کدخدامنشی و تاثیرپذیری از داوری‌های مانند گذشته در بهره‌برداری از منابع آب، از بین می‌رود و لزوم استفاده از روش‌ها، ابزار و ادوات دقیق، قابل اعتماد و مقاوم در برابر تغییرات احتمالی افراد غیرمسوول، ضرورت می‌یابد.

تحویل حجمی آب با اندازه‌گیری دقیق، تنها راه مدیریت صحیح در کشورهای با شرایط محدودیت آب است و در روش تحویل حجمی آب، ایجاد تشکل‌های آب‌بران یا تعاونی تولیدهای روستایی، کشت و صنعت‌ها، تشکل‌های صنفی با توجه به مسائل فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مناطق مختلف ضروری است.

اندازه‌گیری جریان آب تحویلی و اعمال نظام مالی شفاف در دراز مدت، باعث تمکین عمومی به رعایت حقوق همسایگان شده و در شرایط بحرانی، مسائل کم‌تری در مقابله با بحران پیش می‌آید. این امر باعث توسعه قانون‌مندی و توسعه تعاون در کار می‌شود.

۱-۷- ضرورت اندازه‌گیری به جهت امکان برنامه‌ریزی کلان حوضه‌ای

اندازه‌گیری جریان آب و ایجاد سامانه ارزیابی منابع و مصارف، از ضروریات برنامه‌ریزی یک‌پارچه در حوضه مشخص آبریز می‌باشد. وجود بانک اطلاعاتی از اندازه‌گیری‌های انجام شده در سطوح مختلف شبکه‌های مدرن و سنتی و رودخانه‌ها و همچنین منابع آب زیرزمینی، درکنار برآورد نیازهای زیست‌محیطی، ابزار مناسبی در تصمیم‌گیری‌های کلان در سطح منطقه بوده و نتایج مثبت آن می‌تواند از خسارت‌های احتمالی غیر قابل جبران جلوگیری کند. اندازه‌گیری جریان در زهکش‌ها ضروری بوده و امکان ارزیابی آب خروجی از شبکه و برنامه‌ریزی از نظر زیست‌محیطی و استفاده مجدد از آن را فراهم می‌آورد.

۱-۸- ضرورت اندازه‌گیری به جهت امکان ارزیابی شبکه

نتایج اندازه‌گیری مستمر و برنامه‌ریزی شده جریان آب یکی از اساسی‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد شبکه می‌باشد.

۱-۹- ضرورت اندازه‌گیری به جهت رعایت دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری و تنظیم صحیح آب در شبکه‌ها

میزان رعایت دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از سامانه اندازه‌گیری به عنوان شاخص مهمی در مدیریت شبکه و ارزیابی عملکرد عوامل درگیر در آبگیری از منبع، انتقال، توزیع و تحویل آب به مصرف‌کننده است. این امر با انتخاب سازه‌ها و تجهیزات مناسب اندازه‌گیری و سازمان کارآمد ممکن می‌شود.

فصل ۲

تعاریف

۲-۱- تعاریف اجزا و ارکان مرتبط

در این ضابطه، تعاریف مرتبط با آبیاری و شبکه آبیاری از ضابطه شماره ۳۴۶ با عنوان «مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه‌زاری (آبیاری ثقلی) – جلد یکم؛ کلیات، تعاریف و مفاهیم پایه» و ضابطه شماره ۲۸۱ با عنوان «ضوابط عمومی طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی (تجدید نظر اول)»، استفاده شده است.

۲-۱-۱- اندازه‌گیری جریان

جریان یا مقدار تخلیه یا آبدهی، مقدار حجم آب عبوری در واحد زمان از یک مقطع کانال یا خط لوله است و معمولا بر حسب مترمکعب بر ثانیه یادر مقیاس کم‌تر، لیتر بر ثانیه بیان می‌شود. منظور از اندازه‌گیری جریان، اندازه‌گیری حجم آب عبوری در واحد زمان برای تبدیل آن به حجم آب عبوری در یک بازه زمانی مشخص (مانند یک ماه یا یک فصل زراعی) از مقاطع مشخصی از شبکه مانند آبگیر مزارع، توسط سازه یا ابزار اندازه‌گیری جریان است.

۲-۱-۲- جریان‌سنج

سازه یا ابزاری که قابلیت برآورد شدت جریان عبوری از یک مقطع مشخص را داشته باشد، جریان‌سنج نامیده می‌شود. مطابق با طبقه‌بندی جریان به دو نوع روباز و تحت‌فشار، تقسیم‌بندی می‌شوند. جریان‌سنج‌ها یا به صورت مستقیم آبدهی را اندازه‌گیری می‌کنند یا به صورت غیر مستقیم و از طریق اندازه‌گیری سرعت یا اندازه‌گیری فشار (بار آبی)، شدت جریان را برآورد می‌کنند.

به جریان‌سنج‌هایی که قابلیت برآورد تجمعی و ثبت پیوسته حجم جریان عبوری در طول یک بازه زمانی مشخص را داشته باشند، اصطلاحا «کنتور» گفته می‌شود.

۲-۱-۳- سامانه اندازه‌گیری

سامانه اندازه‌گیری، شامل شبکه اندازه‌گیری منظم و تجهیز شده و در برگیرنده تاسیسات ثابت و نقاط کلیدی آبگیری یا انشعاب آب بوده یا مقاطعی است که با ابزار و ادوات قابل حمل اندازه‌گیری می‌شود که در فرایند انتقال، توزیع، تحویل و مصرف آب مورد استفاده می‌باشد.

۲-۱-۴- درستی (صحت) اندازه‌گیری

درستی اندازه‌گیری، حداکثر انحراف بین شاخص اندازه‌گیری و مقدار واقعی است. رابطه زیر مقدار درستی را به‌دست می‌دهد:

$$\text{درستی} = \frac{\text{(مقدار اندازه‌گیری شده – مقدار واقعی)}}{\text{حداقل آبدهی – حداکثر آبدهی}} \times ۱۰۰ \qquad (۱-۲)$$

کل بازه اندازه‌گیری، محدوده بین شدت‌جریان حداکثر و حداقلی که قابل اندازه‌گیری با ابزار اندازه‌گیری است را شامل می‌گردد. مثلا اگر جریان‌سنجی قادر به اندازه‌گیری در محدوده آبدهی ۰ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه است و مقدار جریان واقعی عبوری ۸۰ لیتر بر ثانیه و مقداری که جریان‌سنج نشان می‌دهد ۸۲ لیتر بر ثانیه باشد، آنگاه درستی اندازه‌گیری آن جریان‌سنج ۲ درصد می‌شود.

البته درستی اندازه‌گیری می‌تواند بر حسب درصدی از مقدار قرائت شده یا درصدی از شدت‌جریان حداکثر قابل قرائت توسط آن ابزار نیز بیان شود. درستی اندازه‌گیری می‌تواند به یکی از سه حالت زیر بیان شود؛ درصدی از اختلاف شدت‌جریان حداکثر و حداقل، درصدی از مقدار قرائت شده یا درصدی از شدت‌جریان حداکثر قابل قرائت توسط آن ابزار.

۲-۱-۵- دقت سازه اندازه‌گیری

در شرایط همسان توانایی یک سازه یا ابزار اندازه‌گیری در تولید مقادیر یکسان اندازه‌گیری، در محدوده مشخصی از درستی را، دقت سازه یا ابزار اندازه‌گیری گویند.

۲-۱-۶- تکرارپذیری

توانایی بازتولید قرائت‌های مشابه یک ابزار اندازه‌گیری در شرایط مشابه را، تکرارپذیری آن وسیله اندازه‌گیری گویند. در مواقعی که تکرارپذیری خوب با درستی کم (خطا) در یک وسیله اندازه‌گیری وجود داشته باشد، موجب تولید مقادیر نزدیک به هم ولی با فاصله زیاد نسبت به مقدار واقعی می‌شود.

۲-۱-۷- دقت اندازه‌گیری

دقت اندازه‌گیری به مهارت فرد، احساس مسوولیت، آگاهی به اهمیت موضوع و در کل به مدیریت واحد مربوطه بستگی دارد.

۲-۱-۸- حساسیت سازه یا ابزار اندازه‌گیری

به طور کلی، نسبت تغییرات ورودی به تغییرات خروجی یک سامانه را حساسیت گویند که در مورد سازه‌های اندازه‌گیری کنترل و توزیع آب در یک شبکه آبیاری، نسبت تغییرات آبدهی نسبت به تغییرات پارامترهای موثر در آن، مانند بار آبی در سازه یا ابزار اندازه‌گیری، است.

۲-۱-۹- نشان‌گر[1]

تغییرات سطح آب کانال و نهرها با نشان‌گر یا خط‌کش، اندازه‌گیری و تعیین می‌گردد. این وسیله معمولا از آهن لعاب‌دار، چوب یا فایبرگلاس ساخته شده و در شیروانی مجرا و در حاشیه کانال‌ها یا رودخانه‌ها تثبیت می‌شود.

۲-۱-۱۰- تراز آب

تراز آب عبارت است از اختلاف ارتفاع سطح آب و ارتفاع سطح مبنا در محل‌های اندازه‌گیری. تراز آب، ارتفاع نشان‌گر نیز نامیده می‌شود. سطح مبنا ممکن است یک نقطه معین بر روی بخشی از سازه، نقطه نشانه محلی یا سطح آب‌های آزاد باشد.

۲-۱-۱۱- منحنی سنجه (بده- اشل)

رابطه بین سطح تراز آب از یک مبنا با آبدهی (بده) رودخانه یا کانال در مقطع معین، منحنی سنجه نامیده می‌شود. با یک دوره اندازه‌گیری سرعت، عمق آب و محاسبه آبدهی در یک مقطع معین، منحنی تغییرات آبدهی برحسب تغییرات عمق آب (منحنی سنجه) رسم می‌شود. پس از آن با قرائت نشان‌گر می‌توان مقدار جریان را در آن نقطه برآورد کرد. اعتبار زمانی منحنی سنجه بستگی به میزان تغییرات مقطع مجرای آب یا شرایط هیدرولیکی جریان در محل نصب نشان‌گر دارد.

۲-۱-۱۲- کنتورهای مکانیکی

جریان‌سنجی است که قابلیت برآورد حجم آب عبوری در یک مقطع زمانی مشخص را دارد. در کنتورهای مکانیکی، ابزاری مانند پروانه یا پیستون متحرک در مسیر جریان قرار داده می‌شود که میزان حرکت و جابه‌جایی آن متناسب و متاثر از حرکت آب بوده و با انتقال حرکت به محور مرکزی و به شمارنده، میزان حجم یا سرعت آب عبوری اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. در نمونه‌های اولیه سرعت‌سنج‌های پروانه‌ای، صفحه نمایش مکانیکی بود، اما امروزه بیش‌تر کارخانه‌های تولید کننده کنتور، صفحه نمایشی الکترونیکی برای نشان دادن حجم آب عبوری ارائه کرده‌اند. کنتورهای مکانیکی برحسب این‌که کدام مشخصه جریان را اندازه‌گیری و به جریان تبدیل می‌کنند به دو گروه کنتورهای حجمی و کنتورهای سرعتی تقسیم می‌شوند.

۲-۱-۱۳- کنتور حجمی

کنتورهای حجمی (جابه‌جایی مثبت)، «حجم» مایع عبوری را اندازه‌گیری می‌کنند. کنتورهای حجمی برحسب نوع جابه‌جایی مایع، به پیستونی نوسانی، رفت و برگشتی، مارپیچی، دیسک چرخنده و چرخ بیضی تقسیم می‌شوند.

1- Eshel

۲-۱-۱۴- کنتور سرعتی

کنتورهای سرعتی یا توربینی «سرعت جریان» را اندازه‌گیری کرده و به شدت جریان تبدیل می‌کند. کنتورهای سرعتی برحسب این‌که در مسیر خط لوله افقی یا عمودی قرار بگیرند، به دو نوع افقی و عمودی تقسیم می‌شود.

۲-۱-۱۵- داده‌نگار

داده‌نگار[1] وسیله‌ای الکترونیکی است که داده‌هایی را که در طول زمان یا در رابطه با مکان، به وسیله حس‌گرهای تعبیه شده در دستگاه یا ابزار و حس‌گر بیرونی تامین می‌شوند، ذخیره می‌کند. آن‌ها عموما کوچک و قابل حمل بوده و به وسیله باتری تغذیه می‌شوند. یک داده‌نگار به یک ریزپردازنده مجهز بوده و دارای حافظه داخلی جهت ذخیره‌سازی داده و تعدادی حس‌گر است که قابلیت جمع‌آوری ۲۴ ساعته اطلاعات را دارد. برخی از داده‌نگارها به رایانه متصل می‌شوند و می‌توان با استفاده از نرم‌افزار، آن‌ها را فعال کرده و داده‌های کنترل شده را مشاهده و تجزیه و تحلیل کرد. در حالی که برخی خود دارای صفحه کلید و صفحه نمایش بوده و می‌توان از آن‌ها به صورت وسیله‌ای مستقل استفاده کرد. همچنین می‌توان به محض فعال‌سازی، بدون نیاز به مراقبت، رهاشده تا در طول دوره دیده‌بانی، اندازه‌گیری نموده و اطلاعات را ذخیره کند.

1- Data Logger

فصل ۳

اطلاعات پایه روابط تجربی

اندازه‌گیری جریان

۳-۱- کلیات

کلیه سازه‌ها، تجهیزات و ابزار و ادوات اندازه‌گیری بر اساس شناخت رفتار جریان آب در مجرایی معین و در واحد زمان، طراحی و ساخته شده یا می‌شوند. با تسلط و آشنایی بر این اصول و با کمک مدل‌های آزمایشگاهی یا بررسی‌های میدانی، روابط تجربی با دقت قابل قبول به‌دست آمده و به صورت پیوسته اصلاح و به‌روزرسانی می‌شوند. آشنایی با مفاهیم اصلی مکانیک سیالات، کارشناسان و تکنسین‌های واحدهای اندازه‌گیری در شبکه‌های آبیاری را قادر خواهد نمود تا حساسیت لازم را در استفاده از اندازه‌گیری‌ها و میزان دقت آن‌ها به‌دست آورند و عوامل تاثیرگذار در کاهش دقت اندازه‌گیری را بر طرف نموده یا در صورت نیاز با خلاقیت خود روش‌های عملی اندازه‌گیری با امکانات و سازه‌های موجود در شبکه را با دقت لازم ابداع کنند. در این فصل اصول کلی و اطلاعات پایه‌ای روابط تجربی اندازه‌گیری جریان به صورت کلی توضیح داده می‌شود و توصیه می‌شود، در این زمینه به نشریات مرتبط سازمان برنامه و بودجه یا کتاب‌های مکانیک سیالات و هیدرولیک جریان در کانال‌ها و لوله مراجعه شود.

۳-۲- انواع جریان آب در شبکه‌ها

جریان آب در شبکه‌های آبیاری را می‌توان به دو گروه مستقل طبقه‌بندی نمود:

- جریان آزاد: به نوعی از جریان گفته می‌شود که در مجاری با سطح آزاد و در معرض اتمسفر باشد. در این نوع جریان نیروی ثقل، تنها عامل حرکت آب است. این مجاری به صورت کانال روباز یا سرپوشیده و در قالب یکی از اشکال هندسی ذوزنقه‌ای، مربع مستطیلی یا نیم دایره یا نیم بیضی یا نهرهای خاکی بدون شکل هندسی، ساخته و بهره‌برداری می‌گردند.
- جریان تحت فشار: به نوعی از جریان گفته می‌شود که در مجاری بسته، سیال تحت فشار باشد. در این نوع جریان، اختلاف بار آبی بین ابتدا و انتهای خط لوله، عامل حرکت است. در مجاری تحت فشار، عمدتا انتقال جریان آب از طریق لوله انجام می‌گیرد؛ اما مجاری می‌تواند به شکل مربع، مستطیل یا هر شکل دیگری نیز باشد. اگر جریان از مجرای بسته‌ای عبور کند ولی آن را کاملا پر ننماید، از نظر هیدرولیکی جریان آزاد محسوب می‌شود.

۳-۳- اصول اساسی اندازه‌گیری جریان

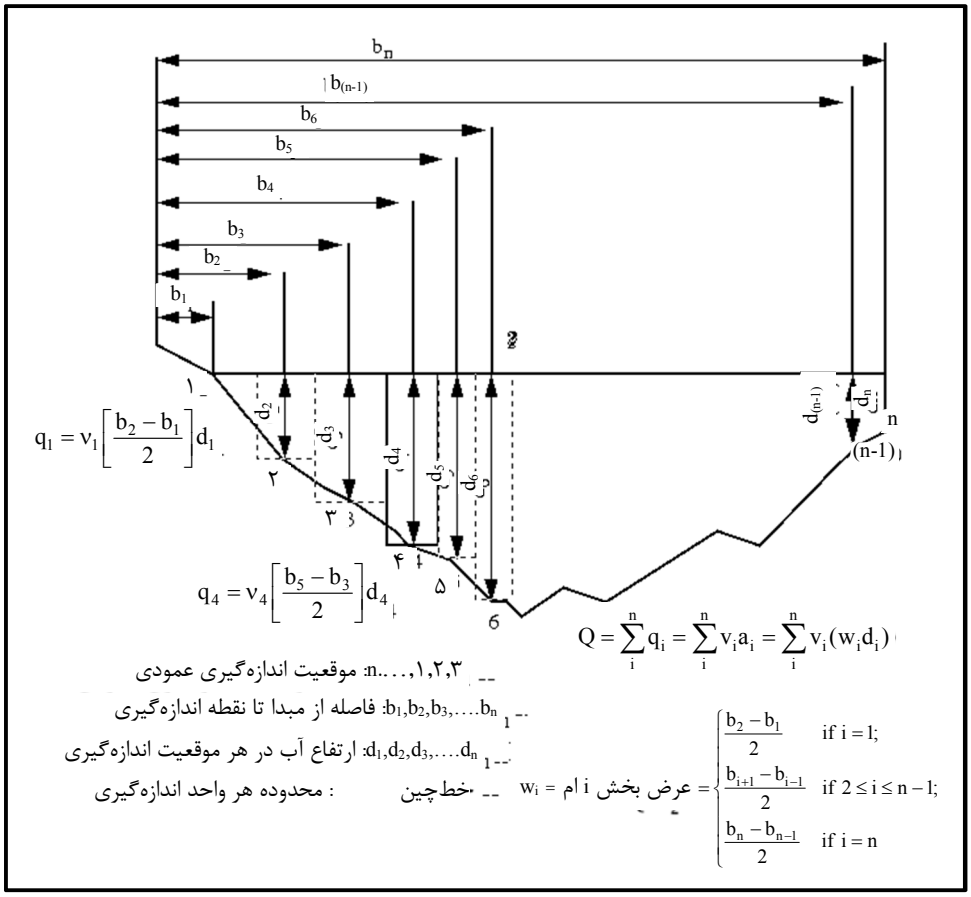
آبدهی، اصولا با استفاده از دو روش کلی سرعت- مساحت و اختلاف انرژی قابل محاسبه است که در ادامه توضیح داده شده‌اند.

۳-۳-۱- روش سرعت- مساحت

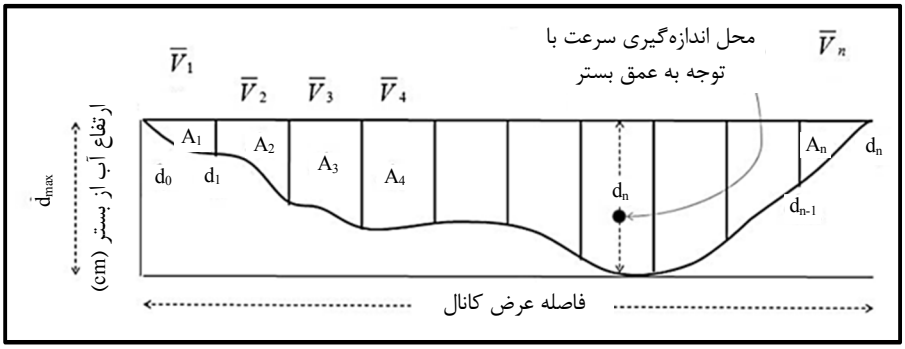
در این روش سرعت جریان آب و سطح مقطع جریان در همان نقطه، اندازه‌گیری می‌شود. سرعت در مجاری آزاد و بسته، به دلیل اصطکاک در جداره‌های مجرا و ویسکوزیته آب، یکنواخت نیست از این‌رو میزان سرعت در موقعیت‌های مختلف مکانی هر مقطع تعیین می‌شود.

شدت جریان (مترمکعب بر ثانیه) = سرعت متوسط جریان (متر بر ثانیه) × سطح مقطع جریان (مترمربع)

برای تعیین سطح مقطع جریان آب، چنانچه مقطع نهر مهندسی‌ساز و دارای شکل هندسی منظم (ذوزنقه‌ای، مستطیل، نیم دایره، مثلثی) باشد، از قواعد هندسی استفاده می‌شود. در مواردی که سطح مقطع نهر، شکل هندسی غیرمنظم داشته باشد، در این صورت از طریق محاسبه عمق متوسط و حاصل‌ضرب آن در عرض جریان آب، سطح مقطع جریان به دست می‌آید. برای نمونه اندازه‌گیری متوسط سرعت جریان در مقطع با شکل هندسی نامشخص و در شرایطی که از ابزارهای الکترونیکی استفاده نشود، مطابق شکل (۳-۱) انجام می‌گیرد:

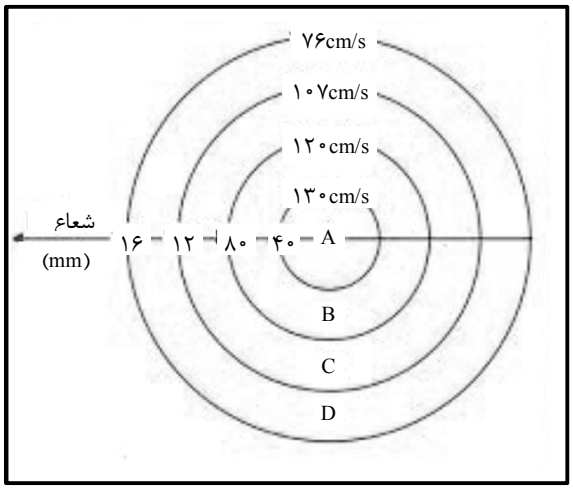


شکل ۳-۱- آرایش نقاط اندازه‌گیری در مقطع جریان روباز نامنظم



شکل ۳-۲- نیم‌رخ افقی اندازه‌گیری سرعت در مقطع جریان روباز

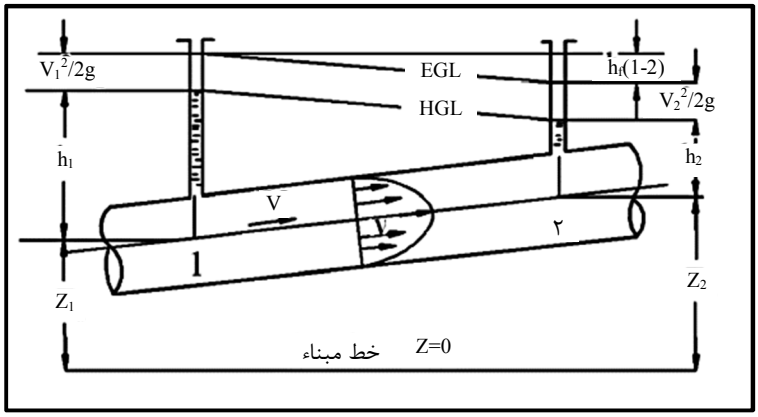
اندازه‌گیری سرعت برای اعماق بالای ۶۰ سانتی‌متر در ۰/۲ و ۰/۸ عمق و برای زیر ۶۰ سانتی‌متر در ۰/۶ عمق انجام می‌شود. درصورتی‌که اندازه‌گیری در روش سرعت- مساحت به وسیله دستگاه‌های غیرمکانیکی باشد، با توجه به مشخصات هر دستگاه، ابعاد فوق، فرق خواهد کرد. بدیهی است که در شرایط استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری به روش آلتراسونیک یا الکترومغناطیسی، این محدویت در تعداد موقعیت‌های قرائت سرعت و قرائت نقاط دیواره کانال وجود نداشته و با توجه به مشخصات فنی هر دستگاه این قرائت‌ها بیش‌تر بوده و دقت بالاتری خواهند داشت. (شکل‌های ۳-۲ و ۳-۳)



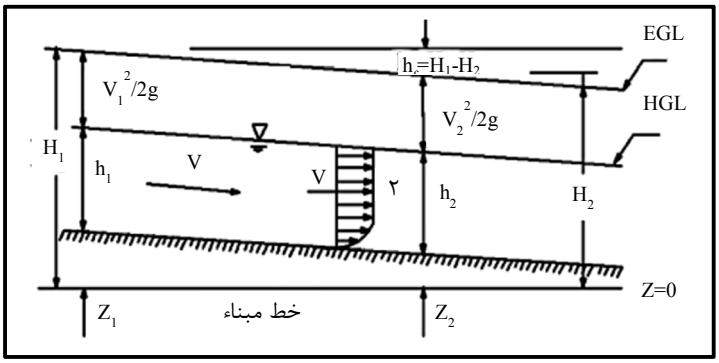
شکل ۳-۳- نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری سرعت در فواصل مختلف در مجرای بسته

۳-۳-۲- روش تعادل انرژی

روابط تعادل انرژی جریان، بر حسب ارتفاع نظیر آب تعریف می‌شود. کل مقدار انرژی، شامل بار آبی نظیر سرعت $(\frac{V^2}{2g})$، به‌علاوه انرژی پتانسیل بار آبی (Z) که نسبت به یک مبنای ارتفاعی اختیاری تعریف می‌شود و (h) که در مجاری روباز عمق جریان و در مجاری تحت فشار به صورت $\frac{P}{\gamma}$ تعریف می‌شود.



شکل ۳-۴- تعادل انرژی در لوله



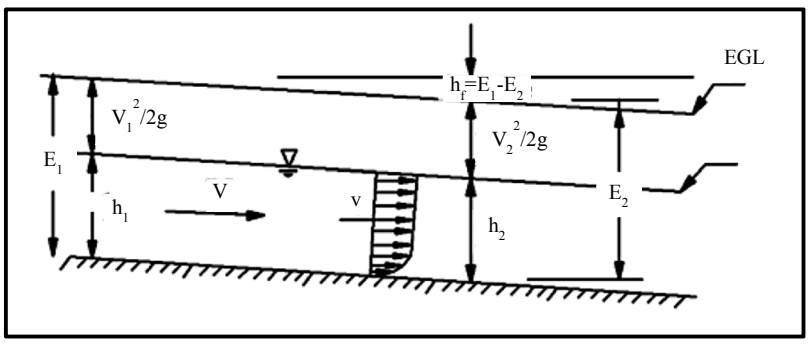
شکل ۳-۵- تعادل انرژی در کانال روباز

$$H_1 = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \qquad (۱-۳)$$

$$H_2 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \qquad (۲-۳)$$

تعادل انرژی بین دو نقطه به دلیل افت انرژی ناشی از اصطکاک (h_f) (افت بار آبی):

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_{f(1-2)} \qquad (۳-۳)$$



شکل ۳-۶- تعادل انرژی مخصوص

شکل انرژی مخصوص، معمولا در جایی استفاده می‌شود که کف کانال روباز به عنوان سطح مبنا منظور شود و بنابراین:

$$E=h+\frac{V^2}{2g} \qquad (۴-۳)$$

بر اساس روش تعادل انرژی در سیستم مجرای بسته، در صورت ناچیز بودن افت اصطکاکی، چنانچه سرعت افزایش یابد، فشار کاهش می‌یابد و این موضوع مبنای اندازه‌گیری جریان لوله را تشکیل می‌دهد.

در کانال با شدت جریان ثابت نیز، چنانچه سرعت افزایش یابد، عمق جریان کاهش می‌یابد و چنانچه سرعت کاهش یابد، عمق افزایش می‌یابد که مبنای اندازه‌گیری در سازه‌های کانال‌های روباز است. برای نمونه، کاهش عمق جریان روی سرریز با افزایش سرعت و بالا آمدن سطح آب در خروجی سیفون معکوس، امکان اندازه‌گیری جریان را در این سازه‌ها فراهم می‌کند.

$Q = A_1V_1 = A_2V_2$ معادله پیوستگی (۵-۳)

Q: بده جریان

A: سطح مقطع جریان

V: سرعت جریان

- جریان بحرانی

در شرایط جریان بحرانی رابطه زیر بین سرعت جریان و عمق متوسط بحرانی برقرار است:

$$F_c=\frac{V_c}{(gh_{cm})^{1/2}} \qquad (۶-۳)$$

F_c: عدد فرود در شرایط بحرانی برابر یک است.

h_{cm}: عمق بحرانی، عمقی است که برای یک آبدهی معین، انرژی مخصوص کل، حداقل است. ایجاد شرایط بحرانی مبنای برخی دستگاه‌های اندازه‌گیری همانند سرریزها است. واحد اندازه‌گیری از شبکه‌ها، می‌توانند با استفاده از این اصل هیدرولیکی، اشکال مختلفی از اندازه‌گیری را در شرایط مساعد شبکه ایجاد و ایستگاه اندازه‌گیری را برقرار نمایند. چند نوع از سازه‌هایی که اخیرا در برخی کشورها مورد توجه قرار گرفته، در فصل ۴ معرفی شده است.

۳-۴- اندازه‌گیری جریان در مجاری روباز

روش‌های زیادی برای تعیین مقدار جریان در مجاری روباز شامل تونل‌ها، لوله‌های نیمه‌پر، کانال‌ها، نهرها و رودخانه‌ها وجود دارد. برخی از رایج‌ترین آن‌ها شامل سنجه زمانی- وزنی، رقیق‌سازی، سرعت- مساحت، سازه هیدرولیکی و مساحت-

شعاع هیدرولیکی- شیب است که صرفا جهت آشنایی به آن‌ها اشاره می‌شود. روش‌های وزنی، رقیق سازی و سرعت- مساحت، عموما به منظور کالیبراسیون، استفاده می‌شود. روش‌های مرتبط با عمق[1] (سازه‌های هیدرولیکی) از رایج‌ترین روش‌ها هستند. در تکنیک مرتبط با عمق، مقدار جریان، با اندازه‌گیری عمق آب یا سطح انرژی محاسبه می‌شود.

۳-۴-۱- روش زمانی- وزنی[2]

در روش زمانی- وزنی، مقدار جریان با استفاده از توزین کل محتوای جمع‌آوری شده در یک ظرف، در مدت زمان ثابت، محاسبه می‌شود. این اندازه‌گیری برای جریان‌های کم‌تر از۱/۵ تا ۲ لیتر بر ثانیه با ظروف قابل حمل و حدود ۲۰ تا ۳۰ لیتر بر ثانیه در شرایط وجود حوضچه‌های انرژی‌گیر، عملی بوده ولی برای اندازه‌گیری مداوم و جریان‌های با شدت‌جریان بالا، امکان‌پذیر نیست.

۳-۴-۲- روش رقیق‌سازی

مقدار جریان، از طریق تعیین مقدار رقیق‌شدن[3] ماده محلول قابل ردگیری اضافه شده به جریان، اندازه‌گیری می‌شود. این روش در شرایط کانال‌های آبیاری به عنوان روش اندازه‌گیری مستمر، کاربرد ندارد.

۳-۴-۳- روش سرعت- مساحت[4]

در روش سرعت- مساحت با اندازه‌گیری سرعت متوسط جریان در یک مقطع و حاصل‌ضرب آن در مساحت آن مقطع، مقدار جریان محاسبه می‌شود. روشی کاربردی بوده و با توجه به شرایط مختلف، می‌توان از آن استفاده کرد.

۳-۴-۴- روش سازه هیدرولیکی[5]

این روش از استقرار یک سازه هیدرولیکی در مسیر جریان کانال جهت به وجود آوردن مشخصات قابل اندازه‌گیری جریان، استفاده می‌شود که به وسیله روابط شناخته‌شده، بین سطح آب اندازه‌گیری شده در موقعیت با مقدار جریان مشخص می‌گردد. بنابراین مقدار جریان با یک اندازه‌گیری ساده سطح آب در نزدیکی محدوده سازه هیدرولیکی، تعیین می‌گردد.

1- Depth-Related
2- Timed Gravimetric
3- Dilution
4- Velocity-Area
5- Hydraulic Structure

۳-۴-۵- روش مساحت- شعاع هیدرولیکی - شیب[1]

با استفاده از اندازه‌گیری شیب سطح آب، سطح مقطع جریان و محیط خیس شده در طول یک مقطع با جریان یکنواخت از کانال و استفاده از روابط تجربی مانند فرمول مانینگ، مقدار جریان محاسبه می‌شود.

$$Q = A.V = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (۷-۳)$$

که در آن، Q ظرفیت کانال بر حسب مترمکعب بر ثانیه

A= سطح مقطع جریان آب بر حسب مترمربع

V= سرعت آب در کانال بر حسب متر بر ثانیه

n= ضریب زبری (ضریب مانینگ)

R= شعاع هیدرولیکی بر حسب متر

S= شیب سطح آب در کانال که معمولا معادل شیب طولی کف کانال فرض می‌شود.

نوع رژیم جریان آب در کانال با فرمول $F = V\sqrt{\frac{gA}{T}}$ کنترل می‌شود، که در آن F عدد فرود است و مقدار آن برای جریان‌های زیر بحرانی، کوچکتر از ۱ و برای جریان‌های فوق بحرانی، بزرگ‌تر از ۱ و عدد فرود ۱ نشان دهنده حالت بحرانی جریان آب است.

ضریب زبری کانال با پوشش بتنی که نسبتا خوب اجرا شده باشد، ۰/۰۱۵ در نظر گرفته می‌شود.

شرایط هیدرولیکی کانال‌های زهکشی نیز با استفاده فرمول مانینگ قابل محاسبه است و ضریب زبری زهکش‌ها در شرایط نگهداری خوب حدود ۰/۰۳۰ در نظر گرفته می‌شود. اما در عمل برای زهکش‌ها و نهرهای سنتی وضعیت‌های بسیار متفاوتی پیش می‌آید که لازم است که با اندازه‌گیری‌های برنامه‌ریزی شده این ضریب برای محل مشخص شود.

توصیه می‌شود برای تعیین دقیق ضریب زبری از ضابطه شماره ۶۸۸ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان «راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه‌ها» استفاده شود.

۳-۵- روابط تجربی کاربردی در جریان‌های تحت‌فشار

از رابطه پیوستگی، $Q = A \times V$، سرعت جریان آب در لوله‌ها قابل محاسبه است. افت فشار در لوله‌ها در اثر اصطکاک بین مایع و جدار لوله ایجاد می‌گردد. از متداول‌ترین روابط در محاسبه افت فشار در لوله‌ها، از روابط اسکوبی[2]، دارسی-

1- Slope-Hydraulic Radius-Area
2- Scoby

وایسباخ[1] و هیزن- ویلیامز[2] می‌توان نام برد. رابطه تجربی اخیر، قابلیت انطباق بیش‌تری با شبکه‌های آبیاری داشته و کاربردی‌تر از دیگر روابط است، که جهت محاسبه آبدهی (شدت جریان) در این ضابطه توصیه می‌شود:

$$H = \frac{6.79 \times L \times V^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{1.165}} = \frac{10.64 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.865}} \qquad (۸-۳)$$

که در این رابطه؛ H، افت انرژی در طول لوله (متر)؛ V، سرعت جریان آب لوله (متر بر ثانیه)؛ Q، آبدهی عبوری از لوله (مترمکعب بر ثانیه)؛ D، قطر داخلی لوله (متر)؛ L، طول لوله (متر)؛ C، ضریب زبری است.

جدول ۳-۱- مقادیر ضرایب هیزن- ویلیامز برای انواع لوله‌ها

نوع مواد تشکیل دهنده لوله	مقدار ضریب هیزن ویلیامز (CH)		
	لوله کهنه	لوله نو	کاربرد در طراحی
پلی‌اتیلن (PE) و یو پی وی سی (UPVC)	۱۳۰	۱۵۰	۱۴۰
آزبست سیمان	۱۴۰	۱۵۰	۱۴۰
فایبر (Fiber)		۱۵۰	۱۴۰
لوله بیتوماستیک با پوشش آهنی یا فولادی به روش سانتریفوژ	۱۳۰	۱۴۸	۱۴۰
سیمانی با پوشش آهن یا فولاد		۱۵۰	۱۴۰
مس، برنج، سرب، قلع، یا لوله‌های شیشه‌ای	۱۲۰	۱۴۰	۱۳۰
لوله‌های چوبی	۱۱۰	۱۲۰	۱۱۰
فولاد ضد زنگ بدون درز	۸۰	۱۳۰	۱۰۰
فولاد پرچ شده داخلی		۱۳۹	۱۰۰
چدن سخت	۸۰	۱۳۰	۱۰۰
چدن سخت با پوشش قیراندود	۵۰	۱۳۰	۱۰۰
فولاد پرچ شده محکم (درزهای طراحی شده)		۱۳۰	۱۰۰
بتن	۸۵	۱۲۰	۱۰۰
فولاد پرچ شده کامل (پرچ‌های طراحی شده محکم در درزهای افقی)		۱۱۵	۱۰۰
فولاد اسپیرال با رگه‌های شیشه‌ای و پرچ شده (جریان با لبه)		۱۱۰	۱۰۰
فولاد اسپیرال پرچ شده (جریان در مقابل لبه)		۱۰۰	۹۰
لوله فولادی موج‌دار		۶۰	۶۰

۳-۵-۱- رابطه تعادل انرژی در شرایط تغییر فشار در لوله‌ها و محاسبه آبدهی

چنانچه در مسیرجریان، سطح مقطع تنگ شود، انرژی فشاری مایع به سرعت تبدیل می‌شود. بر اساس رابطه برنولی بین دو مقطع ۱ و ۲ و صرف‌نظرکردن از افت انرژی رابطه زیر بین دو مقطع برقرار است:

1- Darcy Weisbach
2- Hazen-Williames

با توجه به قانون بقای جرم (رابطه پیوستگی) برای مقطع ۱ (ورودی ابزار اندازه‌گیری) و مقطع ۲ (خروجی ابزار اندازه‌گیری) می‌توان نوشت:

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (۹-۳)$$

با صرف‌نظر نمودن افت انرژی بین مقطع ۱ و ۲ رابطه برنولی (قانون بقای انرژی) مطابق رابطه زیر خواهد بود:

$$E_1 = E_2 \quad (۱۰-۳)$$

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (۱۱-۳)$$

از ترکیب رابطه (۳-۹) و رابطه (۳-۱۱) آبدهی ابزار اندازه‌گیری، مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$Q = \sqrt{2g(\frac{p_1 - p_2}{\gamma})(\frac{A_1^2 A_2^2}{A_1^2 - A_2^2})} \quad (۱۲-۳)$$

آبدهی محاسبه شده فوق، با توجه به فرضیات انجام شده نیاز به تصحیح دارد. رابطه (۳-۱۳) با استفاده از ضریب c تصحیح می‌گردد:

$$Q = c\sqrt{2g(\frac{p_1 - p_2}{\gamma})(\frac{A_1^2 A_2^2}{A_1^2 - A_2^2})} \quad (۱۳-۳)$$

که در آن c مقدار ضریب تصحیح آبدهی ابزار اندازه‌گیری است.

ضریب تصحیح شدت جریان c برای لوله‌های بزرگ ۰/۹۹ و برای لوله‌های کوچک ۰/۹۷ تا ۰/۹۸ است. برای به دست آوردن ضریب c نمودارهایی برحسب تغییرات عدد رینولدز وجود دارد که با اندازه‌گیری اختلاف فشار در دو مقطع لوله می‌توان شدت جریان را به‌دست آورد.

فصل ۴

امکانات و محدودیت‌های سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری جریان آزاد

۴-۱- کلیات

سازه‌های ساخته شده در شبکه‌های آبیاری و زهکشی یا پیشنهاد داده شده توسط مراجع مختلف برای اندازه‌گیری جریان آب در کانال‌های روباز در دو گروه مشخص زیر قابل طبقه‌بندی است:

الف- سازه‌ها و تجهیزات استاندارد

- مقطع کانال - نشان‌گر اندازه‌گیر تراز آب (منحنی سنجه)
- سرریزها
- فلوم‌ها
- سازه‌های با کارکرد روزنه
  - دریچه با بار ثابت (C.H.O) [1]
  - دریچه اندازه‌گیر [2]
- مدول نیرپیک
- روش‌های با تکنولوژی جدید مانند جریان‌سنج‌های آلتراسونیک، راداری و لیزری

ب- سازه‌ها و روش‌های غیر استاندارد

- دریچه کشویی
- دریچه قطاعی
- جسم شناور
- تندآب
- کالورت
- سیفون

۴-۲- روش‌های اندازه‌گیری تراز آب

هر کدام از سازه‌ها و تجهیزات، ویژگی‌هایی دارند که ضروری است طراحان شبکه و کاربران در شبکه‌های در حال بهره‌برداری با امکانات و محدودیت‌های آن‌ها آشنا باشند، اما در تمامی آن‌ها قرائت تغییرات تراز سطح آب ضروری است. در

1- Constant-Head Orifice
2- Meter Gate

این‌جا رقوم سطح آب را تراز آب می‌نامیم. تراز آب که ارتفاع نشان‌گر نیز نامیده می‌شود، عبارت است از اختلاف ارتفاع سطح آب و ارتفاع سطح مبنا در محل‌های اندازه‌گیری. سطح مبنا ممکن است یک نقطه معین بر روی بخشی از سازه، نقطه نشانه محلی یا سطح آب‌های آزاد باشد. اندازه‌گیری با لیمنیمتر[1] از روش‌های دقیق اندازه‌گیری تراز سطح آب است که می‌توان جهت کنترل و واسنجی سازه‌های اندازه‌گیری آب و همچنین در مواردی مانند تشتک تبخیر برای تعیین میزان تلفات تبخیر از سطح آب در شبکه، میزان نفوذ عمقی از طریق سیلندرهای استاندارد یا در بازه‌های ایزوله‌شده کانال‌ها از آن استفاده نمود. قرائت تراز به شرح زیر بوده و این روش‌ها تقریبا در تمامی سازه‌های فوق قابلیت نصب و اجرا دارد.

۴-۲-۱- اندازه‌گیری مشاهده‌ای و ثبت دستی

در این روش، عملیات قرائت تراز سطح آب با حضور شخص موظف و با مشاهده عینی و ثبت رقوم تراز با استفاده از نشان‌گر، انجام می‌شود. دو نوع متداول نشان‌گرهای غیر ثبات مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- نشان‌گرهای دستی که قرائت ترازهای آب را به طور مستقیم امکان‌پذیر می‌سازد.
- نشان‌گر نوع زنجیری، وزنه سیم‌دار، شناور و نشان‌گر قلاب شکل که اندازه‌گیری‌ها را از نقاط ثابتی انجام می‌دهند.

نشان‌گرهای دستی ممکن است قائم یا مورب باشند. نوع مورب برای اطمینان از صحت قرائت تراز آب باید به دقت مدرج شده و به درستی نصب شده باشد. ماندگارترین نشان‌گرها، صفحات فلزی آبکاری شده هستند که در مقاطعی به چوب پیچ می‌شوند. (شکل ۴-۱)

شکل ۴-۱- نمونه‌ای از نشان‌گر اندازه‌گیری تراز سطح آب

1- Limnimeter

۴-۲-۲- اندازه‌گیری خودکار (وسایل اندازه‌گیری ثبات)

اندازه‌گیر ثبات به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که به طور خودکار و پیوسته، تغییرات تراز سطح آب را ثبت می‌کند و برحسب چگونگی ثبت، به دو نوع مکانیکی و الکترونیکی انجام می‌شود.

در دستگاه های مکانیکی، تغییرات تراز سطح آب توسط قلم بر روی کاغذ مدرجی که بدین منظور بر روی استوانه دوار نصب شده، ثبت می‌شود. اما در روش الکترونیکی کاملا خودکار، تغییرات تراز سطح آب توسط حس‌گر[1] به صورت عددی[2] عددی[2] در دستگاه‌های الکترونیکی داده‌نگار[3] ذخیره شده، سپس اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از رایانه، استخراج می‌شود.

این تکنولوژی‌ها با هدف سهولت قرائت داده‌ها از سازه‌های جریان‌سنج، مانند پارشال فلوم، سرریز یا جریان آب در مقطع کانال، از روش‌های نوین در اندازه‌گیری جریان محسوب می‌شود. روش‌های اندازه‌گیری خودکار براساس چگونگی تماس با آب در دو شکل کاملا متفاوت روش‌های تماسی[4] و روش‌های غیرتماسی[5] قابل دسترسی و استفاده است.

در روش‌های تماسی، عملا عنصر اندازه‌گیر (حس‌گر)، در ارتباط مستقیم با آب قرار دارد. مثلا در روش اندازه‌گیری به کمک شناور، جابه‌جا شدن یک جسم شناور در سطح آب تبدیل به کمیت‌های الکتریکی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اما در روش‌های غیرتماسی، عنصر اندازه‌گیر (حس‌گر)، در یک ارتفاع مشخص و مشرف به محدوده‌ی مناسب اندازه‌گیری نصب می‌شود. در این روش، حس‌گر عمدتا از نوع آلتراسونیک بوده و در بالای مسیر عبور آب یا چاهک نشانگر تغییر سطح آب قرار می‌گیرد و به‌طور دائم امواج مافوق صوت را به سطح مایع ارسال و انعکاس آن‌ها را دریافت می‌کند. زمان ارسال و دریافت توسط ریزپردازنده، پردازش شده و این سیگنال به مقادیر عددی ارتفاع یا شدت‌جریان لحظه‌ای یا شدت‌جریان کل تبدیل می‌شود. در این وضعیت مقدار شدت‌جریان با رابطه تجربی و غیرخطی بیان می‌گردد. این رابطه غیرخطی برای سازه‌های مختلف، متغیر است. بدین ترتیب با اندازه‌گیری دقیق ارتفاع تراز سطح آب در مقطع مشخصی از سازه با سامانه فوق، مقدار شدت‌جریان مشخص می‌شود. مزایا و معایب این دو روش در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۱- مقایسه روش‌های تماسی و غیر تماسی از دیدگاه مزایا و معایب

	روش تماسی	روش غیرتماسی
مزایا	امکان اندازه‌گیری در مخازن، تحت شرایط سرریز شدن مخزن امکان اندازه‌گیری تحت شرایط وجود کف	عدم وابستگی زیاد به نوع سیال امکان اندازه‌گیری تغییرات زیاد سطح سیال
معایب	وابستگی به نوع سیال وابستگی به شرایط محیطی	معمولا در مقایسه باروش‌های تماسی پرهزینه‌تر هستند

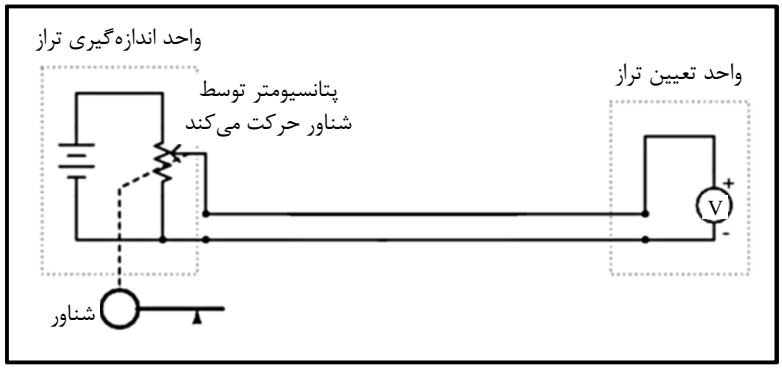
بر اساس دسته‌بندی صورت گرفته، می‌توان روش‌های تماسی و غیرتماسی را به شکل زیر تفکیک کرد:

1- Sensor
2- Digital
3- Data Logger
4- Contact Method
5- Non-Contact Method

۴-۲-۳- روش تماسی

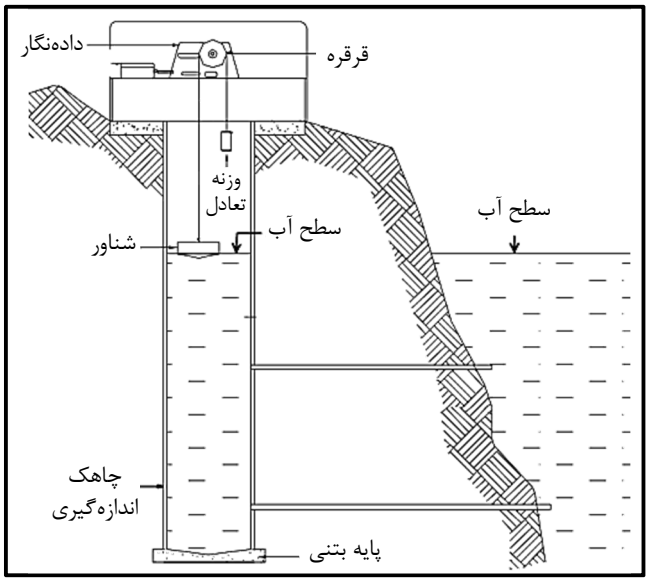
۴-۲-۳-۱- روش اندازه‌گیری به کمک شناور

در این روش از یک شناور برای پایش تغییرات تراز سطح آب استفاده می‌گردد. برای تبدیل کردن جابه‌جایی سطح به یک سیگنال الکتریکی قابل اندازه‌گیری، به شیوه‌های مختلف عمل می‌شود (شکل ۴-۲ و ۴-۳ و ۴-۴).



شکل ۴-۲- نمونه‌ای از سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از شناور و پتانسیومتر

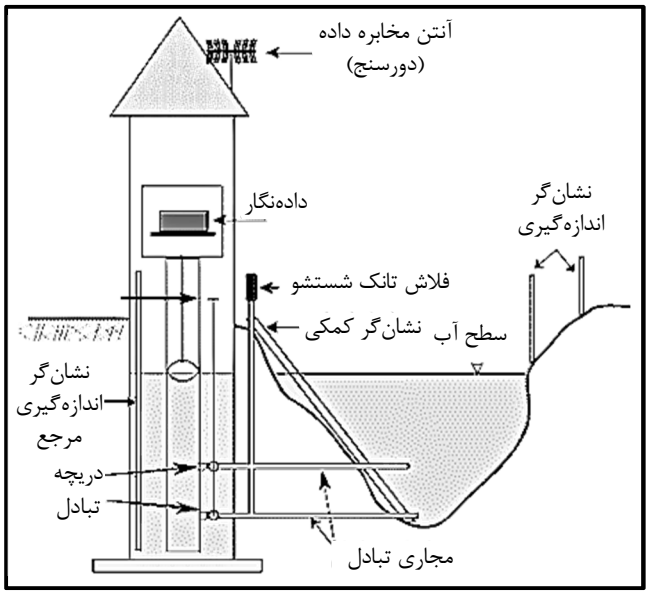
فرم دیگری از به‌کارگیری شناور در اندازه‌گیری ارتفاع سطح مطابق شکل (۴-۳)، یک شناور، قرقره (پولی[1]) و وزنه متعادل‌کننده است. با جابه‌جا شدن شناور، قرقره شروع به چرخش می‌کند؛ چرخش قرقره، مشابه روش قبل به ولتاژ تبدیل می‌شود. برای تبدیل چرخش به کمیت‌های قابل اندازه‌گیری، می‌توان از انکودرهای نوری یا مکانیکی استفاده نمود.



شکل ۴-۳- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از شناور و قرقره (پولی)

1- Pulley

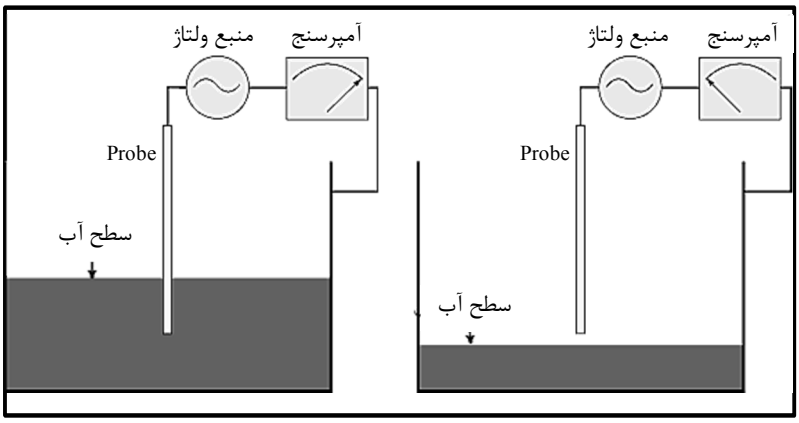
در شکل (۴-۴)، یک سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب رودخانه به کمک حس‌گر شناوری ارائه شده است. در این شکل چاهک اندازه‌گیری یا چاهک نشان‌گر دارای یک محفظه نگهداری تجهیزات الکترونیکی و ثبت‌کننده است. همچنین برای شستشوی مجاری تبادل آب، یک سامانه شستشو توسط فشار آب، فلاش تانک، در نظر گرفته شده‌است.



شکل ۴-۴- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب رودخانه با استفاده از حس‌گر شناور و سامانه شستشو مجاری از رسوب

۴-۲-۳-۲- روش اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از هدایت الکتریکی

در این روش با استفاده از دو پروب[1] فلزی که در درون آب قرار گرفته‌اند، تغییرات ارتفاع آب به تغییرات هدایت الکتریکی بین دو پروب تبدیل می‌گردد. اجزاء مورد استفاده در این روش در شکل (۴-۵) نمایش داده شده است.

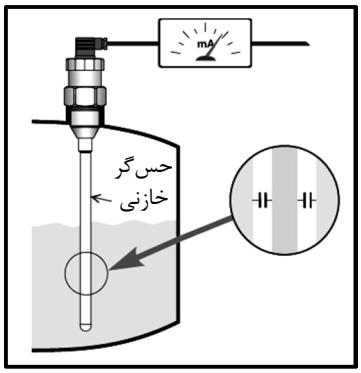


شکل ۴-۵- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از هدایت الکتریکی

1- Probe

۴-۲-۳-۳- روش خازنی

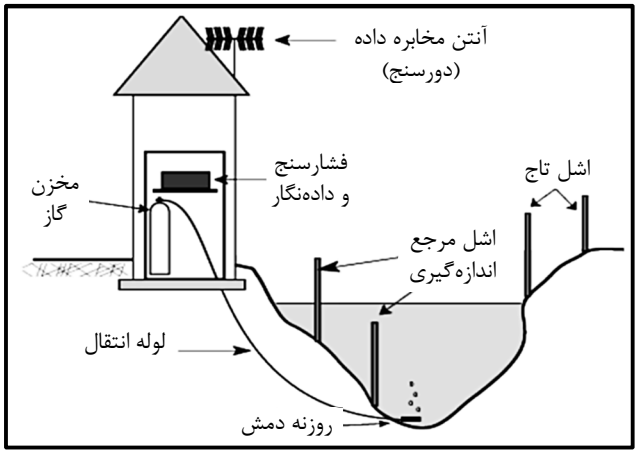
در این روش که در شکل (۴-۶) نمای آن رسم شده است، تغییرات تراز سطح آب به تغییرات ظرفیت دی‌الکتریک خازن تبدیل می‌شود. با افزایش سطح آب رودخانه، میزان آب موجود در بین دو لوله افزایش می‌یابد. بین این دو لوله از دو بخش هوا و آب پر شده است. ضریب دی‌الکتریک آب و هوا متفاوت است. با تغییر میزان آب، در مقایسه با هوا، ضریب دی‌الکتریک موثر در بین دو لوله تغییر می‌کند. در مدار اندازه‌گیری، تغییرات ظرفیت خازنی از طریق پل‌های اندازه‌گیری به ولتاژ الکتریکی تبدیل می‌شود. در ضرایب دی‌الکتریکی هوا و آب عوامل مختلفی نظیر دما، درصد املاح موجود در آب و عوامل محیطی موثر هستند که این وابستگی باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری خواهد شد.



شکل ۴-۶- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از ظرفیت خازنی

۴-۲-۳-۴- روش اندازه‌گیری براساس فشار مکانیکی

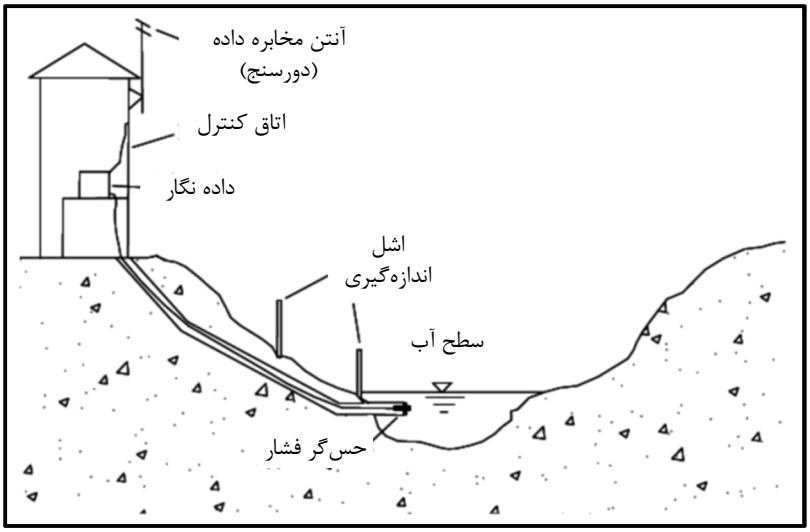
در این روش تغییرات ارتفاع سطح آب به صورت تغییرات فشار مکانیکی در یک فشارسنج حس شده و به شکل کمیت الکتریکی تبدیل می‌گردد. برای کم کردن خطا، به‌جای این‌که به طور مستقیم فشار اندازه‌گیری شود، با دمش گاز سعی می‌گردد تا فشار گاز را با فشار وارد شده از سوی ستون آب متعادل شود. در این حالت سیستم تولید حباب (دمش گاز) که خود مجهز به فشارسنج دقیق هست، می‌تواند فشار را با دقت اندازه‌گیری نماید (شکل ۴-۷). در این روش نیز عملا به جای اندازه‌گیری ارتفاع مایع، فشار وارد شده از سوی مایع اندازه‌گیری می‌شود. بدین ترتیب عواملی نظیر املاح موجود در آب، فشار اتمسفریک و دما می‌توانند باعث ایجاد خطا شوند. مزیت این روش، در مقایسه با روش‌های قبلی، بالاتر بودن دقت اندازه‌گیری فشار است. به دلیل وجود یک کمپرسور باد و اجزای نیوماتیک مورد استفاده در این روش، هزینه‌های نگهداری، بهره‌برداری و تعمیرات به نسبت زیاد خواهد بود.



شکل ۴-۷- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از روش ایجاد حباب[1]

۴-۲-۳-۵- اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از حس‌گر فشار

به کمک حس‌گرهای فشاری (مانند load cell) می‌توان وزن اجسام را اندازه‌گیری کرد. برای استفاده از آن جهت اندازه‌گیری تراز سطح آب، می‌توان با نصب دستگاه در کف بستر، وزن ستون مایع آب بر روی آن را تعیین نمود (شکل ۴-۸).



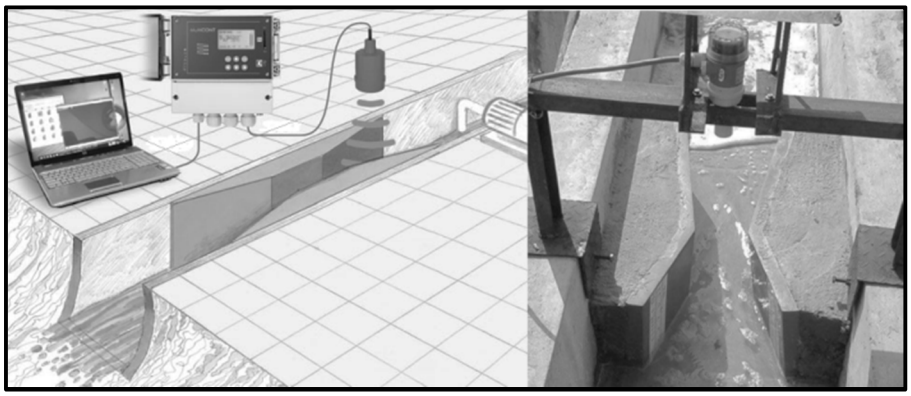
شکل ۴-۸- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از حس‌گر فشار

1- Bubbler Type Water Level Recording

۴-۲-۴- روش غیرتماسی

۴-۲-۴-۱- روش آلتراسونیک

در این روش، فاصله عنصر اندازه‌گیری تا سطح آب از طریق زمان رفت و برگشت امواج صوتی صورت می‌گیرد. برای این منظور با ارسال کردن یک رشته پالس‌های صوتی به سمت آب، زمان رفت و برگشت مجدد آن اندازه‌گیری می‌گردد. با ثابت فرض کردن سرعت صوت می‌توان زمان مذکور را به فاصله تبدیل نمود. متاسفانه سرعت صوت با عواملی نظیر دما، فشار هوا، مواد معلق موجود در هوا و سطح آب تغییر می‌کند. بیش‌ترین تاثیر مربوط به خطای ناشی از تغییرات سرعت صوت در اثر دمای محیط است. چنین سیستمی در شکل (۴-۹) ترسیم شده است.



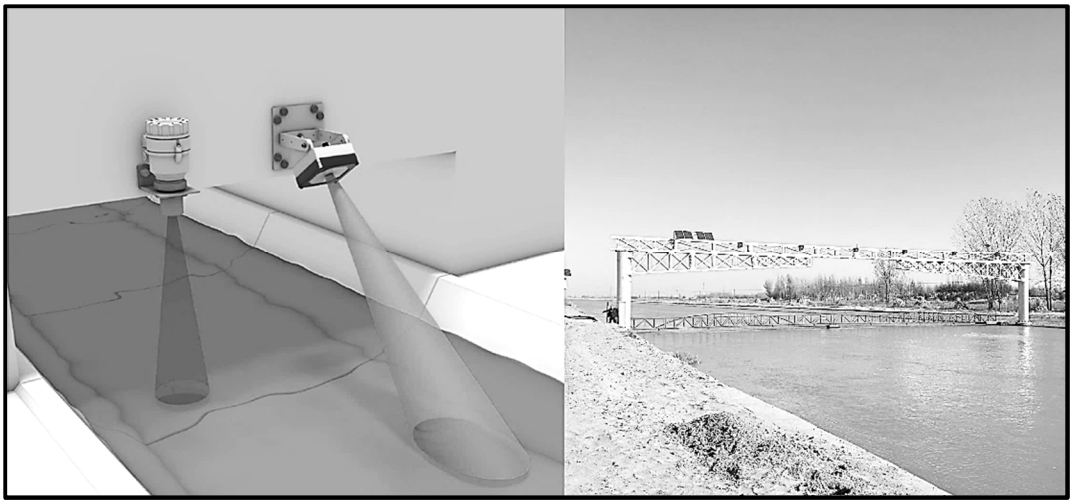
شکل ۴-۹- سیستم اندازه‌گیری تراز سطح آب با استفاده از امواج التراسونیک و نمونه اجرا شده

درصورتی‌که عوامل فوق و خطای ناشی از اصوات محیطی را بتوان به طریقی در اندازه‌گیری‌ها در نظر گرفته و اثر آنان را حذف نمود، با این روش امکان اندازه‌گیری‌هایی با دقتی حتی بهتر از ۰/۲٪ در محدوده‌های عملکرد تا بالای ۳۰ متر امکان‌پذیر است. از نقطه نظر کاربرد، در این روش موضوع پهن شدن امواج صوتی نیز دارای اهمیت است. میزان پهن شدگی امواج صوتی در مقایسه با امواج باریک الکترومغناطیسی زیادتر است. به عنوان مثال در طول ۲۰ متر میزان پهن‌شدگی امواج صوتی به حد ۲ متر می‌رسد. درصورتی که مانعی بر سر راه امواج صوتی ایجاد شود، انعکاس کاذب به وجود آمده، موجب اندازه‌گیری با خطا خواهد شد.

۴-۲-۴-۲- روش راداری

در این روش که مشابه روش آلتراسونیک است، عمل اندازه‌گیری طول از طریق محاسبه زمان رفت و برگشت پالس‌های الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد (شکل ۴-۱۰). با توجه به این‌که سرعت حرکت امواج الکترومغناطیس در حد سرعت نور می‌باشد، زمان به دست آمده در محدوده اعداد بسیار کوچک خواهد بود و اندازه‌گیری دقیق آن مشکل است؛ از این رو، انواع دقیق فاصله‌یاب‌های راداری گران‌قیمت هستند. مزیت عمده در این روش، مستقل بودن آن از عوامل محیطی است. در روش آلتراسونیک، دمای هوا تاثیر مستقیم بر عملکرد دستگاه اندازه‌گیری خواهد داشت ولی

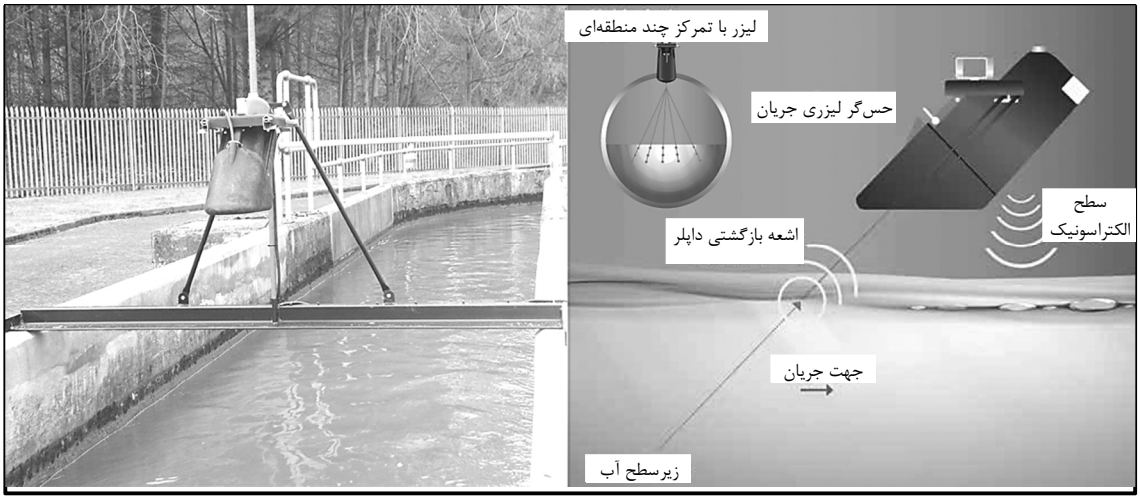
در روش راداری این تاثیر به مراتب کم‌تر خواهد بود. از نقطه نظر میزان پهن‌شدگی پالس الکترومغناطیسی، این روش برتری قابل توجه به روش التراسونیک دارد.



شکل ۴-۱۰- (راست) تصویر سازه اندازه‌گیری راداری بر روی کانال و (چپ) نحوه عملکرد ترکیبی حس‌گر راداری و ترازسنج (سطح‌سنج) آن

۴-۲-۴-۳- روش لیزری

روش اندازه‌گیری به کمک اشعه لیزر در عمل برتری هر دو روش فوق را در خود جمع نموده است. علت اصلی این موضوع نیز در ذات امواج لیزری نهفته است. امواج لیزری از یکسری فوتون‌هایی که به‌صورت هم فاز هستند، عمل می‌کند. بدین ترتیب مشکلاتی نظیر، ایجاد هارمونیک‌های ناخواسته، وجود امواج نورانی مزاحم، پهن‌شدگی اشعه و غیره کم‌تر وجود دارند. در این روش، اشعه لیزر به زیر سطح آب تابانده می‌شود. اشعه بازگشتی دچار یک تغییر فرکانس می‌شود که به تغییر داپلر معروف است. این تغییر متناسب با سرعت جریان آب است. می‌توان چندین اشعه لیزر را در نقاط مختلف جریان متمرکز کرد و داده‌های سرعت را در نقاط مختلف به‌دست آورد (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- یک اندازه‌گیر جریان لیزری نصب شده بر روی کانال و شمایی از عملکرد آن

در جدول (۴-۲) مزایا، معایب و مشخصات هر روش جهت مقایسه ذکر شده است.

جدول ۴-۲- مزایا، معایب و مشخصات روش‌های اندازه‌گیری تراز سطح آب

روش اندازه‌گیری	محدوده عملکرد	خطا	هزینه	وابستگی به عوامل محیطی	سادگی در پیاده‌سازی	نگهداری
اندازه‌گیری با شناور	زیاد	نسبتا زیاد	کم	زیاد	ساده	سخت
هدایت الکتریکی	نسبتا زیاد	زیاد	کم	زیاد	ساده	سخت
خازنی	معمولی	زیاد	معمولی	زیاد	معمولی	معمولی
فشار مکانیکی	زیاد	معمولی	معمولی	نسبتا زیاد	ساده	معمولی
حس‌گر فشلر	زیاد	معمولی	معمولی	زیاد	معمولی	سخت
آلتراسونیک	معمولی	کم	زیاد	نسبتا زیاد	سخت	معمولی
رادار	نسبتا زیاد	خیلی کم	خیلی زیاد	کم	معمولی	معمولی
لیزر	نسبتا زیاد	خیلی کم	خیلی زیاد	کم	معمولی	معمولی

۴-۳- مقطع کانال (سرعت- مساحت)

۴-۳-۱- نشان‌گر اندازه‌گیری تراز سطح آب

تراز سطح آب با استفاده از نشان‌گر، اندازه‌گیری شده و با استفاده از منحنی سنجه تهیه شده برای این مقطع، آبدهی تعیین می‌گردد.

اندازه‌گیری سرعت جریان آب در مسیر کانال‌ها و مجاری بزرگ با کمک مولینه و در مجاری و کانال‌های کوچک با میکرومولینه انجام می‌شود. غالبا از این وسیله (به لحاظ دقت و سهولت کاربرد) برای واسنجی منحنی سنجه سایر سازه‌های اندازه‌گیری یا آگاهی از میزان آبدهی در مقاطع خاص استفاده می‌شود.

الف- مزایا

- بهره‌برداری بسیار آسان
- عدم نیاز به بهره‌بردار متخصص
- نصب آسان
- امکان تجهیز ایستگاه به سیستم‌های ثبات مکانیکی یا الکترونیکی و سامانه انتقال

ب- محدودیت‌ها

- استحکام و شرایط پایدار محل نصب نشان‌گر با اهمیت است. جریان آب در محل نشان‌گر باید بدون آشفتگی و پس‌زدگی بوده و قرائت نشان‌گر با دقت امکان‌پذیر باشد.
- شکل سطح مقطع برای دوره زمانی اعتبار منحنی بده- اشل پایدار و تغییر ناپذیر باشد.
- دیواره مجرا در یک بازه مشخص فاقد علف‌های هرز و فاقد شرایط تله‌اندازی مواد و اجسام شناور در آب باشد.

- نشانه صفر در پایین‌ترین قسمت نشان‌گر در مقابل نقطه‌ی نشانه[1] روی بستر یا دیواره، تراز شود.
- نشان‌گر، بادوام و تمیز باشد و در محلی نصب شود که قرائت با دقت قابل قبول امکان‌پذیر شود.

با توجه به موارد بالا، این روش اندازه‌گیری، حساسیت زیادی نسبت به آشفتگی و پس‌زدگی آب دارد و این حساسیت تاثیر معناداری در مقدار خطای اندازه‌گیری جریان (آبدهی) دارد. لذا پوشش بتنی در محدوده اندازه‌گیری با نشان‌گر، خطای کم‌تری را نسبت به نهرها بدون پوشش خواهد داشت.

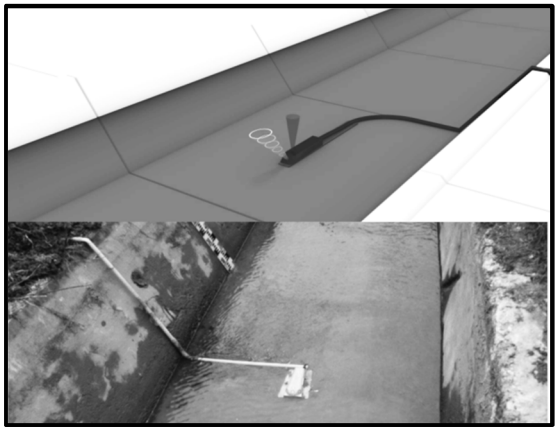
۴-۳-۲- اندازه‌گیرهای صوتی آبدهی (آلتراسونیک)

ابزارهای صوتی تعیین آبدهی (آلتراسونیک) با داشتن مزایایی نظیر دقت بالا و عدم تداخل در جریان آب، در بسیاری از کانال‌های باز انتقال آب در شبکه‌های آبیاری کاربرد دارند. از میان ابزارهای آلتراسونیک، دو نوع داپلری و زمان-گذر[2] در کانال‌های باز شبکه‌های آبیاری و زهکشی جهان استفاده می‌شوند و قابل توصیه است.

الف - جریان‌سنج داپلری موج پیوسته

جریان‌سنج داپلری موج پیوسته متشکل از حس‌گر سرعت‌سنج، سطح‌سنج و دستگاه مخابره‌گر است (شکل ۴-۱۲). حس‌گرهای جریان‌سنج داپلری معمولا دارای یک فرستنده و گیرنده امواج آلتراسونیک هستند. یک موج صوتی آلتراسونیک با فرکانس بالا به جریان آب فرستاده شده و بازتابش آن پس از برخورد با ذرات معلق و حباب‌های موجود در آب دریافت می‌گردد. تفاوت بین فرکانس امواج فرستاده شده و امواج دریافت شده متناسب است با سرعت حرکت ذرات معلق و حباب‌های موجود در آب. یک جریان‌سنج داپلری تغییر فرکانس امواج ارسالی و دریافتی برای تعداد زیادی از ذرات را اندازه‌گیری نموده و سرعت متناظر ذرات معلق (نه سرعت آب) اندازه‌گیری می‌شود. با میانگین‌گیری از سرعت ذرات معلق، میانگین سرعت آب تخمین زده می‌شود. این تخمین با خطا همراه است که میزان خطای آن به نحوه توزیع ذرات بستگی دارد. هر چه توزیع ذرات یکنواخت باشد، نمونه بهتری از سرعت جریان آب به‌دست می‌آید. در این روش، اندازه‌گیری سطح مقطع جریان نیز مورد نیاز است که معمولا یک حس‌گر اندازه‌گیری عمق، در کنار حس‌گر سرعت‌سنج تعبیه می‌گردد. درنهایت با اندازه‌گیری سطح مقطع و سرعت متوسط جریان، آبدهی نهایی توسط مبدل[3] محاسبه، نمایش و ذخیره می‌گردد.

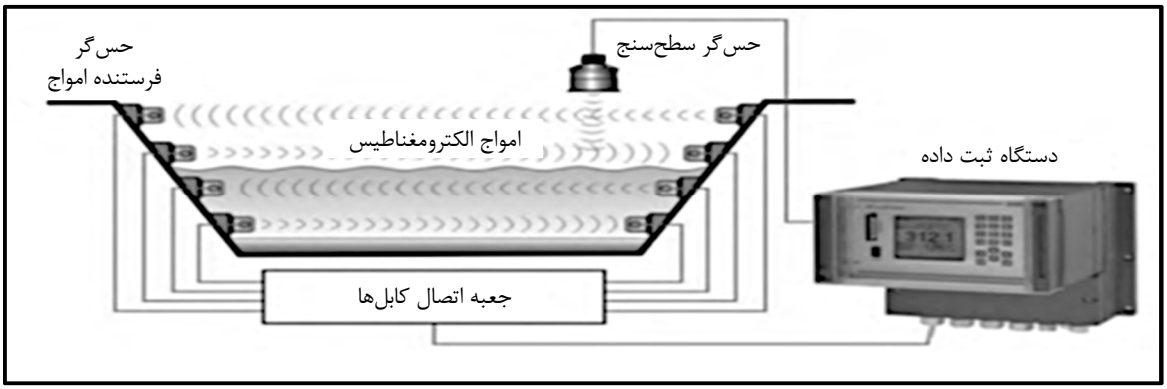
1- Benchmark
2- Transit Time Ultrasonic Flow Meter
3- Transmitter



شکل ۴-۱۲- نمایی از یک جریان‌سنج داپلری موج‌پیوسته و نمونه‌ای اجرا شده

ب – جریان‌سنج زمان- گذر

شکل (۴-۱۳)، شمای کلی از یک جریان‌سنج زمان- گذر به همراه یک عمق‌سنج آلتراسونیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است این سامانه متشکل از حس‌گرهای فرستنده امواج در جهت عرض کانال، حس‌گر سطح‌سنج و دستگاه ثبت داده‌ها (داده‌نگار) است.



شکل ۴-۱۳- شمای کلی از یک جریان سنج زمان- گذر به همراه یک ترازسنج آلتراسونیک

اندازه‌گیری آبدهی در روش زمان- گذر مشابه اندازه‌گیری جریان به وسیله مولینه است. در جریان‌سنجی به وسیله مولینه، سرعت متوسط بر اساس میانگین سرعت در مقاطع عمودی به‌دست می‌آید؛ ولی در روش زمان-گذر، میانگین سرعت در مقاطع افقی حساب می‌شود. در روش زمان-گذر، امواج آلتراسونیک به صورت زاویه‌دار با جهت جریان، به ساحل مخالف در پایین‌دست فرستاده می‌شود، سپس یک موج آلتراسونیک دیگر در خلاف جهت جریان، به صورت اریب به ساحل مخالف در بالادست ارسال می‌گردد. سرعت امواج ارسالی در جهت جریان آب بیش‌تر از سرعت امواج ارسالی در خلاف جریان آب در کانال است. تفاوت زمان عبور موج در این دو حالت را می‌توان بیان‌گر سرعت متوسط جریان در ارتفاعی از جریان که امواج ارسال شده‌اند، دانست.

در مقایسه دو روش فوق، روش داپلری موج پیوسته در کانال‌های دارای رسوبات معلق با ابعاد بزرگ، توانسته است دقت خوبی را حاصل کند. استفاده از این روش جریان‌سنجی در کانال‌های فاقد رسوبات معلق و حباب توصیه نمی‌شود.

از آنجا که حس‌گر سرعت‌سنج داپلری موج پیوسته، در کف کانال نصب می‌گردد، این روش دارای حساسیت بیش‌تری نسبت به تجمع رسوبات و آشغال در کف کانال است. درحالی‌که در روش زمان-گذر به دلیل نصب حس‌گرهای سرعت‌سنج در دیواره کانال، این مشکل کم‌تر ایجاد می‌گردد.

۴-۴- سرریزها

سرریزها، سازه‌هایی هستند که در عرض کانال‌های آبیاری ساخته می‌شوند تا خصوصیات جریان درون کانال را تغییر دهند و امکان اندازه‌گیری آبدهی را فراهم کنند. سرریزها مانند سدهای کوچکی هستند که با ایجاد مانع در مسیر جریان آب و ایجاد یک حوضچه با عمق مشخص، آب از روی آن‌ها عبور می‌کند. ارتفاع آب عبوری از روی تاج سریز، وابسته به شدت جریان است؛ به همین جهت، سرعت حجمی جریان آب را می‌توان با استفاده از روابط ریاضی، نمودارها و جدول‌ها و با اندازه‌گیری ارتفاع آب عبوری از روی این سرریزها با دقت مطلوبی (۲٪ ±) تعیین کرد. سرریزها در انواع مختلف به شرح زیر در شبکه‌های آبیاری کاربرد دارند.

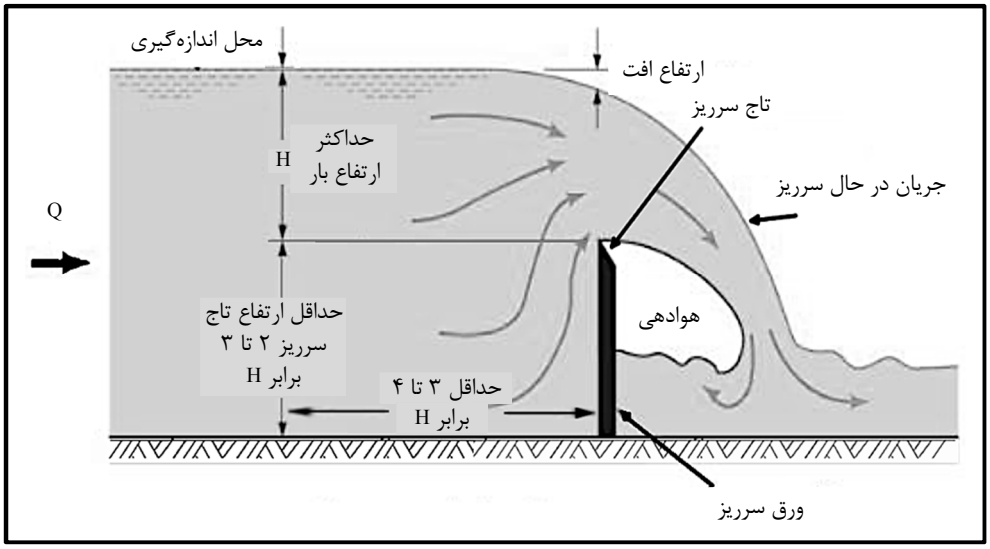
۴-۴-۱- سرریز لبه تیز

سرریزهای لبه تیز، معمولا عمود بر جریان آب و با استفاده از یک ورق فلزی نازک مقاوم به خوردگی (از بتن و الوار نیز می‌توان استفاده کرد)، که در بالای آن یک بریدگی مشخص (مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای) ایجاد شده‌است، ساخته می‌شوند. آب از درون بریدگی عبور می‌کند و جریان هیدرولیکی بحرانی داشته و از این‌رو با شرایط معینی قابل اندازه‌گیری است.

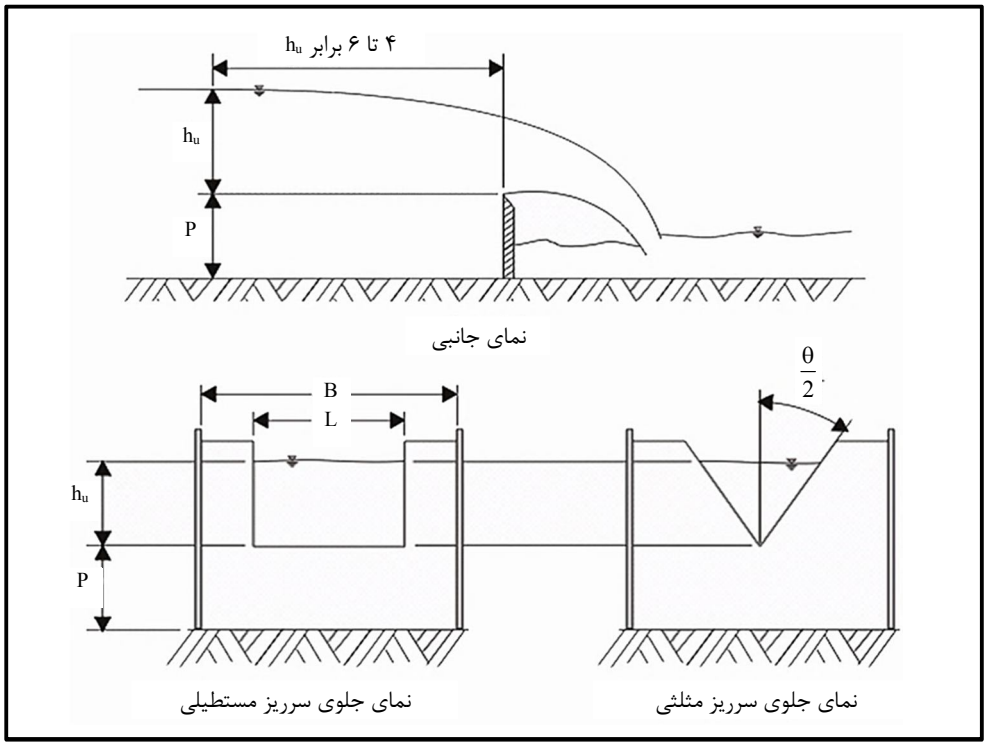
سرریز مثلثی شکل (شیار v شکل[1]) برای جریان‌های کم (آبدهی‌های کم‌تر از ۳۰ لیتر بر ثانیه) مناسب‌تر هستند. این میزان تقریبا معادل یک دستابه که در شرایط معمول یک کارگر آبیاری می‌تواند تحت کنترل بهینه داشته باشد، بوده و در نهر مزرعه قابل نصب است.

سرریزهای مستطیلی انقباضی[2] قادرند جریان‌های بسیار بیش‌تری را نسبت به سرریزهای مثلثی شکل اندازه‌گیری کنند. سرریزهای ذوزنقه‌ای (سیپوتلی) دقت کم‌تری نسبت به سرریزهای مستطیلی و مثلثی دارند. شکل (۴-۱۴) نام‌گذاری اجزای سرریز لبه تیز و جریان عبوری از روی آن و شکل (۴-۱۵) نمای جانبی و نمای روبروی سرریزهای مستطیلی و مثلثی را نشان می‌دهد.

1- V-notch Wier
2- Rectangular Contracted Weir



شکل ۴-۱۴- تعاریف اجزای مقطع سرریز

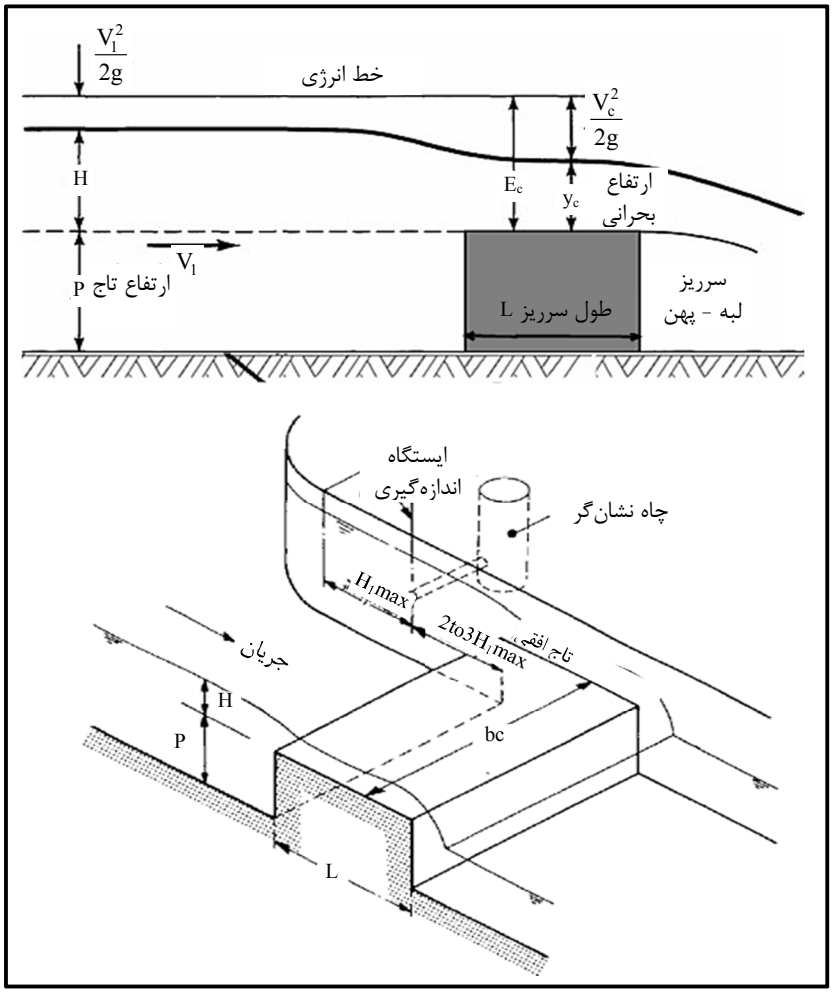


شکل ۴-۱۵- نمای سرریزهای مستطیلی و مثلثی

۴-۴-۲- سرریز لبه پهن

سرریزهای لبه پهن، به‌طورکلی مقاوم‌تر از ورق‌های نازک مورد استفاده در سریزهای لبه تیز هستند. این سرریزها معمولا از بتن آرمه ساخته می‌شوند و در رودخانه‌ها و کانال‌ها برای تنظیم ارتفاع آب و اندازه‌گیری جریان به‌کار می‌روند. در این نوع سرریزها، تاج سرریز، پهن، طویل و بدون تیغه فلزی است. هم‌چنین ممکن است سرریز شامل سطح شیب‌داری در قسمت جلویی تاج به منظور کاهش افت انرژی باشد. در این سرریزها، جریان عبوری از روی سرریز، باید به

یک ارتفاع بحرانی (عمق بحرانی، y_c) برسد. ارتفاع تاج سرریز تعیین می‌کند که جریان آب به این ارتفاع بحرانی خواهد رسید یا خیر (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- نمای یک سرریز لبه پهن

۴-۴-۳- نحوه عملکرد سرریزها

سرریزها بر اساس اصل تعادل انرژی کار می‌کنند، یعنی یک مانع درکانال، موجب برگشت آب و ایجاد سطح انرژی در بالادست مانع می‌شود. سطح انرژی، تابعی از سرعت جریان و بنابراین تابعی از عبور مقدار جریان از میان این وسیله است.

میزان جریان عبوری (آبدهی) از سرریز، تابع ارتفاع سطح آب بوده و بنابراین تکنیک‌های اندازه‌گیری تراز سطح آب، باید مورد استفاده قرار گیرد. ساده‌ترین ابزار استفاده شده برای این منظور نشان‌گر دستی[1] و شناورها[2] هستند.

1- Staff Gauges
2- Float-Operated

۴-۴-۴- الزامات نصب سرریزها

برای اندازه‌گیری موثر جریان، باید الزامات زیر در نصب سرریزها، رعایت شود:

- محل اتصال بین سرریز و کانال باید کاملا بسته و مانع عبور جریان باشد. اتصال بین بدنه سرریز در نهرهای سنتی آبیاری باید به اندازه کافی در شیروانی خاکی نهر فرو رفته باشد یا در آن مقطع با مصالح بتنی بستری مناسب و پایدار برای آن ایجاد شود.
- درصورت لزوم، سرریز باید هوادهی شود تا مانع ایجاد خلاء در قسمت زیرین آبشار[1] بشود. حباب هوای تشکیل شده زیر آبشار، فشار اتمسفر در اطراف آن را تضمین می‌نماید.
- ارتفاع سرریز از کف کانال تا تاج، باید حداقل دو برابر حداکثر بار آبی سیال از روی سرریز باشد. این موضوع برای کم کردن سرعت جریان ضروری است.
- مقطع عبور بالادست سرریز باید حداقل به اندازه ۲۰ برابر حداکثر بار آبی، مستقیم بوده و بدون شیب یا با شیب بسیار کم باشد. در کانال نسبتا بزرگ، سرعت آب باید کم‌تر از ۱/۵ متر بر ثانیه باشد.
- تاج باید بالاتر از حداکثر ارتفاع سطح آب پایین دست، تنظیم شود. در غیر این صورت شرایط جریان مستغرق به جای شرایط جریان آزاد، که برای اندازه‌گیری قابل اعتماد مورد نیاز است، پدیدار می‌گردد.
- حوضچه آرامش برای کاهش سرعت و اثرات تلاطم جریان سیال در بالادست سرریز ممکن است مورد نیاز باشد.
- آبشار مورد نیاز کانال حداقل ۱۵ سانتی‌متر است تا شرایط جریان آزاد در بالای سرریز تثبیت شود. افت انرژی در این حد، استفاده از سرریز را درکانال‌های اراضی که مسطح هستند، غیر عملی می‌سازد.
- محل اندازه‌گیری بار آبی سرریز، باید در بالادست تاج سرریز در فاصله‌ای حداقل ۳ و ترجیحا ۴ برابر حداکثر بار آبی روی سرریز باشد. این محل باید در مقطع آرام کانال دور از هرگونه آشفتگی، ترجیحا در چاهک اندازه‌گیری[2] باشد. همچنین نقطه صفر دستگاه اندازه‌گیری سطح انرژی باید کاملا هم‌سطح با تاج سرریز تنظیم شود.
- برای سرریز مستطیلی یا مثلثی با انتهای تنگ شده، حداقل فاصله اطراف سرریز از لبه‌های کانال باید حداقل دو برابر حداکثر ارتفاع انرژی مورد انتظار در بالای سرریز باشد.
- جلوگیری از تجمع شن و ماسه و رسوبات ریزدانه در بالادست سرریز، یکی از الزامات اندازه‌گیری دقیق جریان است.

1- Nappe
2- Stilling Well

۴-۴-۵- الزامات تنظیمات و بهره‌برداری سرریزها

- تنظیم سرریز در مکانی که در قسمت انتهایی آن حوضچه‌ای طویل و به اندازه کافی عمیق و وسیع باشد، جریان آب یکنواختی را در اختیار قرار می‌دهد و در نتیجه، نتایج بهتری دارد.
- محور طولی سرریز باید عمود بر جهت جریان باشد. اگر از جعبه سرریز استفاده شود، خط مرکزی جعبه سرریز باید موازی با جهت جریان قرار گیرد.
- صفحه سرریز باید عمود و با زاویه درست با جهت جریان ساخته شود.

۴-۴-۶- نحوه محاسبه آبدهی

آبدهی در سرریزها با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع (عمق آب)، تاج سرریز و سطح آب در فاصله معینی از سرریز درحوضچه بالادست، تعیین می‌شود. سپس، از روی منحنی واسنجی سرریز، این عمق‌های ثبت شده را می‌توان به مقدار جریان عبوری از این سازه، تبدیل کرد.

۴-۴-۶-۱- فرمول‌های سرریز برحسب نوع سرریز

متداول‌ترین نوع سرریزها، مستطیلی و مثلثی هستند. هر یک از سرریزها، یک معادله اختصاصی برای تعیین مقدار جریان عبوری از سرریز دارد. جدول (۴-۳)، معادلات سرریز بر حسب شکل کانال را نشان می‌دهد که برای محاسبه جریان آب به‌کار می‌روند.

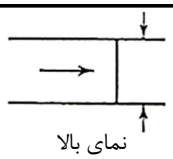
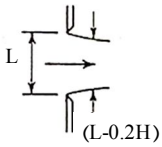
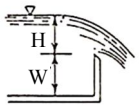
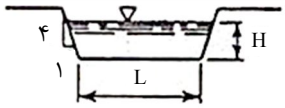
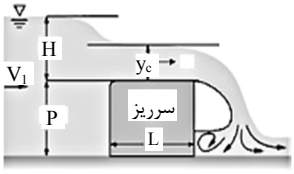
الف- مزایای سرریزها

- ساده‌ترین ابزار اندازه‌گیری
- کم‌هزینه‌تر از فلوم
- نصب نسبتا آسان
- دقت بالا در شرایط استفاده مناسب

ب- محدودیت‌های سرریزها

- با افت انرژی نسبتا بالا عمل می‌کند.
- هزینه نگهداری بالاتری نسبت به فلوم‌ها دارد.
- دقت اندازه‌گیری به سرعت جریان بالادست حساس است.
- تمیز کردن حوضچه بالادست سرریز در فواصل زمانی معین ضروری است.

جدول ۴-۳- روابط تجربی در سرریزها (واحد L و H متر و Q مترمکعب بر ثانیه)

ابزار اندازه‌گیری	نمای سرریزها		معادلات
سرریز مستطیلی (بدون انقباض جانبی)	 نمای بالا		$Q = 3.33\ LH^{3/2}$
سرریز مستطیلی (با انقباض جانبی)	 نمای بالا	 نمای جانبی	$Q = 3.33(L - 0.2H)H^{3/2}$
سرریز ذوزنقه‌ای	 نمای انتهایی		$Q = 3.37\ LH^{3/2}$
سرریز مثلثی ۹۰°	نمای انتهایی		$Q = 2.94H^{5/2}$
سرریز لبه پهن (جریان با عمق بحرانی)			$Q = 1.6LH^{3/2}$

۴-۵- فلوم‌ها

۴-۵-۱- کلیات

روش سنتی اندازه‌گیری آب کانال‌های روباز در سامانه‌های کشاورزی، فلوم است. فلوم‌ها با این هدف طراحی می‌شوند تا با ایجاد یک عمق بحرانی در گلوگاه فلوم، ارتباطی بین عمق آب و شدت‌جریان ایجاد کنند. رابطه بار آبی (سطح انرژی) با مقدار جریان در یک فلوم، می‌توان با داده‌های آزمایشی (منحنی‌های واسنجی) یا به وسیله استخراج فرمول‌های تجربی بر اساس تحقیقات میدانی تعیین شود. فلوم‌ها به دو دسته عمده تقسیم شده‌اند: فلوم‌ها با گلوگاه طولانی و فلوم‌ها با گلوگاه کوتاه. خلاصه مزایا و محدودیت فلوم‌ها به شرح زیر است.

الف- مزایای فلوم‌ها

- درجه قابل اطمینانی از تمیزکردن خودکار
- افت انرژی نسبتا کم
- دقت اندازه‌گیری فلوم نسبت به سرریزها، کم‌تر تحت تاثیر سرعت مسیر جریان است.

- هزینه‌های نگهداری کم‌تر نسبت به سرریزها

ب- محدودیت‌های فلوم‌ها

- هزینه نسبتا بیش‌تر نسبت به سرریز
- مشکلات نصب

۴-۵-۲- فلوم با گلوگاه طولانی

این نوع از فلوم‌ها[1]، جریان آب را در گلوگاهی با طول معین که در ناحیه کنترل جریان، خطوط جریان تقریبا موازی ایجاد می‌نماید، کنترل می‌کنند. نمونه‌ای از این نوع فلوم، یک سرریز لبه پهن اصلاح شده است که فلوم شیب‌دار[2] نیز نامیده می‌شود (شکل ۴-۱۷). فلوم‌های با گلوگاه طولانی می‌توانند تقریبا شکل مقطع عرضی دلخواه داشته باشند و می‌توانند با شرایط هندسی بیش‌تر کانال‌ها تنظیم شوند. این سازه‌ها در کانال‌های با شیب کم و شرایط استغراق، به خوبی عمل می‌کنند.

اگرچه فلوم‌های با گلوگاه طولانی را که در زمان ساخت، کاملا طبق ابعاد تعیین شده، اجرا شده‌اند، می‌توان اصلاح و مجددا بر اساس ابعاد جدید واسنجی نمود، ولی اصلاح شیب مقطع گلوگاه در جهت جریان، همیشه موفقیت‌آمیز نیست. در هر موردی، دقت کافی هنگام ساخت ارجحیت دارد. فلوم سرریز لبه پهن اصلاح شده، فقط یک سطح جریان بحرانی دارد و آن سطح، مسطح است.

شکل ۴-۱۷- فلوم با گلوگاه طولانی در کانال‌های اصلی

1- Replogle Flume
2- Ramp Flume

۴-۵-۳- فلوم با گلوگاه کوتاه

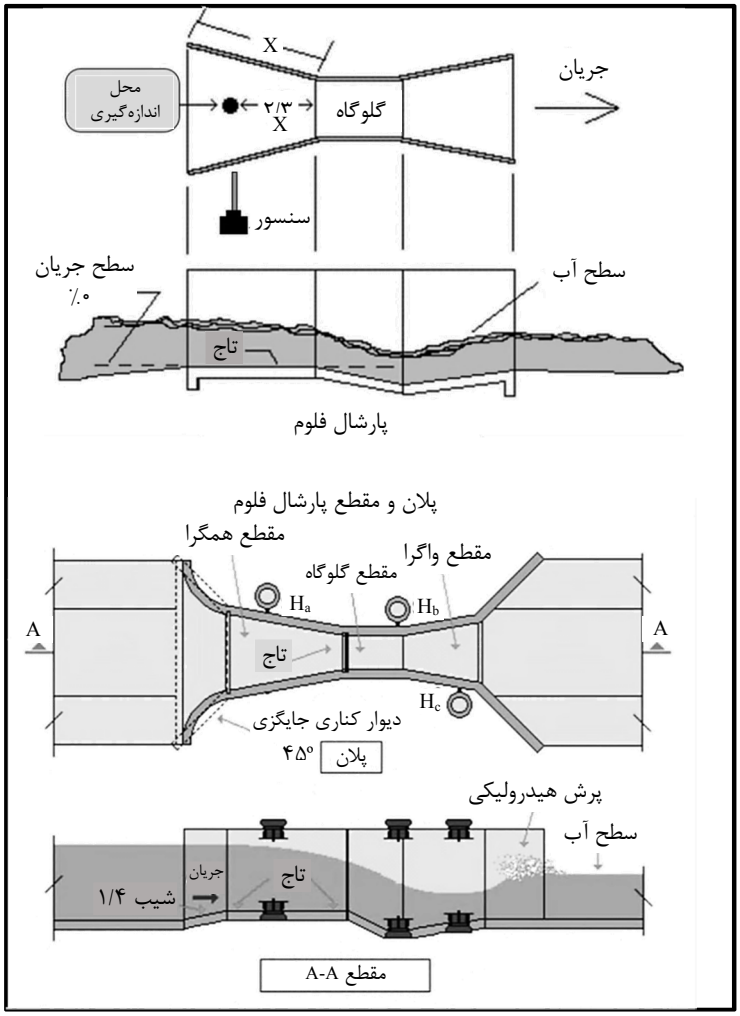
فلوم‌های با گلوگاه کوتاه، آبدهی را در محدوده‌ای کنترل می‌کند که جریان خطی تولید می‌شود. این فلوم‌ها، با وجود این‌که به عنوان سازه‌های کوتاه مورد توجه هستند، ولی طول کلی اختصاص یافته به سازه‌ی کامل‌شده، شامل تبدیل‌ها، می‌تواند نسبتا طولانی باشد. پارشال فلوم (شکل ۴-۱۸ و شکل ۴-۱۹) و فلوم بدون گلوگاه (گلو بریده)[1] (شکل ۴-۲۰) رایج‌ترین نمونه‌های این نوع فلوم‌ها هستند.

امروزه بیش‌ترین نوع فلوم‌های در حال استفاده توسط بهره‌برداران، شامل پارشال فلوم، فلوم گلوبریده و فلوم ذوزنقه‌ای است. اگرچه در کشورهای غربی پارشال فلوم‌ها پرکاربردترین فلوم‌ها در پروژه‌های آبیاری هستند، ولی عموما دیگر این فلوم پیشنهاد نمی‌شود. فلوم با گلوگاه طولانی، به‌دلیل طراحی ساده، نصب آسان و انعطاف‌پذیری در استقرار آن‌ها در کانال‌های با شکل‌های پیچیده و شرایط مختلف جریان، گزینه پیشنهادی برای بیش‌ترین پروژه‌ها است. مشخصات کلی این فلوم‌ها به قرار زیر است:

۴-۵-۳-۱- پارشال فلوم‌ها

- شستشو خودکار صورت می‌گیرد.
- دقیق است.
- نیازمند به دو اندازه‌گیری برای جریان مستغرق می‌باشد.
- به دلیل زوایای زیاد ساخت آن می‌تواند پرهزینه و نسبتا پیچیده باشد.
- افت انرژی نسبتا کم است.

1- Cutthroat Flume



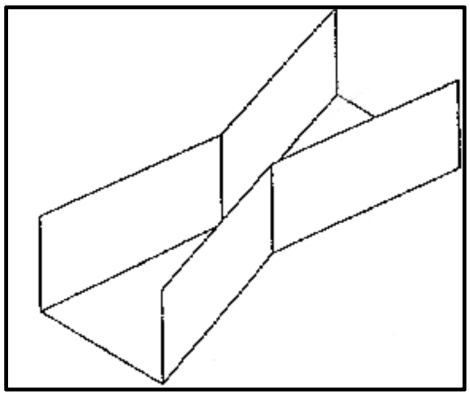
شکل ۴-۱۸- پلان و مقطع پارشال فلوم

شکل ۴-۱۹- نمونه‌ای از پارشال فلوم

۴-۵-۳-۲- فلوم بدون گلو (گلو بریده)

- در شرایط درجه استغراق بالا، می‌تواند عملکرد خوبی داشته باشد.

- کف صاف، مواد جامد را بهتر از پارشال فلوم، عبور می‌دهد.
- ساخت آن (کناره‌های مستقیم و کف و زوایای ساده) آسان می‌باشد.
- دقت آن مناسب و واسنجی ساده است.
- ارزان‌تر از پارشال فلوم‌ها می‌باشد.
- حمل آسان به دلیل قابلیت ساخت از ورقه‌های فلزی یا پلاستیک امکان‌پذیر است.
- قابلیت ساخت در ابعاد مختلف برای اندازه‌گیری جریان در کانال‌های بزرگ، نهرهای اصلی، یا فاروهای کوچک قابل ساخت است.
- سطح انرژی در بالادست فلوم اندازه‌گیری می‌شود.

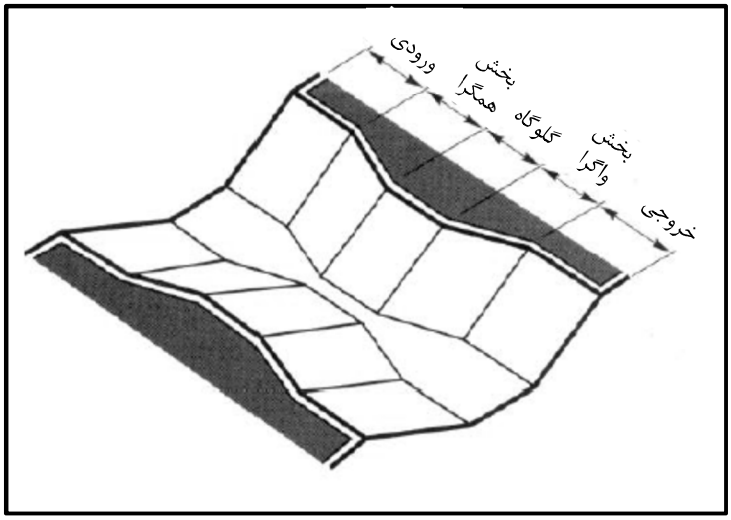


شکل ۴-۲۰- فلوم گلو بریده

۴-۵-۳-۳- فلوم‌های ذوزنقه‌ای

برای اندازه‌گیری جریان در کانال‌های آبیاری، توسعه یافته است (شکل ۴-۲۱). توانایی اندازه‌گیری محدوده زیادی از مقادیر جریان و همچنین حفظ دقت خوب در جریان‌های کم، از مزایای اصلی این نوع فلوم است. با این‌حال ساخت این فلوم‌ها بسیار مشکل‌تر از ساخت فلوم‌های گلوبریده است.

- سطح انرژی بالادست مقطع فلوم اندازه‌گیری می‌شود.
- در اندازه‌گیری جریان‌های کم‌تر، دقت آن بیش‌تر از پارشال فلوم است.
- شکل ظاهریشان با شکل معمولی نهرهای اصلی، به خصوص نهرهای پوشش شده مطابقت دارد.
- در درجات بالاتر از استغراق، بدون نیاز به اصلاح، عملکرد مناسبی دارد.



شکل ۴-۲۱- فلوم ذوزنقه‌ای

۴-۵-۴- فلوم‌های ساده گلو (سامانی فلوم)

فلوم‌ها و سرریزهای شناخته شده در شرایط مختلف، امکان اندازه‌گیری دقیق جریان آب را فراهم می‌کنند. با این وجود، با توجه به شیب کم و ته‌نشین شدن رسوب در برخی کانال‌ها و همچنین محدودیت‌های اقتصادی و کمبود توانایی‌های فنی، نیاز به روش‌هایی ارزان‌تر و ساده‌تر وجود دارد. فلوم‌های ساده با طراحی و اجرای ساده، هزینه ساخت کم‌تری دارند. این فلوم‌ها حداقل کاهش بار آبی را دارند و در شرایطی که سرریزها و فلوم‌های متداول در شرایط شیب کم، دچار ته‌نشینی رسوب می‌شوند، با خودتمیزشوندگی، می‌تواند برای اندازه‌گیری دقیق‌تر جریان به‌کار گرفته شوند.

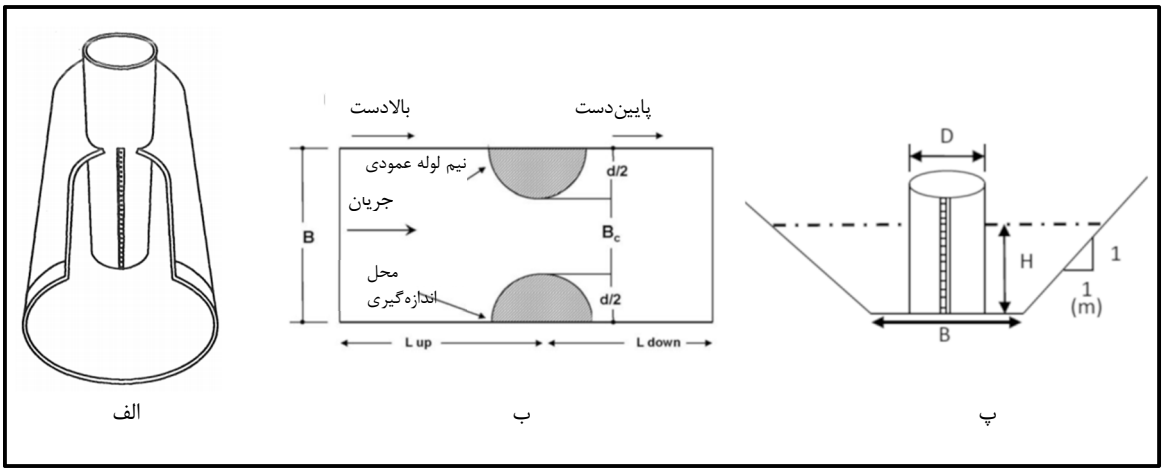
در فلوم‌های ساده، جریان بحرانی را می‌توان با ایجاد انقباض در سطح مقطع کانال موجود و بدون تغییر در ابعاد کانال ایجاد کرد. این فلوم‌ها یک جریان بحرانی در یک بخش کوچک و در نتیجه یک جهش هیدرولیکی را قبل از رسیدن به سطح انرژی قبلی ایجاد می‌کنند. فلوم‌های ساده با توجه به شکل‌های مختلف کانال‌ها به صورت گلوکوتاه طراحی شده‌اند. سه نوع از فلوم‌های ساده به صورت مدور، مستطیلی (S-M[1]) و ذوزنقه‌ای برای کانال‌های مختلف توسعه داده شده‌اند (شکل ۴-۲۲ و شکل ۴-۲۳).

هنگامی که سطح مقطع جریان، منقبض می‌شود تا جریان بحرانی ایجاد شود، شدت‌جریان تابعی از انرژی بالادست (H، ارتفاع آب بالادست فلوم)، عرض بخش بحرانی (B_c) و شتاب جاذبه (g) می‌شود. که مقدار g ثابت و B_c برای هر کانال قابل محاسبه و ثابت است، پس انرژی بالادست، H، تنها متغیر می‌شود. رابطه شدت‌جریان (Q) برای فلوم‌های ساده به صورت زیر ارائه شده‌است (رابطه سامانی).

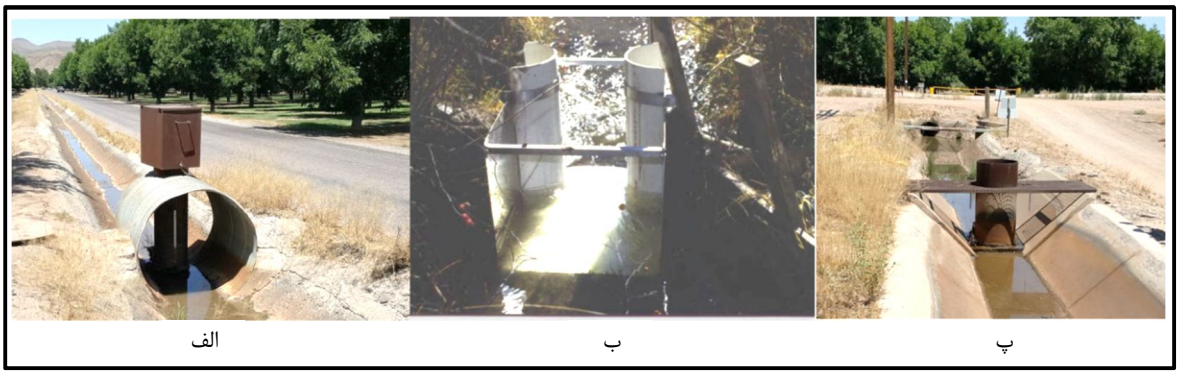
1- Samani and Magallanez

$$Q = a\left(B_c^{2.5}\right)\left(g^{0.5}\right)\left(\frac{H}{B_c}\right)^b \qquad (۱-۴)$$

که واحد Q به مترمکعب بر ثانیه ($\frac{m^3}{s}$)، B_c به متر (m)، g به متر بر مربع ثانیه ($\frac{m}{s^2}$) و H به متر (m) است. a و b ضرایب تجربی هستند که با آزمون‌های انجام گرفته بر روی مدل‌های آزمایشگاهی تعیین و در جدول (۴-۴) ارائه شده است.



شکل ۴-۲۲- انواع فلوم‌های ساده. (الف) فلوم مدور (ب) مستطیلی (S-M) (پ) مدول ذوزنقه‌ای



شکل ۴-۲۳- تصاویر فلوم‌های ساده اجرا شده. (الف) فلوم مدور (ب) مستطیلی (S-M) (پ) مدول ذوزنقه‌ای

جدول ۴-۴- ضرایب مربوط به فلوم‌های ساده گلو کوتاه در رابطه سامانی

نوع فلوم ساده	a	b
مدور	۰/۴۲۱	۲/۳۱
مستطیلی (S-M)	۰/۷۰۱	۱/۵۹
ذوزنقه‌ای	۰/۲۲۶	۱/۵۱

۴-۵-۵- فاکتورهای قابل توجه در انتخاب فلوم

ابعاد پارشال فلوم به وسیله عرض گلوگاه، طراحی می‌گردد و امکان عبور مقدار جریان‌های مشخص از پارشال فلوم‌ها با ابعاد استاندارد متفاوت، وجود دارد. در انتخاب اندازه مناسب پارشال فلوم، علاوه بر پیش‌بینی مقادیر جریان نرمال و حداکثر، باید عوامل دیگری مانند عرض گلوگاه، جنبه اقتصادی و ابعاد کانال مدنظر قرار گیرد. از نظر فایده اقتصادی،

معمولا کوچک‌ترین فلوم با ظرفیت کافی انتخاب می‌شود، اما انتخاب نهایی به طور طبیعی بر اساس ابعاد کانال اصلی صورت می‌گیرد. به عنوان مثال اگر پارشال فلوم با اندازه ۶۰ سانتی‌متر (۲ فوت) می‌تواند مقدار جریان را بدون لبریز شدن کانال بالادست یا استغراق آبگیرها، عبور دهد، اما از نظر نصب در کانال با حفظ شرایط هیدرولیکی مناسب و پرهیز از هزینه‌های اضافی ساخت تبدیل‌های بالادست و پایین‌دست این سازه، شاید لازم باشد از فلوم با اندازه ۹۰ سانتی‌متر یا ۱/۲متر (۳ یا ۴ فوت) استفاده شود. ابعاد فلوم‌ها با اندازه گلوگاه از ۲/۵ سانتی‌متر تا ۲/۵متر (۱ اینچ تا ۸ فوت) قابل تولید یا ساخت هستند که این فلوم‌ها می‌توانند شدت‌جریان‌های کم‌تر از ۱ لیتر بر ثانیه تا ۴ مترمکعب بر ثانیه را پوشش دهند.

لازم است اندازه سازه پارشال فلوم از روی جدول (۴-۵) بنا بر میزان آبدهی کمینه و بیشینه طراحی شده، مشخص گردد. معمولا این نوع سازه را بر مبنای اندازه عرض گلوگاه W مشخص می‌کنند.

جدول ۴-۵- محدوده بالا و پایین شدت جریان مورد اندازه‌گیری توسط پارشال فلوم‌ها

W	۱"	۲"	۳"	۶"	۹"	۱′	۱/۵′	۲′	۳′	۴′	۵′	۶′	۷′	۸′
Minflow(m^3/h)	۰/۹۵	۱/۹	۳	۵	۹	۱۱	۱۵	۴۳	۶۲	۱۳۳	۱۶۳	۲۶۵	۳۰۶	۳۵۷
Maxflow (m^3)(	۱۸	۵۱	۱۹۴	۳۹۸	۹۰۷	۱۶۴۱	۲۵۰۸	۳۳۷۴	۵۱۳۸	۶۹۲۲	۸۷۲۶	۱۰۵۵۱	۱۲۳۷۶	۱۴۲۲۱

برای محاسبه مقدار آبدهی جریان در پارشال فلوم‌ها در شرایط جریان آزاد و مستغرق به ضابطه شماره ۱۰۶[1] سازمان برنامه و بودجه کشور مراجعه شود.

۴-۵-۶- موارد بحرانی در نصب، بهره‌برداری و نگهداری فلوم‌ها

برای حصول اطمینان از دقت اندازه‌گیری جریان آب در فلوم‌ها، باید شرایط زیر وجود داشته باشد:

- جریان عبوری باید به خوبی در مقطع کانال توزیع شده و به نسبت فاقد تلاطم، گرداب و موج باشد. در غیر این صورت، برای اصلاح الگوی نامناسب جریان، ممکن است نیاز به تعمیق، تعریض یا ساخت موانع انرژی‌گیر و دیگر ابزار آرام‌کننده در مسیر جریان، باشد.
- یک فلوم باید در یک مسیر مستقیم از کانال روباز استقرار یابد، بدون این‌که قوسی بلافاصله در بالادست آن باشد.
- بالادست نزدیک به فلوم، باید فاقد آشغال و رسوب باشد. اگر فلوم به درستی نصب شده باشد، تجمع رسوبات به حداقل می‌رسد؛ زیرا قسمت همگرای بالادست فلوم، سرعت جریان ورودی را زیاد کرده و بنابراین تجمع رسوبات را کاهش می‌دهد.

۱- ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی: اندازه‌گیرهای جریان

- پی و دیواره‌های محل نصب باید به قدر کافی پایدار و مستحکم بوده و مانع عبور جریان از کناره سازه و فرسایش آن‌گردد.
- اندازه‌گیری جریان یا اندازه‌گیری تراز سطح آب در فلوم‌ها باید در محدوده مقدار جریان و تراز سطح آب معین فلوم انتخابی استاندارد، صورت گیرد.
- به‌طورکلی، نباید یک موقعیت دارای سرعت جریان زیاد برای نصب فلوم انتخاب شود. اما اگر در بالادست فلوم، جریان زیربحرانی، آرام، بدون حباب و موج باشد، احتمالا دقت آن، چندان تحت تاثیر سرعت جریان قرار نمی‌گیرد. سرعت زیاد جریان در ورودی فلوم ممکن است خطایی تا ۴ درصد شدت‌جریان ایجاد نماید.
- ارتفاع آزاد کانال در بالادست محل نصب، باید به اندازه کافی در نظرگرفته شود تا افزایش ارتفاع آب ناشی از نصب فلوم را داشته باشد.
- هر چند افت بار آبی (انرژی) در فلوم نسبت به سرریزها کم‌تر است، ولی باید یادآوری گردد که ممکن است در نصب فلوم‌های بزرگ افت انرژی قابل توجهی به وجود آید.
- شیب حداقل در مقطع پایین‌دست برای حفظ جریان بحرانی در گلوگاه و اجتناب از استغراق فلوم، ضروری است. از شرایط استغراق باید اجتناب گردد زیرا دقت، حتی تحت شرایطی که کنترل خوبی برقرار است، می‌تواند بسیار کم شود (بالای ۱۰ درصد). در بعضی شرایط که فلوم مستغرق است یک جدول دسته‌بندی با یک خطای زیر ۲۰ درصد برای شدت‌جریان‌های فهرست شده قابل محاسبه است.
- با وجود این‌که شیب کم به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر دقت فلوم اثر نمی‌گذارد، فلوم باید در هر دو جهت طولی و عرضی، مسطح و تراز باشد. گاهی اوقات یک فلوم با شیب کمی نصب می‌گردد تا نقطه صفر میله اندازه‌گیری را به گونه‌ای اصلاح کند تا هم‌ارتفاع با سطح گلوگاه فلوم شود. اگر فلومی داخل نهر خاکی نصب گردد، کف فلوم همیشه باید بالاتر از کف نهر قرار گیرد. اگر فلوم در یک نهر بتنی با شیب یکنواخت مسطح نصب گردد، فلوم ممکن است مستغرق گردد. اگر چنین موردی باشد، فلوم باید بالاتر از کف کانال قرار گیرد. خطایی برابر ۳ میلی‌متر (حدود یک هشتم اینچ) در تنظیم فلوم یا نقطه صفر میله اندازه‌گیری به‌همراه خطایی برابر با ۱ میلی‌متر در خواندن میله اندازه‌گیری، می‌تواند به خطایی معادل ۸ درصد در تعیین شدت‌جریان برای جریان متوسط در فلوم ۲ اینچی، منجر گردد.

به طور خلاصه، دامنه دقت کلی، ۳ تا ۱۰ درصد از مقدار جریان در فلوم‌ها می‌تواند تحت تاثیر موارد زیر باشد:

- نصب یا ساخت نادرست فلوم
- موقعیت نامناسب اندازه‌گیری سطح انرژی
- استقرار ناصحیح صفر نشان‌گر
- خطا در تبدیل اندازه‌گیری به شدت‌جریان
- انتخاب نامتناسب فلوم با جریان

- امواج متلاطم در کانال دسترسی
- شرایط ضعیف خروجی

حتی در بهترین شرایط محیطی دلخواه، اندازه‌گیری مقدار آب، در معرض خطاهایی است. این خطاها باید و می‌تواند با برنامه منظم واسنجی، نگهداری مناسب و انجام واسنجی مجدد کلیه وسایل اندازه‌گیری به صورت برنامه‌ریزی شده، در حداقل نگه‌داشته شوند.

پارشال فلوم‌ها اساسا باید بدون آشغال و جلبک باشند. در بعضی موارد لازم است سایه‌بانی بر روی قسمت گلوگاه فلوم نصب شود تا موجب کاهش رشد جلبک‌ها گردد. رنگ‌های با پایه مسی که به عدم چسبندگی جلبک‌ها در سطح گلوگاه فلوم کمک می‌کنند، قابل دسترس و مفید هستند. فلوم‌ها باید به طور متناوب از لحاظ تراز بودن سازه کنترل شوند تا از دقت قرائت در اندازه‌گیری جریان، اطمینان حاصل شود. قسمت بالا یا کف انتقال‌دهنده باید متناوب برای واسنجی مناسب یا اطمینان از این‌که نقطه مرجع صفر، در ارتفاع مشابه مقطع گلوگاه است، بازرسی شود.

باید اطمینان حاصل نمود که جدول تبدیل سطح آب اندازه‌گیری‌شده به مقدار جریان، با فلوم مورد استفاده، انطباق دارد و این‌که واحد اندازه‌گیری مقدار جریان با جریان کل، مناسب انتخاب شده است.

۴-۶- سازه‌های با کارکرد روزنه

۴-۶-۱- تعریف و طبقه‌بندی روزنه‌ها

روزنه‌ای که به عنوان ابزار اندازه‌گیری به‌کار می‌رود، یک دهانه لبه تیز با شکل هندسی معین، در یک دیواره مسیر جریان است که آب از داخل آن عبور می‌کند. روزنه‌ها وقتی می‌توانند برای اندازه‌گیری آبدهی استفاده شوند که شکل و اندازه روزنه و نیز بار آبی مشرف به آن معلوم باشد. برای استفاده در آبیاری، روزنه‌ها معمولا دارای شکل مدور یا مستطیلی هستند و به طور کلی در سطوح قائم، عمود بر جهت جریان کانال قرار می‌گیرند.

روزنه در شرایط استغراق و تخلیه آزاد، تقریبا آبدهی (بده) یکسانی دارد. استغراق یک روزنه، قابلیت اندازه‌گیری جریان‌های نسبتا بزرگ را با افت اندکی در سطح آب فراهم می‌کند. در روزنه مستغرق، اندازه‌گیری بار آبی بالادست و پایین‌دست ضروری است و تفاضل این دو بار آبی، در معادله روزنه به‌کار می‌رود. درحالی‌که در جریان آزاد فقط به اندازه‌گیری بار آبی بالادست نیاز است.

استفاده از روزنه به عنوان ابزار اندازه‌گیری آب، توجه به ابعاد و مهارت در ساخت را می‌طلبد و روزنه باید دقیقا شبیه شرایطی باشد که هنگام واسنجی وجود داشته است. ضرایب معادله به این جزییات بستگی دارد و می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. در چند دهه گذشته از سازه‌های دو دریچه‌ای با نام C.H.O استفاده می‌شد. (ضابطه شماره ۱۰۶ سازمان برنامه و بودجه کشور)

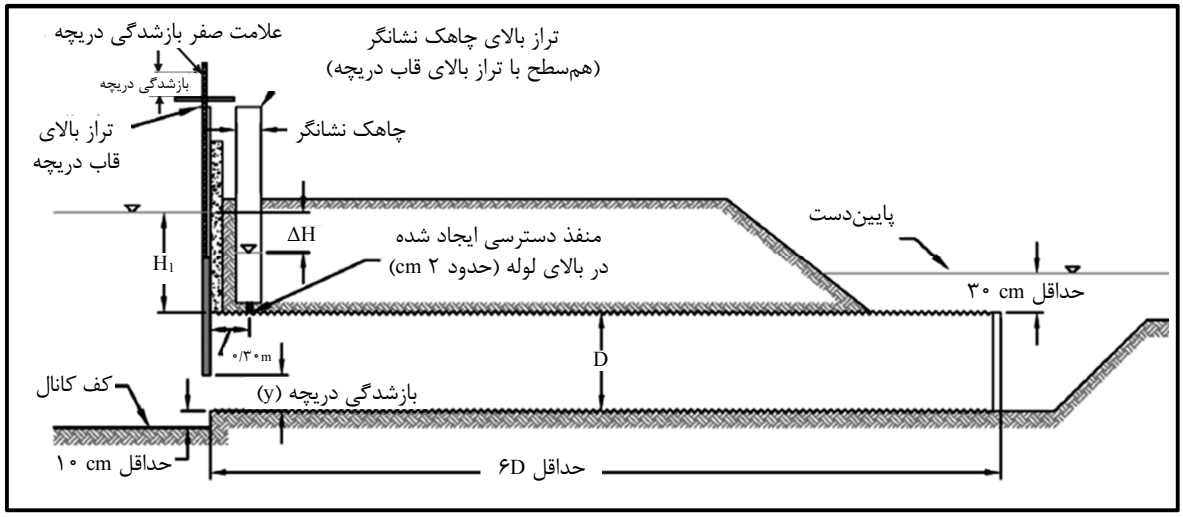
در حال حاضر سازه‌های دو روزنه‌ای با بار ثابت (C.H.O)، به دلایل مختلف مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، اما معایب آن رفع شده و با همان منطق روش روزنه مستغرق، در چند نوع از جمله سازه‌ای به نام دریچه‌ی اندازه‌گیر، در حال حاضر در سطح وسیع در ایالت کالیفرنیا استفاده می‌شود.

۴-۶-۲- دریچه‌های اندازه‌گیری

دریچه اندازه‌گیری[1]، سازه‌ای است با یک دریچه قائم قابل تنظیم مستطیلی یا دایره‌ای شکل که جریان ورودی به خط لوله آبگیری را کنترل می‌کند. برای اندازه‌گیری بار آبی پایین‌دست، چاهک اندازه‌گیری مخصوصی (چاهک نشان‌گر[2]) را در پایین‌دست چهارچوب دریچه نصب می‌کنند. زمانی که دریچه باز است و افت فشار بین کانال و چاهک مشخص است، با کمک جدول مشخصات هیدرولیکی، آبدهی قابل محاسبه است. (شکل ۴-۲۴). شرایط سازه‌ای و هیدرولیکی مناسب این سازه به قرار زیر است:

- لوله مستغرق باشد و همچنین تراز آب باید در چاهک اندازه‌گیری پایین‌دست تا تراز قابل اندازه‌گیری بالا رود.
- استغراق کافی در بالادست مورد نیاز است. تراز آب مورد نیاز در کانال و بالای ورودی لوله باید حداقل برابر با نصف قطر دریچه (لوله) باشد. به‌طور مثال، در لوله‌ای به قطر ۳۰ سانتی‌متر، تراز آب در کانال تغذیه باید حداقل ۱۵ سانتی‌متر بالاتر از لبه بالایی لوله باشد.
- میزان بازشدگی دریچه، توسط تغییرات محور جابه‌جا کننده[3]، اندازه‌گیری می‌شود و در نمودارهای واسنجی مشخص می‌گردد. مقدار صفر بازشدگی دریچه باید به درستی مشخص و روی این محور علامت‌گذاری شود.
- سازه «دریچه اندازه‌گیر» با سایر دریچه‌های متداول در کانال‌ها و دریچه‌های کشویی، این تفاوت را دارد که چاهک اندازه‌گیری (چاهک نشان‌گر) بلافاصله در پایین‌دست دریچه قرار دارد. بنابراین سطح آب پایین‌دست، می‌تواند اندازه‌گیری شود.

1- Meter Gates
2- Stilling Well
3- Shaft

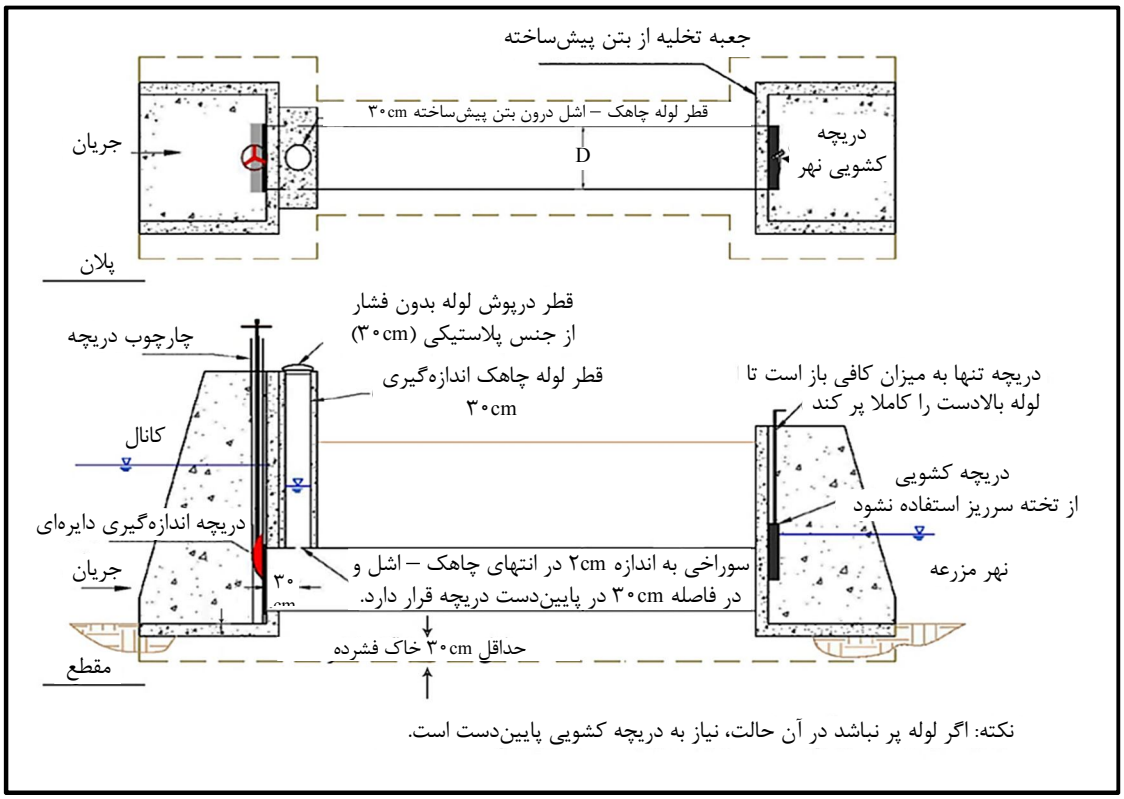


شکل ۴-۲۴- نصب مناسب دریچه‌های اندازه‌گیری

- چاهک اندازه‌گیری باید دارای قطر کافی برای آرام کردن جریان آشفته باشد و بهره‌بردار باید بتواند درون آن را ببیند. پیشنهاد می‌شود قطر چاهک اندازه‌گیری ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و قطر منفذ (سوراخ) دسترسی چاهک در بالای لوله تقریبا ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر انتخاب شود.
- توصیه می‌شود اندازه‌گیری اختلاف بار آبی (اختلاف ارتفاع بین تراز آب در کانال و تراز آب در چاهک-نشان‌گر) ساده‌سازی شود. به عبارت دیگر برای هر دو اندازه‌گیری یک مبنا (تراز پایه یکسان) تعیین شود.
- شکل (۴-۲۵) یک چاهک اندازه‌گیری را نشان می‌دهد که در ارتفاع یکسان با چارچوب دریچه و با قطر مناسب به درستی جاگذاری شده است. بالای چاهک اندازه‌گیری باید هم ارتفاع با بالای بدنه دریچه (در محلی که پایه مهره‌ها چفت می‌شوند) یا یک نقطه مبنای دیگر باشد. سپس در بالادست باید فاصله بالای چارچوب دریچه از سطح آب و در پایین‌دست باید فاصله بالایی چاهک اندازه‌گیری از سطح آب برداشت شود.
- لازم است دسته دریچه به روشنی علامت زده شود تا بهره‌بردار زمانی که دریچه را باز می‌کند، موقعیت نقطه صفر بازشدگی دریچه را بداند. در مزرعه اغلب آسان‌تر است که یک بریدگی به فاصله یک سانتی‌متر (۰/۵ اینچ) در بالای چرخ دنده دریچه ایجاد نمود. سپس بهره‌بردار همیشه باید بازشدگی دریچه را از بالای چرخ دنده بالابرنده تا کف بریدگی اندازه بگیرد.
- منفذ اندازه‌گیری باید بالای لوله و در فاصله ۳۰ سانتی‌متری (۱۲ اینچ) وجه پایینی دریچه (پایین‌دست) قرار بگیرد. با این‌حال نیاز نیست که چاهک اندازه‌گیری در مرکز گودال دسترسی، بالای لوله تخلیه قرار بگیرد. به طور کلی، بهتر است چاهک اندازه‌گیری نزدیک بدنه یا دیواره دریچه قرار بگیرد، این‌گونه می‌توان آن را تغذیه کرد.
- در صورت استفاده از لوله‌های خرطومی (لوله‌های موج‌دار- پلیمر)، منفذ اندازه‌گیری باید در بالای موج آن قرار گیرد. نزدیک‌ترین تاج در فاصله ۳۰ سانتی‌متری (۱۲ اینچ) مناسب‌ترین محل برای جای‌گذاری منفذ اندازه‌گیری است.

- در صورت امکان، می‌توان از سازه‌های پیش‌ساخته که با توجه به شرایط محل اجرا، به دقت طراحی و ساخته شده‌اند نیز استفاده کرد. برای مثال نقشه یک دریچه اندازه‌گیری دایره‌ای که پایین‌دست آن از زیر جاده عبور می‌کند، در شکل (۴-۲۶) نشان‌داده شده‌است.

شکل ۴-۲۵- چاهک اندازه‌گیری با قطر، موقعیت و ارتفاع مناسب، نصب‌شده در دریچه اندازه‌گیری



شکل ۴-۲۶- نمونه‌ای از نقشه راهنمای نصب یک دریچه اندازه‌گیری با اجزای پیش‌ساخته در هر دو انتهای لوله، برای اجرا در زیر جاده

۴-۶-۲-۱- دریچه‌های کانال در شرایط جریان آزاد لوله تخلیه

در حالت ایده‌آل، دریچه اندازه‌گیری باید تحت شرایط مستغرق عمل کند تا به بالاترین دقت اندازه‌گیری دست پیدا کرد. چنانچه تراز آب پایین‌دست، پایین‌تر یا مساوی تراز بالای لوله آبگیری باشد، در شرایط نصب و اندازه‌گیری درست، سرعت جریان می‌تواند با دقت قابل قبولی (در بازه ٪۸± عدم قطعیت جریان) اندازه‌گیری شود.

تحت شرایط جریان آزاد، مقدار بار آبی بالادست برابر با فاصله‌ی بالای لوله دریچه آبگیری تا تراز آب بالادست است. اندازه‌گیری با دقت بسیار بالا با توجه به شکل دریچه ممکن است سخت باشد. در طول فصل‌های غیر آبیاری، نشان‌گر مدرج[1] می‌تواند دقیق‌تر نصب شود تا بار آبی بالای لوله‌های آبگیری را اندازه بگیرند. مادامی که تراز آب پایین‌دست هم تراز بالای لوله آبگیری یا پایین‌تر از آن در خروجی است، نیازی به اندازه‌گیری تراز آب پایین‌دست نیست.

در شرایطی که لوله تخلیه سازه اندازه‌گیر، نمی‌تواند مستغرق گردد، می‌توان با ساخت دریچه دومی در پایین‌دست، چنین شرایطی را ایجاد نمود. شکل (۴-۲۶) چنین راهکاری را نشان می‌دهد.

۴-۶-۲-۲- دقت، محدودیت و عدم قطعیت

- در صورت برآورده شدن شرایط زیر، دقت اندازه‌گیری بالایی (٪۵±) به‌دست می‌آید؛
- درصد بازشدگی دریچه بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد.
- ارتفاع استغراق بالادست بیش از نصف قطر لوله آبگیری باشد.
- بهترین موقعیت استقرار منفذ رابط چاهک اندازه‌گیری در فاصله ۳۰ سانتی‌متر پایین‌دست وجه دریچه باشد.
- لوله پایین‌دست دریچه اندازه‌گیر، لازم است کاملا پر باشد. سطح آب در چاه آرامش پایین‌دست باید به سطح قابل اندازه‌گیری، بالا بیاید. میزان استغراق پایین‌دست باید حداقل ۰/۳ متر باشد. برای این‌که اختلاف ارتفاع سطح آب بالادست و پایین‌دست (ΔH) بیش از ۰/۷۶ متر نشود، ممکن است مقدار استغراق بیش‌تری مورد نیاز باشد.

نقطه صفر بازشدگی دریچه باید به طرز مناسبی تعیین و بر روی شافت دریچه علامت گذاشته شود. این موضوع از جزییاتی است که دارای اهمیت بوده و باید به آن توجه گردد. نکات قابل توجه عبارتند از:

- تمام اندازه‌گذاری بازشدگی دریچه همانند علامت‌گذاری اولیه باید بعد از بازشدن دسته دریچه انجام شود. (درقسمت بالادست دسته). این به دلیل برخی حرکات و لغزش‌ها در شافت و دریچه است.

1- Staff Gauge

- قبل از این‌که خود دریچه کشویی به زیر (کف) لوله‌ها برسد، دسته دریچه مقداری حرکت به سمت بالا حرکت می‌کند. نمودارها بر پایه بازشدگی دریچه‌ها هستند و بستگی به جابه‌جایی دریچه از کف سازه ندارند. دریچه باید در زیر لوله کاملا بسته و از چهار طرف محصور شده باشد. این حالت یعنی موقعیت صفر نیست.
- باید راه بخصوصی برای اندازه‌گیری موقعیت یافت، زمانی که کف دریچه آشکارا به کف لوله می‌رسد، به عبارت دیگر زمانی که بازشدگی صفر است. این کار زمانی که کانال خالی است یا دریچه جدیدی نصب می‌گردد، به نسبت آسان است. دریچه باز می‌شود تا زمانی که یک ورقه نازک کاغذ بتواند بین کف دریچه و کف لوله قراربگیرد (موقعیت صفر). اگر کانال پر است «کولیس مخصوصی» برای بازشدگی خالص واقعی دریچه استفاده شود و نقطه صفر بر روی دسته دریچه از آن به بعد می‌تواند تعریف گردد.
- بهتر است برای ساده‌سازی در اندازه‌گیری افت با استفاده از دو وسیله اندازه‌گیری از یک سطح مبنای یکسان برای هر دو استفاده شود. در شکل (۴-۲۵)، چاهک اندازه‌گیری را مشاهده می‌کنیم که به خوبی در ترازی یکسان با چارچوب دریچه جایگذاری شده و دارای قطر مناسبی است. تراز اوج چاهک اندازه گیری باید برابر با اوج چارچوب دریچه باشد (در سطحی که مهره‌های بلند چفت می‌شوند). برای اندازه‌گیری تراز آب بالادست باید از سطح آب در نقطه اوج دریچه (تاج دریچه) استفاده شود و برای تعیین تراز آب پایین‌دست نیز باید از نقطه اوج (تاج) چاهک اندازه‌گیری استفاده کرد. ΔH برابر با اختلاف اندازه‌گیری تراز آب بالادست و پایین‌دست از سطح مبنا است.
- در بسیاری از موارد برابر بودن تراز آب چارچوب دریچه و چاهک اندازه گیری از ورود خرده آشغال و خاک به داخل چاهک و گرفتگی منفذ اندازه‌گیری جلوگیری می‌کند. این اتفاق در زمان لایروبی کناره‌های کانال و جاده دسترسی رخ می‌دهد. اگر ارتفاع دریچه به اندازه‌ای پایین باشدکه نخاله‌ها بتوانند وارد آن بشوند، در صورت عدم نیاز به اندازه‌گیری، درپوشی را بالادست چاه قرار می‌دهیم.

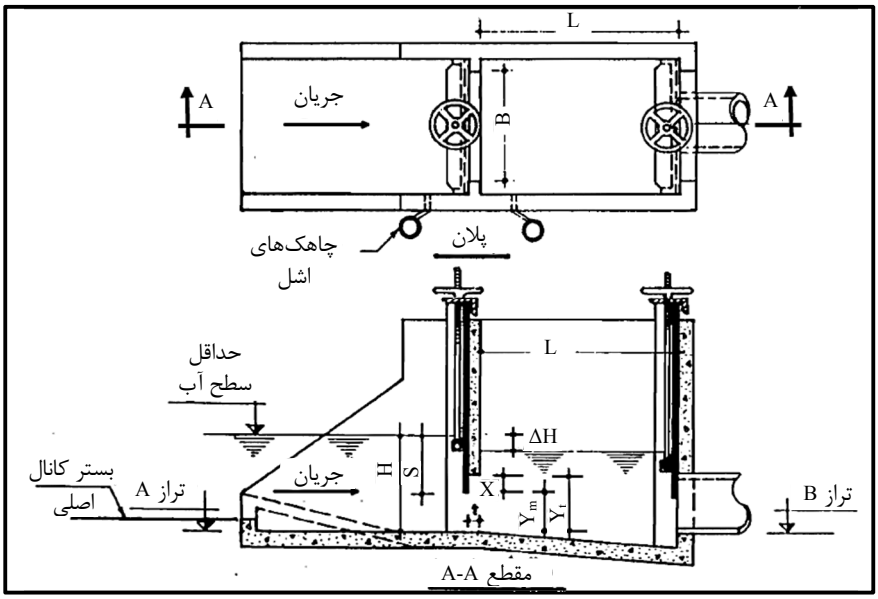
۴-۶-۳- روزنه با بار ثابت[1]، C.H.O (یا سازه‌های مشابه)

همچنان که گفته شد روزنه با بار ثابت، دارای دو دریچه اندازه‌گیر[2]، یا مجرای بازشونده متفاوت است (شکل ۴-۲۷). این دو دریچه برای اهداف متفاوتی استفاده می‌شوند:

- بیش‌تر دریچه‌های بالادست در یک موقعیت ثابت تنظیم می‌شوند. گاهی اوقات در بالادست، یک دریچه مستطیلی و گاهی اوقات فقط یک صفحه فلزی با روزنه مستطیلی است. بارآبی برابر با اختلاف تراز آب در طول روزنه است. (ΔH در شکل ۴-۲۷)

1- Constant-Head Orifice
2- Metergate

- دریچه پایین دست برای قطع و وصل جریان و تنظیم شدت جریان به کار می‌رود. همچنین تضمین می‌کند که روزنه بالادست مستغرق باقی بماند (تراز سطح آب پایین‌دست روزنه، بالای روزنه باشد). یکی از وظایف اصلی دریچه پایین‌دست، نگهداری اختلاف سطح دو طرف دریچه به اندازه بارآبی ثابت مورد نظر است.



شکل ۴-۲۷- طرح شماتیکی از دریچه‌هایC.H.O (طراحی شده با استاندارد USBR)

در حال حاضر به جای دریچه‌های طراحی شده بر اساس استاندارد USBR، دو مدل دریچه جایگزین پیشنهاد شده است:

- دریچه جایگزین C.H.O – دو روزنه تک دریچه

این دریچه از روزنه‌های مستطیلی بر روی دیواره خود بهره می‌گیرد. در این روش از یک روزنه با میزان بازشدگی قابل تنظیم که معمولا برای هر آبگیر در یک حالت (مشخص) تنظیم می‌شوند، استفاده می‌شود (شکل ۴-۲۸). در یک طرح اصلاح شده محل روزنه بالاتر از کف کانال است تا بتوان از فرمول‌های استاندارد (موجود در USBR) استفاده کرد.

شکل ۴-۲۸- یک دریچه روزنه‌ای مستطیلی (دریچه جلویی) که اندازه‌گیری جریان را ممکن می‌سازد، همزمان دریچه کشویی (دریچه پشتی)کنترل جریان را فراهم می‌کند

مثالی دیگر در شکل (۴-۲۹) نشان داده شده است که در این حالت روزنه قابل تغییر نیست (ابعاد ثابت).

شکل ۴-۲۹- یک روزنه ثابت

شرایط دستیابی با دقت ٪۲± دراندازه‌گیری جریان برای یک روزنه مستطیلی مستغرق انقباضی (مانند شکل ۴-۲۹) عبارتند از:

- لبه‌های بالادست روزنه باید مستقیم، تیز و صاف باشند.
- سمت بالادست و طرفین دهانه‌های روزنه باید عمودی (شاقول) باشند.
- لبه‌های بالایی و پایینی دهانه روزنه باید تراز باشند.
- هر اتصال دهنده موجود در بالادست صفحه روزنه یا بدنه باید تخت باشد.
- سطح روزنه باید عاری از روغن یا گریس باشد.
- ضخامت صفحه روزنه باید بین ۰/۸ تا ۲ میلی‌متر (۰/۰۳ تا ۰/۰۸ اینچ) باشد. صفحات ضخیم‌تر باید حداقل زاویه ۴۵ درجه با لبه وجه پایین‌دست داشته باشند.
- برای حذف سوراخ‌ها و خراش‌ها، لبه ورق‌های روزنه در قسمت عبوری جریان، باید به صورت عمود بر وجه بالادست روزنه، ماشین‌کاری و سوهان‌کاری شوند و به هیچ وجه نباید با استفاده از سنباده و ساینده‌ها، صاف و صیقلی شوند.
- در جریان مستغرق، تغییرات بار آبی باید حداقل ۶ سانتی‌متر (۰/۲ فوت) باشد.
- از ابعاد نشان داده شده در شکل (۴-۳۰) استفاده شود، $P > 2Y$، $Z > 2Y$ و $M > 2Y$

برای تعیین آبدهی عبوری از روزنه مستغرق از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q = C_d A(2g\Delta h)^{1/2} \qquad (۴-۲)$$

Q= شدت جریان برحسب متر مکعب بر ثانیه $(\frac{m^3}{s})$

C_d= ضریب تخلیه که برابر ۰/۶۱ است

g = شتاب گرانشی که برابر با ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه $(\frac{m}{s^2})$ است

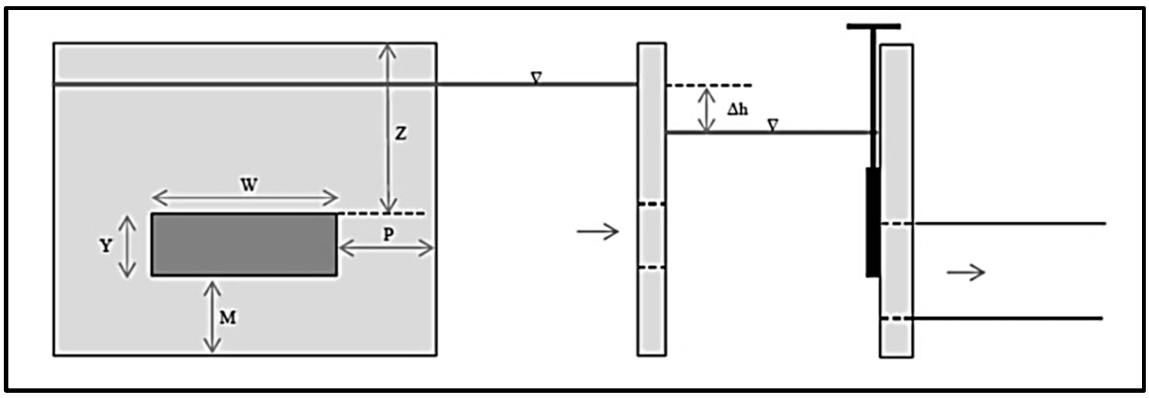
Δh = اختلاف بار آبی بر حسب متر (m)

A= سطح مقطع روزنه بر حسب متر مربع (m^2)

$$A = W \times Y \qquad (۳-۴)$$

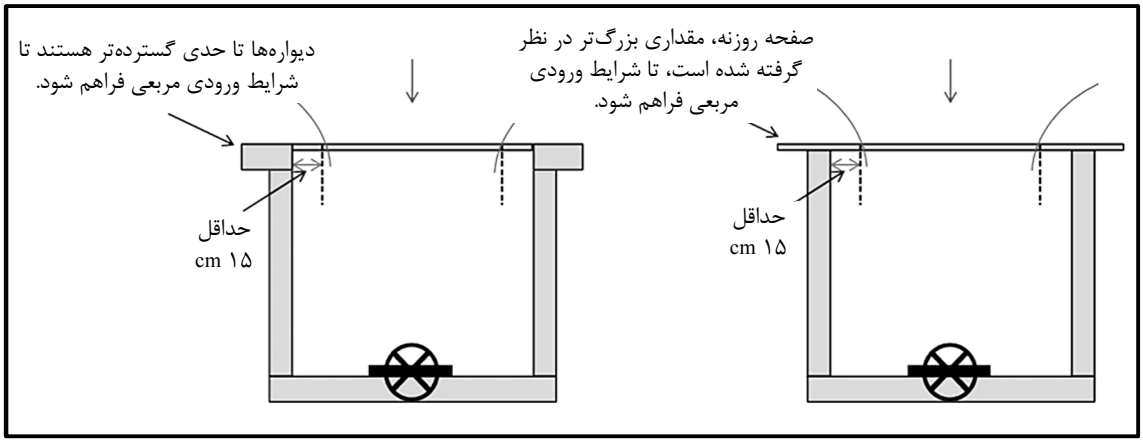
W= عرض دهانه روزنه بر حسب متر (m)

Y= ارتفاع دهانه روزنه بر حسب متر (m)



شکل ۴-۳۰- ابعاد روزنه مستطیلی کاملا مستغرق انقباضی

در یک روزنه مستطیل شکل مستغرق لبه تیز، در محلی که انقباض کامل در وجه‌های روزنه صورت می‌گیرد، ضریب تخلیه برابر با ۰/۶۱ است. پیشنهاد می‌شود که مقدار Y از W کوچک‌تر باشد تا عمق مناسب Z حفظ شود. این طراحی کمک می‌کند تا ورودی روزنه، صرف‌نظر از نوسانات سطح آب بالادست همواره مستغرق باقی بماند و همچنین شرایط ورودی جریان مناسبی فراهم شود (شکل ۴-۳۱).

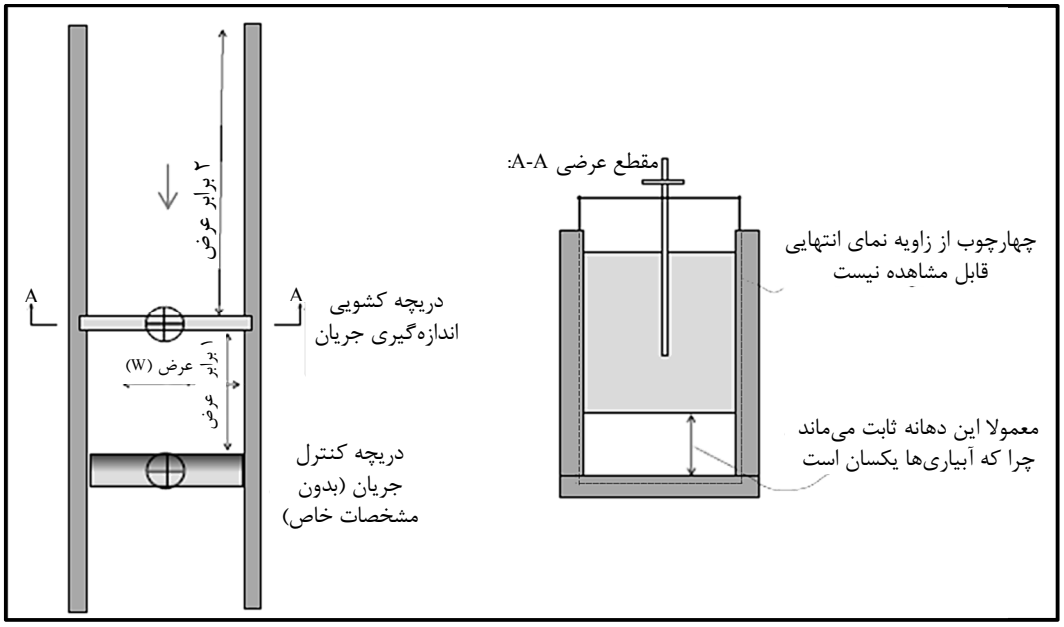


شکل ۴-۳۱- دستورالعمل ورودی روزنه (نما از بالا)

- دریچه جایگزین C.H.O (دو روزنه، دو دریچه با هندسه متفاوت)

در این حالت از یک دریچه کشویی به عنوان دریچه ورودی استفاده می‌شود. وجه تمایز این روش در این است که دهانه دریچه تخلیه از سه وجه محاط شده است که عبارتند از: دو وجه عمودی و کف. بدین معنا که هیچ قسمت از قاب

دریچه به داخل دهانه گسترش نمی‌یابد و کف کانال قبل، بعد و در طول دریچه کشویی، کاملا مسطح و هموار است (شکل۴-۳۲). این موضوع از این جهت اهمیت دارد که برای محاسبه سرعت جریان در دریچه‌های کشویی محاط شده، از ضرایب نسبتا دقیقی استفاده می‌شود. در نتیجه اگر تنگ‌شدگی و موانعی در کف یا از طرفین وجود داشته باشد، مقدار فشردگی جریان متفاوت خواهد شد و از تطبیق روابط نمی‌توان مطمئن شد.



شکل ۴-۳۲- تنظیمات دریچه کشویی برای اندازه‌گیری جریان. پلان در سمت چپ و نمای انتهایی در سمت راست. این مدل به عنوان دریچه‌کشویی جایگزین مدل C.H.O استاندارد USBR پیشنهاد شده‌است.

جریان عبوری از دریچه کشویی به وسیله معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{Gate} = C_d \times \sqrt{64.4 \times \Delta h} \times b \times W \qquad (۴-۴)$$

که در آن،

Q: بده جریان (متر مکعب بر ثانیه، m^3/s)

C_d: ضریب جریان دریچه

W: عرض دریچه بر حسب متر

b: دهانه دریچه (میزان بازشدگی)

Δh: تغییرات بار آبی بر حسب فوت= (عمق آب پایین‌دست- عمق آب بالادست)

$$C_d = 0.61 \times (1 + 0.15r), \qquad (۴-۵)$$

$$r = \frac{W + (b \times 2)}{(2 \times b) + (2 \times W)} \qquad (۴-۶)$$

به این ترتیب، C_d باید در محدوده ۰/۶ تا ۰/۹۵ باشد.

۴-۶-۴- سازه‌های تلفیقی

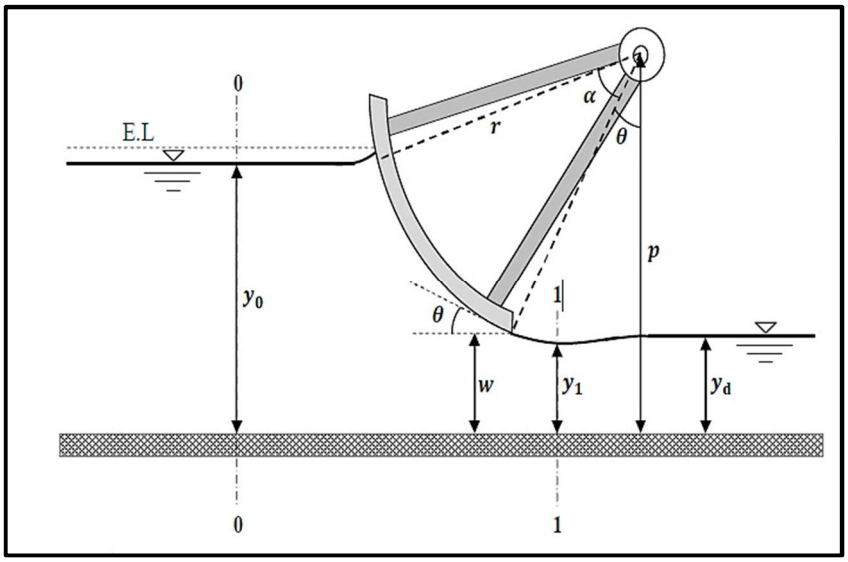
سازه‌های تلفیقی، از نظر هیدرولیکی، تلفیق روزنه و سرریز بوده و در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران که با اصول فرانسوی طراحی‌شده‌اند به دریچه‌های نیرپیک معروف هستند، در مورد این دریچه‌ها می‌توان به ضوابط شماره ۱۰۶، ۲۸۲ و ۶۹۹ سازمان برنامه و بودجه کشور مراجعه کرد.

از جمله نقاط ضعف دریچه‌های نیرپیک در ایران، آسیب‌پذیری سازه فلزی در مقابل عوامل جوی و شرایط کیفی آب و عوامل انسانی و تغییر پلکانی میزان آبدهی آن‌ها است. در این ضابطه منظور از دریچه‌های مدول نیرپیک همان نوع پرکاربرد در شبکه‌های ایران با طراحی شرکت فرانسوی نیرپیک است.

۴-۷- سازه‌های هیدرولیکی با کارکرد اندازه‌گیری

۴-۷-۱- دریچه‌های قطاعی با جریان آزاد

دریچه‌های قطاعی متداول‌ترین وسیله برای کنترل و تنظیم سطح آب در سرریز سدها وکانال‌ها است و برای آبدهی بیش از ۲/۵ مترمکعب بر ثانیه استفاده می‌شود. در شکل (۴-۳۳) دریچه قطاعی با جریان آزاد دیده می‌شود. در مواقعی که افت بار هیدرولیکی ناشی از نصب سازه اندازه‌گیری عملی و ممکن نباشد، می‌توان از سازه‌های هیدرولیکی موجود که کارکردی به غیر از اندازه‌گیری دارند، برای اندازه‌گیری بهره برد. لازم به توضیح است که اگر چه روش‌های زیر دقت سازه‌های مخصوص اندازه‌گیری را ندارند، ولی به عنوان نقاط اندازه‌گیری کمکی و جهت ارزیابی عملکرد سازه‌های هیدرولیکی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۴-۳۳- جزییات عبور جریان از زیر دریچه قطاعی در حالت آزاد

دراین شکل w ارتفاع بازشدگی دریچه، y_0 و y_d به ترتیب عمق آب در بالادست و پایین‌دست دریچه، y_1، عمق آب در مقطع فشردگی، p ارتفاع محور دریچه، r شعاع دریچه و θ زاویه لبه دریچه است.

ضریب انقباض (فشردگی) جریان به صورت زیر است:

$$C_c = \frac{y_1}{W} \qquad (۷-۴)$$

می‌توان شدت جریان عبوری از زیر دریچه قطاعی را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$Q = C_e b\{2g(y_0 - y_d)\}^{1/2} \qquad (۸-۴)$$

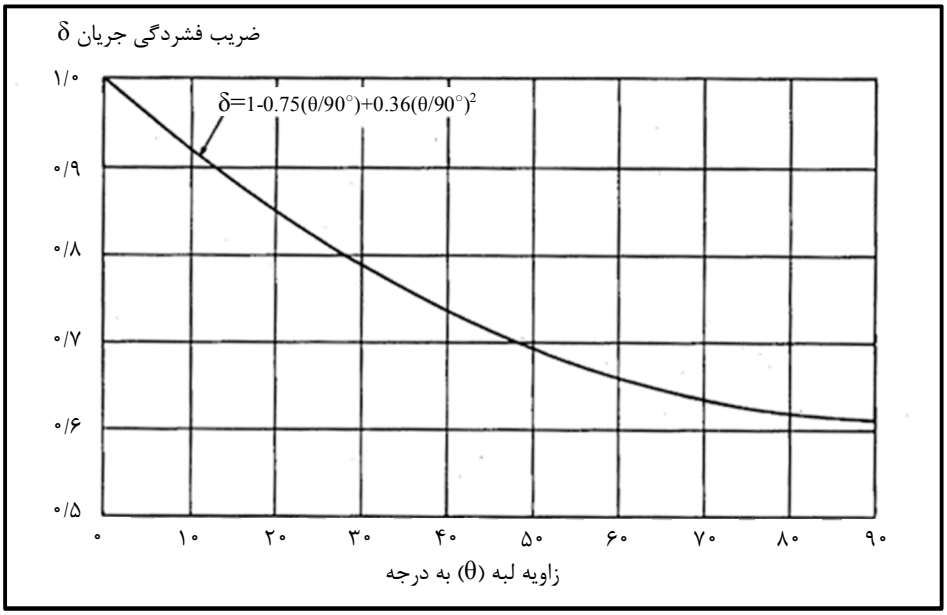
که b برابر با عرض دریچه و C_e؛ ضریب جریان در شرایط مستغرق از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_e = \frac{\delta}{\sqrt{1-\left(\frac{\delta w}{y_0}\right)^2}} \qquad (۹-۴)$$

که مقدار δ، ضریب فشردگی جریان در شرایط غیر مستغرق، از شکل (۴-۳۴) به‌دست می‌آید.

- محدودیت‌های استفاده از دریچه قطاعی به عنوان اندازه‌گیر جریان

- نسبت گشودگی دریچه $(\frac{W}{y_0})$ نباید از ۸۰ درصد تجاوز کند $(\frac{W}{y_0} < 0.8)$.
- لبه پایین دریچه باید افقی و تیز باشد.
- ارتفاع آب باید در مستطیل بالادست محل نصب دریچه اندازه‌گیری شود.
- سازه، طراحی هیدرولیکی صحیحی داشته باشد.



شکل ۴-۳۴- اثر زاویه لبه دریچه قطاعی روی ضریب فشردگی

با این همه درصورتی‌که مراتب زیر رعایت گردد، صحت و اعتبار اندازه‌گیری‌های جریان دراین سازه مورد اطمینان خواهد بود:

- ساخت چاهک آرامش در کناره خارجی ساحل چپ کانال جهت نصب یک نشان‌گر که صفر آن با آستانه رگلاتور تطبیق داشته باشد. این کار به منظور دست یافتن به ارتفاع صحیح آب در بالادست سازه پیشنهاد می‌شود.
- نصب یک نشان‌گر بر روی شیب بدنه ساحل چپ در پایین‌دست سازه در جایی که جریان آب بدون تلاطم است، این‌کار به منظور ثبت رقوم آب در پایین‌دست می‌باشد.
- واسنجی سازه در یک مقطع مناسب در پایین‌دست (با به‌کار بردن روش سرعت- سطح) به وسیله یک مولینه دقیق به منظور این‌که رابطه ارتفاع- آبدهی و تهیه جدول سنجه به دست آید.

۴-۷-۲- روش تعیین سرعت متوسط

الف- جسم شناور

برای تعیین سرعت آب در روش دستی با تقریب زیاد، دو نقطه را در مسیر آب به طول ۲۰ تا ۳۰ متر که تقریبا مستقیم و عاری از علف و گیاهان آبی باشد، انتخاب می‌کنیم و جسمی را که تا حد امکان اثر باد بر آن کم‌تر باشد و مدور بوده و در آب شناور باشد، در ابتدای مسیر انتخاب شده انداخته و با کرنومتر فاصله زمانی را که جسم شناور به انتهای مسیر برسد، اندازه می‌گیریم. سرعت سطحی آب از فرمول زیر دست می‌آید.

$$V=\frac{l}{t} \qquad (۱۰-۴)$$

V = سرعت سطحی آب برحسب متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$)

t = فاصله زمانی برحسب ثانیه

l = طول مسیر برحسب متر

باید توجه کرد که سرعت جریان آب در دو طرف نهر کم‌تر و در وسط بیش‌تر است. همچنین سرعت آب در اعماق مختلف نهر متفاوت است؛ که بیش‌ترین سرعت در سطح آب و کم‌ترین آن در عمق نزدیک به کف کانال است. از این‌رو برای محاسبه سرعت، سرعت متوسط اندازه‌گیری می‌شود.

$$V_m = kV \qquad (۱۱-۴)$$

مقدار k به عمق آب بستگی دارد و حدودا ۰/۸ در نظر می‌گیرند.

V_m = سرعت متوسط

k = ثابت

V = سرعت سطحی

ب- میله شناور

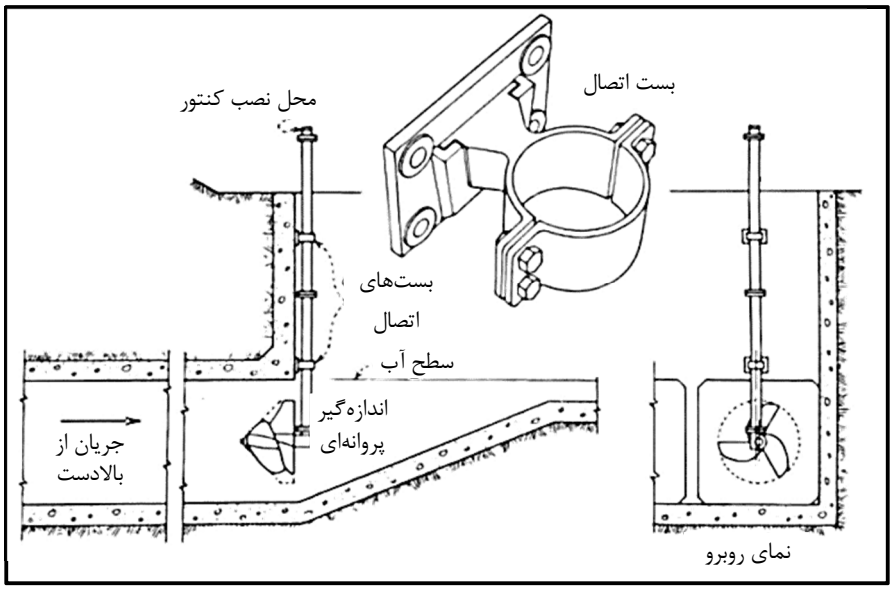
برای اندازه‌گیری سرعت متوسط آب در کانال‌ها از میله شناور که انتهای آن کمی سنگین است و در داخل آب به طور عمودی قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. در پاره‌ای موارد نیز به جسم شناور وزنه‌ای با نخ متصل می‌گردد که در این حالت هنگامی که جسم در آب انداخته شود اگر در عمق معادل ۰/۶ عمق آب از کف روخانه قرار گیرد سرعت حرکت جسم شناور در این وضعیت برابر با سرعت متوسط جریان آب (V_m) است.

ج- مولینه

مولینه یا سرعت‌سنج آب، عموما دارای پروانه‌هایی بوده که با جریان آب به گردش در آمده و توسط حس گر آهنربایی، تعداد دور چرخیدن پروانه در واحد زمان به‌دست می‌آید. سرعت آب از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$V = a \times bN \qquad (۱۲-۴)$$

که در این فرمول N تعداد چرخش پروانه در واحد زمان و a و b ضرایب مربوط به نوع سرعت‌سنج است و توسط کارخانه سازنده، در دفترچه راهنمای دستگاه گزارش می‌شود. در جریان‌های کم، سرعت‌سنج با میله اندازه‌گیری داخل آب کار گذاشته می‌شود، ولی در جریان‌های زیاد وزنه‌ای به سرعت‌سنج متصل شده و از بالا توسط کابل سیمی و جرثقیل در آب قرار می‌گیرد (شکل ۴-۳۵). محور پروانه‌ها در بعضی از مولینه‌ها، عمودی و در برخی افقی است.

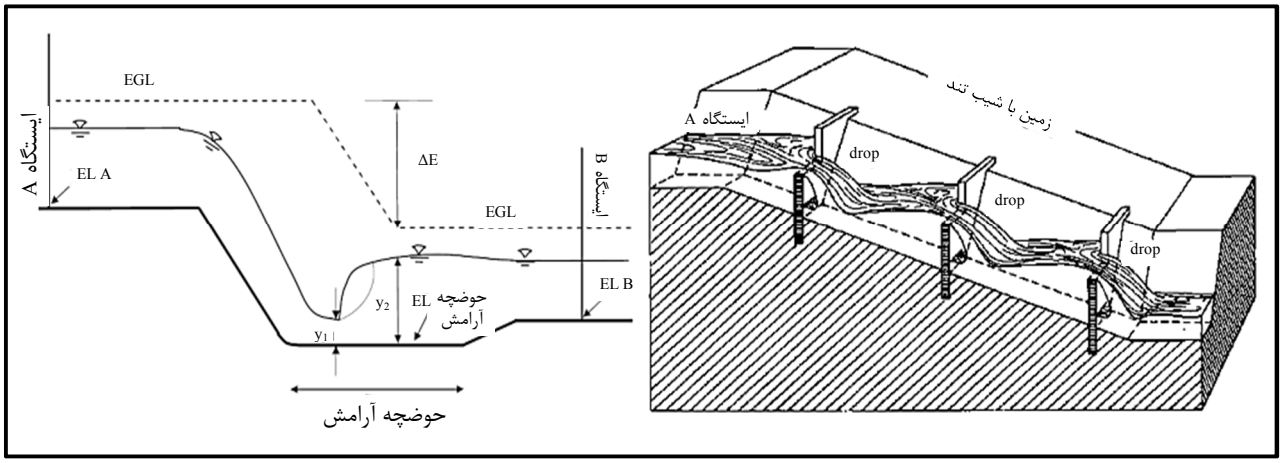


شکل ۴-۳۵- نمایی از یک اندازه‌گیر پروانه‌ای (مولینه)

۴-۷-۳- تنداب با کارکرد اندازه‌گیری

این سازه با به‌کار بردن روش سرعت- سطح واسنجی می‌شود. برای این کار باید از مولینه‌ای دقیق جهت تایید ضریب شدت‌جریان در فرمول جریان و نیز تعیین رابطه شدت‌جریان- ارتفاع در دامنه تغییرات ارتفاع آب روی تاج سرریز (ایستگاه A)، استفاده و بدین ترتیب، جداول سنجه برای این سازه تهیه شود. برای سهولت کار بهتر است یک چاهک در

بالادست تاج و نزدیک دیواره ترانزیشن چپ برای نصب ساخته شود. صفر نشان‌گر باید با تراز تاج در یک سطح قرار داده شود تا اندازه‌گیری صحیح ارتفاع امکان داشته باشد. شرایط جریان باید به صورت غیر مستغرق باشد.



شکل ۴-۳۶- نمایی از شیب‌شکن[1] (راست) و تندآب[2] (چپ)

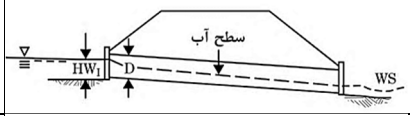
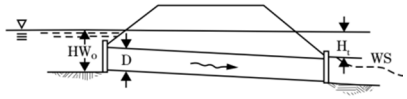
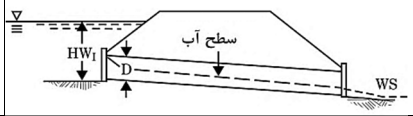
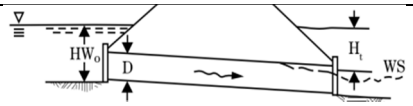
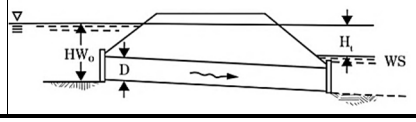
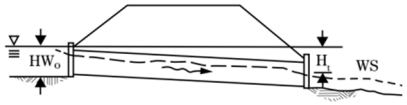
۴-۷-۴- اندازه‌گیری آبدهی در آبگذر

در آبگذرها[3]، اندازه‌گیری آبدهی به روش غیرمستقیم و از طریق رابطه بار آبی-آبدهی انجام می‌پذیرد. البته باید خاطر نشان کرد که هیچ روش غیرمستقیم تعیین آبدهی، دقتی مانند روش‌های اندازه‌گیری مستقیم را ندارد. در آبگذرها می‌توان اندازه‌گیری آبدهی را از طریق بار آبی بالادست و پایین‌دست، و دانستن نوع جریان در آبگذر (جدول ۴-۶) و مشخصات آبگذر با استفاده از نوموگراف‌ها تعیین کرد.

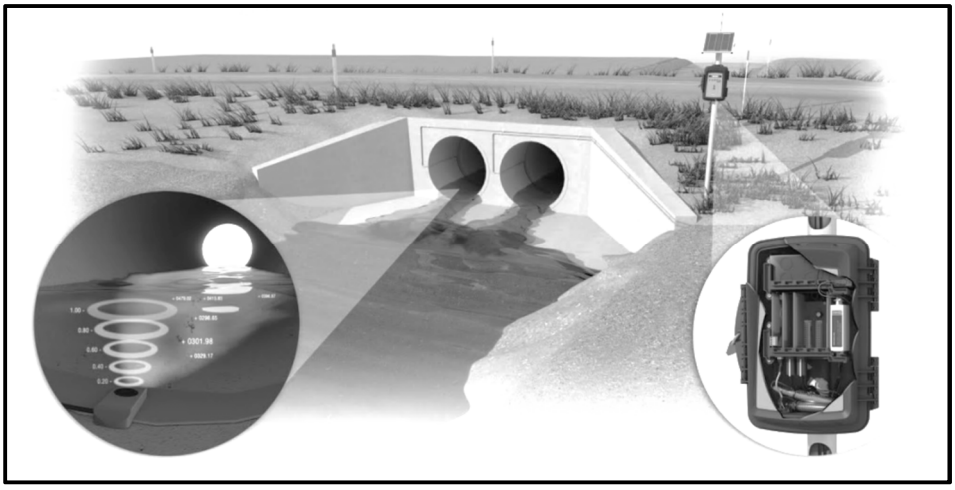
حضور آبگذر در مسیر جریان در کانال، موجب تغییر شدیدی در رفتار جریان آب می‌شود. معمولا جریان، هنگام رسیدن به آبگذر آرام و یکنواخت است. درحالی‌که، جریان درون آبگذر با توجه به نیمه‌پر یا کاملا پر بودن آن ممکن است آرام، بحرانی یا شدید باشد. جریان در آبگذرها به شش الگو تقسیم می‌شوند که کنترل جریان در آن‌ها با توجه به شرایط بالادست و پایین‌دست، یا از طریق مجرای ورودی[4] یا از طریق مجرای خروجی[5] صورت می‌گیرد (جدول ۴-۶). در جدول (۴-۶) درالگوهای ۱ و ۲، مجرای ورودی کنترل‌کننده[6] و در الگوهای ۳ تا ۶ مجرای خروجی کنترل‌کننده[7] است. HW_I و HW_o ارتفاع آب بالادست، به ترتیب برای شرایط کنترل ورودی و کنترل خروجی و H_t اختلاف بار آبی کل است.

1- Drop
2- Chute
3- Culverts
4- Inlet
5- Outlet
6- Inlet Contro
7- Outlet Control

جدول ۴-۶- تقسیم‌بندی شرایط جریان در آبگذرها

الگو	نما	الگو	نما
(۱) مجرای ورودی غیرمستغرق		(۴) جریان در مجرای خروجی کاملا پر	
(۲) مجرای ورودی مستغرق		(۵) لوله تا قسمتی پر	
(۳) مجرای خروجی مستغرق		(۶) جریان آزاد در لوله	

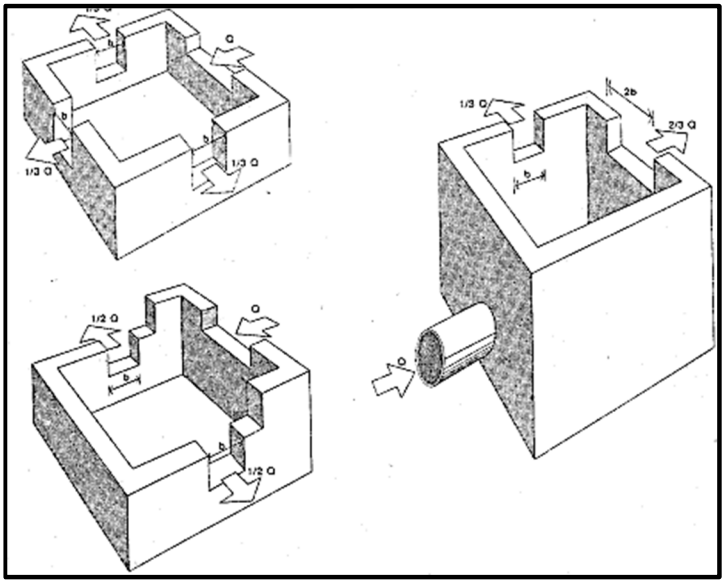
تجهیزات اندازه‌گیری جدید الکترونیکی نیز برای اندازه‌گیری دقیق جریان در آبگذرها ساخته شده‌اند که می‌توانند در شرایط نیمه پر، کاملا پر و جریان آزاد عمل‌کنند. اندازه‌گیرهای آلتراسونیک، لیزری و راداری از این دسته‌اند. نمونه‌ای از محل قرارگیری حس‌گر آلتراسونیک داپلری در یک آبگذر و تجهیزات آن در شکل (۴-۳۷) مشاهده می‌شود.



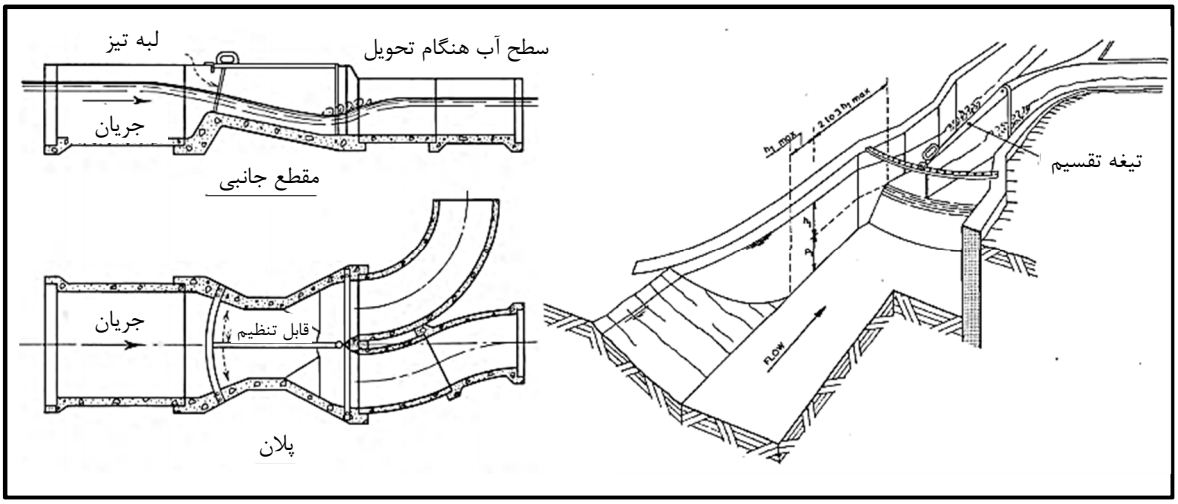
شکل ۴-۳۷- نمایی از تجهیزات الکترونیک با حس‌گر آلتراسونیک داپلری در اندازه‌گیری جریان آبگذر

۴-۷-۵- مقسم با کارکرد اندازه‌گیری

در هر کانال، جریان به نسبتی مشخص تقسیم می‌شود که این نسبت، وابسته به مساحت زمینی است که توسط آن کانال آبیاری خواهدشد. این تقسیم می‌تواند توسط مقسم ثابت (شکل ۴-۳۸) یا مقسم قابل تنظیم (شکل ۴-۳۹) که در واقع یک نوعی از سرریزها هستند، انجام‌گیرد. بنابراین هدف اصلی این سازه، ایجاد یک نسبت مشخص در شدت‌جریان خروجی در پایین‌دست است. در مقسم‌های ثابت نسبت آبدهی با توجه به خروجی‌ها، ثابت است و باید شدت‌جریان ورودی اندازه‌گیری شود.



شکل ۴-۳۸- مقسم ثابت



شکل ۴-۳۹- مقسم قابل تنظیم

فصل ۵

سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری در مجاری تحت فشار

۵-۱- کلیات

تجهیزات اندازه‌گیری کاربردی در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار در دست بهره‌برداری یا پیشنهاد داده شده توسط مراجع، در دو گروه مشخص زیر قابل طبقه‌بندی است:

- تجهیزات با مبنای سرعت - مساحت
  - کنتورهای مکانیکی حجمی
  - کنتورهای مکانیکی سرعتی
  - جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی
  - جریان‌سنج‌های آلتراسونیک
- تجهیزات با مبنای اختلاف فشار
  - ونتوری
  - شیپوره
  - روزنه
  - روش لوله کالیفرنیا
  - روش جت افقی
  - روش جت قائم

در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، تجهیزات اندازه‌گیری جریان در خطوط لوله با توجه به اهداف آن، مشابه شبکه آبیاری ثقلی به دو نوع زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

الف - اندازه‌گیری پیوسته - حجمی

در اندازه‌گیری پیوسته، تغییرات آبدهی (شدت‌جریان) وجود داشته و «حجم» آب عبوری اهمیت ویژه‌ای دارد. در مواردی که تعیین حجم آب عبوری در یک بازه زمانی مورد نیاز باشد، یا به طور مستقیم حجم آب عبوری از لوله اندازه‌گیری می‌شود یا با اندازه‌گیری‌های سرعت یا شدت جریان‌های لحظه‌ای در یک بازه زمانی و در نظر داشتن مساحت سطح مقطع عبور جریان، حجم آب عبوری برآورد می‌شود. دستگاه‌هایی که با اندازه‌گیری سرعت یا شدت جریان لحظه‌ای به صورت پیوسته، حجم آب را اندازه می‌گیرند و توسط شمارنده‌های مکانیکی یا مغناطیسی یا نمایش‌گرهای الکترونیکی، شدت جریان لحظه‌ای را به حجم آب عبوری تبدیل و نمایش می‌دهند، اصطلاحا «کنتور» گفته می‌شود. قدیمی‌ترین و متداول‌ترین کنتورها، کنتورهای مکانیکی و یکی از انواع پرکاربرد آن در خط لوله‌ها و گاهی در کانال‌های آبیاری، سرعت‌سنج پروانه‌ای است که دارای صفحه نمایشی برای نشان دادن تخمینی از شدت جریان لحظه‌ای و تخمین حجم کل در زمان معین است.

ب - اندازه‌گیری آبدهی لحظه‌ای

در شرایطی که تغییرات جریان در طول زمان کم بوده یا تغییرات جریان اهمیت نداشته باشد و در نتیجه نیاز به تداوم اندازه‌گیری جریان لحظه‌ای در طول زمان نباشد، در این موارد نیاز به تجهیزاتی برای اندازه‌گیری و ثبت جریان در طول زمان نیست. یکی از قدیمی‌ترین روش‌های اندازه‌گیری جریان لحظه‌ای، ایجاد یک مانع در لوله برای ایجاد افت فشار در مسیر جریان توسط ابزارهای اختلاف فشاری است. ابزارهای اندازه‌گیری به روش‌های اختلاف فشاری در واقع تغییر هندسی بخشی از لوله برای اندازه‌گیری جریان هستند. این روش‌ها برحسب شکل هندسی این تغییر، به انواع ونتوری، روزنه و شیپوره تقسیم‌بندی می‌شود. در این نوع ابزارها، مقدار جریان برحسب مقدار اختلاف فشار ایجاد شده، توسط یک رابطه ریاضی، نمودار یا جداول به‌دست می‌آید. سایر جریان‌سنج‌هایی که فاقد تجمیع‌کننده جریان باشند، می‌توانند در این گروه قرار بگیرند. جریان‌سنج‌های این گروه، نیاز به قرائت دوره‌ای توسط کارشناس برای محاسبه شدت جریان دارند. برخی از جریان‌سنج‌های این گروه، با پیشرفت‌های اخیر ابزارهای الکترونیکی و ریزپردازنده و با صرف هزینه بیش‌تر، قابلیت تجمیع حجم آب عبوری در فواصل زمانی متوالی را یافته‌اند. برای نمونه، اندازه‌گیری سطح آب در یک ونتوری‌متر می‌تواند توسط ابزارهای الکترونیکی اندازه‌گیری شده و داده‌ها به یک ثبت‌کننده محلی داده‌ها ارسال شود.

۵-۲- مشخصه‌های جریان‌سنج‌ها

امکانات و محدودیت‌هایی که در بررسی جریان‌سنج‌ها باید در نظر داشت، شامل موارد زیر می‌شود:

- میزان دقت اندازه‌گیری
- وسعت محدوده آبدهی قابل اندازه‌گیری
- میزان افت فشاری که توسط جریان‌سنج در مسیر جریان رخ می‌دهد
- میزان آسیب‌پذیری به فشار، درجه حرارت آب، فرسایش و رسوب
- میزان آسیب‌پذیری به شرایط محیطی مانند دما، رطوبت
- عدم وابستگی به انرژی‌هایی مانند الکتریسیته
- نیاز به واسنجی در محل اندازه‌گیری
- سازگاری با سایر اجزا خط لوله از نظر ابعاد و اتصالات موجود
- هزینه‌های اولیه و سرمایه‌ای
- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری
- نیاز به نیروی متخصص برای کاربری
- سهولت کاربری
- نیاز به واسنجی دوره‌ای

- بالا بودن عمر مفید جریان‌سنج
- درجه امنیت فیزیکی
- درجه حفاظت اطلاعات
- قابلیت تولید در داخل کشور
- قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور
- قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات
- سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌ها
- قابلیت نصب در لوله‌های مدفون

برخی از مشخصات جریان‌سنج‌ها مانند بالا بودن دقت کاری یا پایین بودن هزینه‌های اولیه به صورت مطلق مزیت محسوب می‌شوند، اما عمدتا در انتخاب یک جریان‌سنج، تمامی مزایا هم‌زمان تامین نمی‌شود و اغلب ممکن است در تضاد با یکدیگر باشند. چنانچه دو ویژگی یک جریان‌سنج با یکدیگر در تناقض باشد، برای مثال کنتوری با دقت کاری بالا، هزینه بالایی را به طرح اعمال کند، باید نیازها و شرایط اختصاصی طرح مدنظر قرار بگیرد. کارشناس طراح باید با توجه به نیازها و سایر ویژگی‌های طرح، مانند حداقل یا حداکثر دقت کاری مورد نیاز طرح، منابع مالی موجود طرح، محدودیت‌های مالی در دوره بهره‌برداری و نگهداری، سهولت کاربری مورد نیاز طرح و غیره و به روشی که در بند ۳-۷ ارائه شده است، اقدام به انتخاب جریان‌سنج نماید.

برخی دیگر از ویژگی‌های جریان‌سنج‌ها ممکن است به صورت نسبی و برای یک طرح خاص، مزیت محسوب شود. برای مثال قابلیت جابه‌جایی جریان‌سنج، سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج، قابلیت تشخیص جریان معکوس، قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگری به طور هم‌زمان، قابلیت نصب در لوله‌های مدفون، قابلیت اندازه‌گیری جریان در لوله نیمه‌پر (در خروجی زهکش‌های لوله‌ای)، ممکن است در طرح مورد نیاز باشد و این ویژگی‌ها برای جریان‌سنجی که نیازهای طرح را تامین نماید، نسبت به سایر جریان‌سنج‌ها، مزیت محسوب شود.

۳-۵- کنتورهای مکانیکی

کنتورهای مکانیکی به دلیل داشتن اجزایی در ارتباط با جریان آب، نسبت به مشخصه‌های هیدرولیکی جریان (فشار، ناخالصی‌های موجود در آب، اختلاط هوا با آب و ...) و شرایط محیطی (درجه حرارت، خورندگی و ساینده‌گی، ...) و به طور کلی نسبت به کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب، فرسایش و رسوب آسیب‌پذیرند.

۵-۳-۱- معیارهای موثر در کارکرد کنتورهای مکانیکی

الف- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب

منظور از مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب، نوع و مقدار املاح موجود (درجه سختی) و نیز درجه اسیدی یا قلیایی (اسیدیته) آب عبوری است. با وجودی که تقریبا تمامی کنتورهای مکانیکی برای حذف مواد معلق آب دارای فیلتر مخصوص هستند، اما املاح محلول در آب به مرور روی جداره‌های داخلی و قطعات رسوب می‌نماید. این اتفاق در آب‌های سخت و با املاح زیاد (به‌ویژه از نوع آهکی) زودتر رخ می‌دهد و منجر به کندشدن و در نهایت گیرکردن قطعات متحرک کنتور می‌شود که در چنین شرایطی استفاده از کنتورهای خشک توصیه می‌شود. درجه اسیدی یا میزان خورندگی آب با اسیدیته مشخص می‌شود. چنانچه قطعات داخلی کنتور با اسیدیته آب مصرفی هم‌خوانی نداشته باشد، قطعات سریع‌تر خورده شده و کنتور از کار می‌افتد. جنس قطعات داخلی کنتورهای مکانیکی معمولا برای اسیدیته بین ۶ تا ۸ طراحی و ساخته می‌شوند.

ب- شرایط هیدرولیکی آب

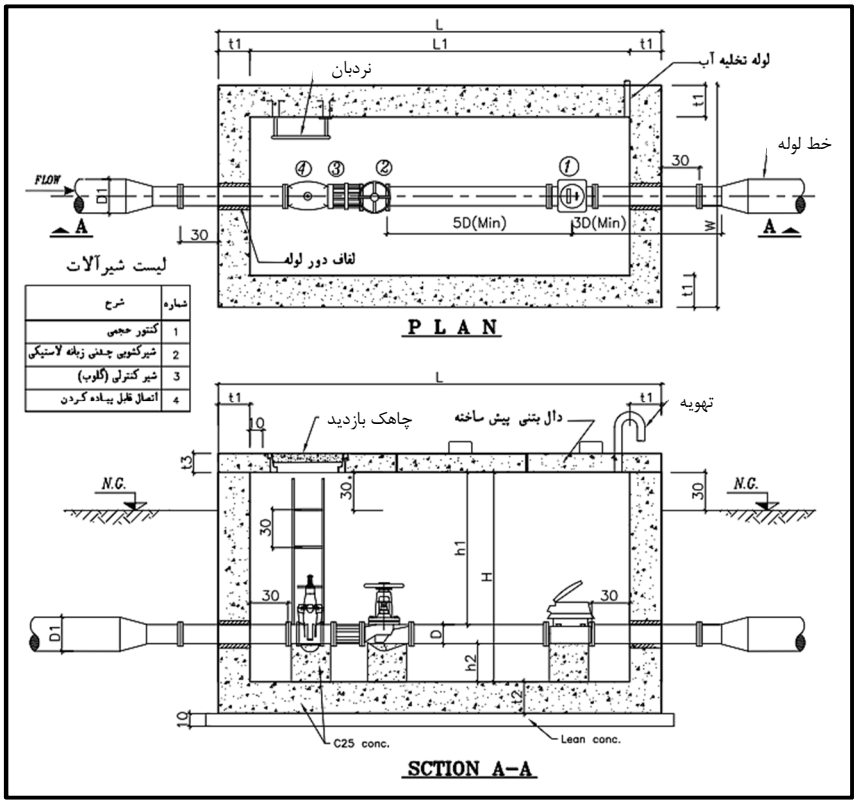
منظور از شرایط هیدرولیکی آب به معنای یکنواختی یا آشفتگی آب، احتمال تاثیر ضربه قوچ (چکش آبی)، ورود هوا به کنتور و غیره است. به‌طورکلی شرایط جریان آب بر روی عملکرد کنتورهای مکانیکی به ویژه کنتورهای نوع سرعتی، موثر است و آشفتگی جریان در اثر تغییر ناگهانی مسیر یا مقطع لوله، باعث کاهش دقت کاری آن‌ها می‌شود. بنابراین مواردی نظیر عدم اتصال زانویی یا شیر نیمه‌بسته به دهانه ورودی، جای‌گذاری صحیح واشر آب‌بندی در محل ورودی کنتور، عدم استفاده از واشرهای کوچک‌تر از قطر دهانه و نظایر این‌ها می‌تواند از آشفتگی جریان جلوگیری نماید. به وسیله نصب یک آرام‌کننده جریان یا یک تک لوله صاف و هم‌سایز قطر کنتور به طول حداقل ۵ برابر قطر لوله، قبل و ۳ برابر قطر لوله بعد از کنتور می‌توان جریان آب را به طور نسبی آرام نمود (شکل ۵-۱).

از دیگر عوامل موثر در عدم کارکرد صحیح و خرابی کنتورهای مکانیکی ورود هوا به داخل کنتور و بروز پدیده ضربه قوچ (چکش آبی) در خط لوله است. برای جلوگیری از ورود هوا باید کنتور در محلی نصب شود که همواره پر از آب باشد. پیشگیری از پدیده ضربه قوچ نیز با طراحی صحیح و نصب تجهیزات لازم در شبکه امکان‌پذیر است. جهت انتخاب ابعاد و مشخصات عمومی محل استقرار کنتورها، آرایش لوله‌ها قبل و بعد از آن‌ها و ملاحظات ایمنی نصب مربوطه، به دستورالعمل‌های وزارت نیرو از جمله «طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی - دستورالعمل نصب و راه‌اندازی کنتورهای هوشمند (حجمی آب و برق)» و «راهنمای جامع بهره‌برداری از تاسیسات آب و فاضلاب- جلد ۷» مراجعه شود.

ج- دمای کاری کنتور

جنس قطعات داخلی کنتورهای مکانیکی که عمدتا از مواد پلاستیکی است معمولا حرارت معینی را می‌تواند تحمل نماید، لذا درجه حرارت آب عبوری از کنتور نباید از حداکثر درجه حرارت مجاز تجاوز نماید و در هنگام انتخاب کنتور

باید به این پارامترهای مهم توجه نمود. در رابطه با حداقل درجه حرارت مجاز، هدف، جلوگیری از یخزدگی کنتور است که این عمل با انتخاب محل مناسب نصب امکان‌پذیر است.



شکل۵-۱- نقشه همسان نما از بالا و مقطع طولی حوضچه کنترل و اندازه‌گیری ابتدای مزارع

د- حداکثر فشار کاری کنتور

در هر کنتور، فشار آب عبوری نباید از حداکثر فشار مجاز کاری بیش‌تر شود. لازم به ذکر است که به منظور اطمینان از تحمل فشار کاری ذکر شده در مشخصات فنی باید کلیه کنتورهای تولیدی حداقل در ۱/۶ برابر فشار کاری مورد آزمون قرار گیرند.

ه- اندازه دهانه‌های ورودی و خروجی کنتور

انتخاب قطر دهانه ورودی یا خروجی بستگی به قطر خط لوله دارد. از طرف دیگر هر سایزی از کنتور معمولا برای ظرفیت مداوم کاری یا به عبارت دیگر جریان نرمال معینی طراحی شده است، بنابراین در انتخاب سایز باید میزان مصرف و ظرفیت نرمال مورد نیاز نیز در نظر گرفته شود.

و- دقت کاری با طبقه‌بندی کنتور

طبق استانداردهای مربوطه، دقت کاری کنتورهای مکانیکی، در چهار گروه A، B، C و D طبقه‌بندی می‌شوند. از آنجایی‌که اطمینان از عملکرد صحیح و مطابقت با استاندارد یکی از اصلی‌ترین معیارهای انتخاب کنتور است، از این‌رو

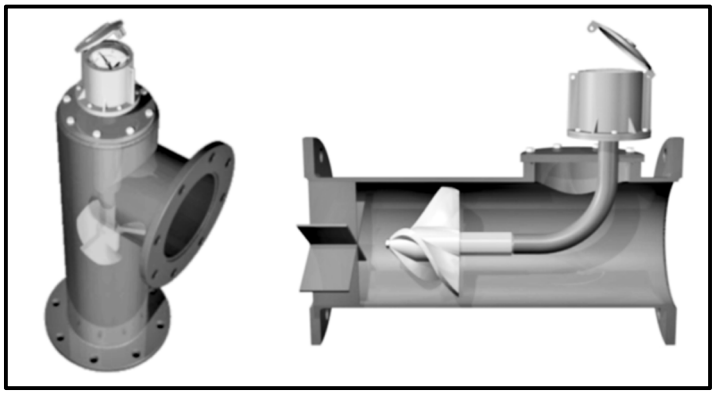
شفافیت و وضوح کامل در نحوه آزمون کنتورها، درخواست نتایج آزمون و انتخاب تصادفی برخی از کنتورها برای آزمون مجدد و سپس مقایسه نتایج به‌دست آمده با اطلاعات ارائه شده، می‌تواند راه حل مناسبی برای اطمینان یافتن از صحت عملکرد کنتورهای انتخابی باشد.

ز- افت فشار ناشی از وجود کنتور در شبکه

افت فشار کنتور بیان‌کننده میزان ممانعت عبور آب در اثر حضور کنتور در خط لوله است که باید در جریان‌های مختلف، اندازه‌گیری شده و به عنوان یکی از مشخصات فنی در اختیار مصرف‌کننده قرار گیرد. طبق استاندارد مربوطه، ماکزیمم افت فشار مجاز در حداکثر جریان تعریف شده برای هر کنتور bar۱ است.

۵-۴- کنتورهای سرعتی

در این نوع جریان‌سنج‌ها (شکل ۵-۲) با اندازه‌گیری سرعت جریان در یک سطح مشخص، شدت‌جریان (آبدهی) محاسبه می‌شود. در این نوع جریان‌سنج‌ها توسط یک مجموعه چرخنده، پره‌ای در مسیر جریان قرار می‌گیرد؛ شدت چرخش پره با سرعت آب تناسب مستقیم دارد. درصورتی‌که آب از چند روزنه به پره‌ها برخورد کند، کنتور «چندافشانه» و اگر جت ورودی به صورت تکی باشد، کنتور «تک‌روزنه» گفته می‌شود. کنتورهای تک افشانه نسبت به چند افشانه در جریان‌های کم‌تری شروع به کار می‌کنند.



شکل ۵-۲- نمونه‌ای از کنتور سرعتی مکانیکی در لوله‌های افقی و عمودی آبیاری

- مزایا و محدودیت‌ها

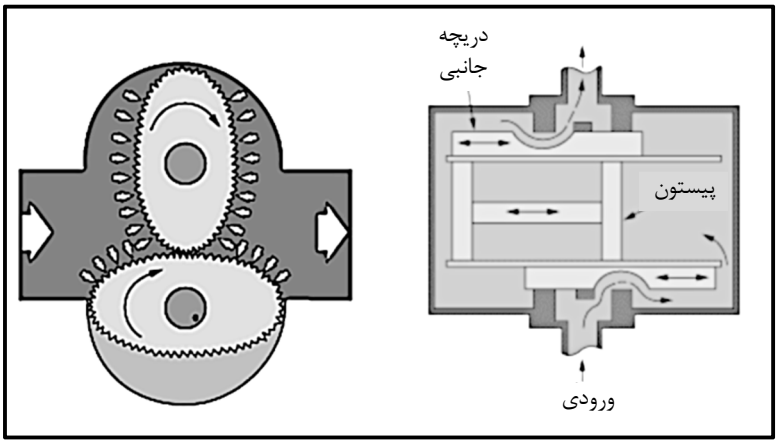
همان‌طور که در بخش ۵-۲ تشریح شد، مزایای مطلق یک جریان‌سنج و مزایای نسبی آن به تفکیک در جدول (۵-۱) ارائه شده است. در این جدول مزیت‌ها به صورت وجود یا عدم وجود یا به صورت بالا، پایین و متوسط، بیان شده‌اند.

جدول ۵-۱- مزایا و محدودیت‌های کنتورهای مکانیکی نوع سرعتی

شرایط عملکردی جریان‌سنج		
قابلیت ارائه حجم آب عبوری		بله
محدوده دقت کاری		متوسط
مطلوبیت عملکرد در محدوده جریان	$Q > 150\frac{ft^3}{s}(4.2\frac{m^3}{s})$	پایین
	$Q < 10\frac{ft^3}{s}(285\frac{l}{s})$	متوسط
شرایط هیدرولیکی جریان		
میزان نسبی افت فشار ایجاد کرده در مسیر		بالا
میزان نسبی آسیب‌پذیری نسبت به		
میزان فشار آب		بالا
گرفتگی توسط آلودگی فیزیکی آب		بالا
وجود رسوب در مسیر جریان		بالا
حباب هوا در مسیر جریان		بالا
درجه حرارت آب		متوسط
شرایط محیطی		
رطوبت محیط		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
دمای محیط		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
وابستگی به انرژی الکتریسیته		خیر*
نیاز به واسنجی در محل		بله
نیازها و شرایط اختصاصی		
هزینه تجهیزات اولیه		متوسط
هزینه‌های نصب و بهره‌برداری		پایین
نیاز به نگهداری		بالا
میزان تخصص نیروی انسانی برای بهره‌برداری		متوسط
سهولت کاربری		بالا
نیاز به واسنجی دوره‌ای		متوسط
عمر مفید جریان‌سنج		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
درجه حفاظت اطلاعات		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت تولید در داخل کشور		بالا
قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور		بالا
قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات		با صرف هزینه اضافی امکان‌پذیر است.
سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌ها		بالا
قابلیت جابه‌جایی		پایین
سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی		بالا
قابلیت تشخیص جریان معکوس		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگر به طور هم‌زمان		پایین
قابلیت نصب در لوله‌های مدفون		پایین
* در صورت عدم استفاده از تجهیزات الکترونیکی قرائت و ارسال داده		

۵-۵- کنتورهای حجمی

در این نوع کنتورها، پارامتر مورد اندازه‌گیری، حجم آب است که با تقسیم بر زمان، شدت جریان عبوری محاسبه و ثبت می‌شود. این جریان‌سنج‌ها بدون انجام واسنجی، دقت مناسبی دارند، با این‌حال نسبت به آلودگی آب آسیب‌پذیر هستند. جریان‌سنج‌های حجمی که به جریان‌سنج‌های جابه‌جایی مثبت[1] نیز معروفند، از دقت خوبی برخوردار بوده و عمدتا برای واسنجی سایر جریان‌سنج‌ها به‌کار می‌روند (شکل ۵-۳).



شکل ۵-۳- نمایی از دو نمونه از جریان‌سنج‌های حجمی مکانیکی

- مزایا و محدودیت‌ها

همان‌طور که در بخش ۵-۲ تشریح شد، مزایای مطلق یک جریان‌سنج و مزایای نسبی آن به تفکیک در جدول (۵-۲) ارائه شده‌است. در این جدول مزیت‌ها به صورت وجود یا عدم وجود یا به‌صورت بالا، پایین و متوسط کمی شده‌اند.

جدول ۵-۲- مزایا و محدودیت‌های کنتورهای مکانیکی نوع حجمی

شرایط عملکردی جریان‌سنج		
قابلیت ارائه حجم آب عبوری		دارد
محدوده دقت کاری		بالا
مطلوبیت عملکرد در محدوده جریان	$Q > 150\frac{ft^3}{s}(4.9\frac{m^3}{s})$	پایین
	$Q < 10\frac{ft^3}{s}(285\frac{l}{s})$	متوسط
شرایط هیدرولیکی جریان		
میزان نسبی افت فشار ایجاد کرده در مسیر		بالا
میزان نسبی آسیب‌پذیری نسبت به		
میزان فشار آب		بالا
گرفتگی توسط آلودگی فیزیکی آب		بالا

1- Positive Displacement Flow Meter

ادامه جدول ۵-۲- مزایا و محدودیت‌های کنتورهای مکانیکی نوع حجمی

وجود رسوب در مسیر جریان	بالا
حباب هوا در مسیر جریان	بالا
درجه حرارت آب	متوسط
شرایط محیطی	
رطوبت محیط	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
دمای محیط	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
وابستگی به انرژی الکتریسیته	خیر*
نیاز به واسنجی در محل	بله
نیازها و شرایط اختصاصی	
هزینه تجهیزات اولیه	متوسط
هزینه‌های نصب و بهره‌برداری	پایین
نیاز به نگهداری	بالا
میزان تخصص نیروی انسانی برای بهره‌برداری	متوسط
سهولت کاربری	بالا
نیاز یه کالیبراسیون دوره‌ای	متوسط
عمر مفید جریان‌سنج	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
درجه حفاظت اطلاعات	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت تولید در داخل کشور	بالا
قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور	بالا
قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات	با صرف هزینه اضافی امکان‌پذیر است.
سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌ها	بالا
قابلیت جابه‌جایی	پایین
سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی	بالا
قابلیت تشخیص جریان معکوس	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگر به طور هم‌زمان	پایین
قابلیت نصب در لوله‌های مدفون	پایین
*در صورت عدم استفاده از تجهیزات الکترونیکی قرائت و ارسال داده	

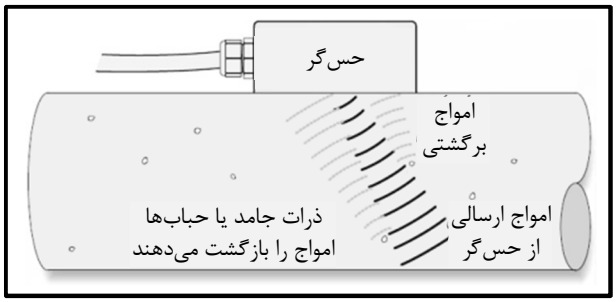
۵-۶- جریان‌سنج‌های آلتراسونیک

در این کنتورها به‌وسیله ایجاد امواج مافوق صوت در مسیر عبور سیال و اندازه‌گیری میزان تاخیر در برگشت صوت، سرعت حرکت سیال اندازه‌گیری شده و با معلوم بودن سطح مقطع محل عبور جریان، می‌توان جریان سیال را از حاصل‌ضرب سرعت در مساحت محاسبه نمود. در کنتورهای آلتراسونیک، علاوه بر حداقل نمودن تاثیر پارامترهای محیطی بر روی جریان و حجم سیال، کلیه محاسبات با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای متصل به حس‌گرهای مافوق صوت انجام پذیر است. جریان‌سنج‌های آلتراسونیک را در سه گروه زیر می‌توان تقسیم‌بندی نمود:

الف- داپلر

این نوع جریان‌سنج دارای یک حس‌گر، شامل فرستنده و گیرنده است (شکل ۵-۴). در جریان‌سنج‌های روش داپلری، به سیالی با چگالی متغیر (دارای مواد معلق) نیاز است. در جریان‌سنج داپلری یک پرتو فراصوتی به صورت مورب نسبت

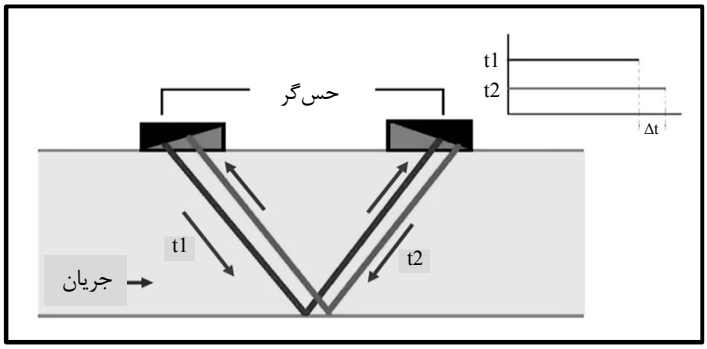
به لوله ارسال می‌شود که در بخش‌هایی از سیال دارای چگالی متغیر است، با برخورد پرتو به ذرات بازگردانده می‌شود. از آن‌جایی که اهداف متحرک هستند، انرژی فراصوتی بازگشتی دارای فرکانس‌های متفاوتی می‌شود. حال با توجه به میزان اختلاف بین سیگنال اولیه و بازگشتی، می‌توان سرعت را محاسبه کرد.



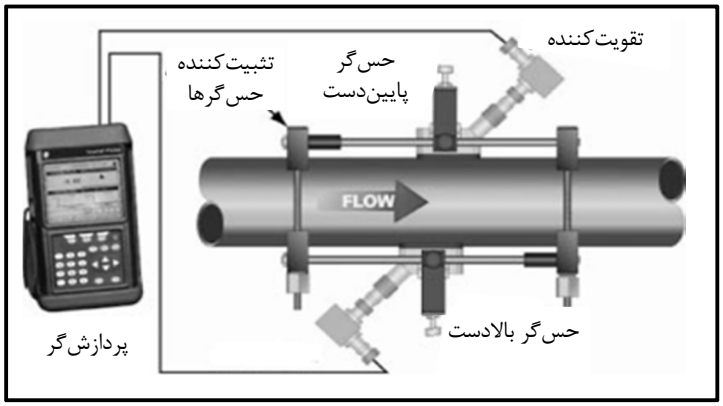
شکل ۵-۴- نمایی از نحوه عملکرد جریان‌سنج فراصوتی داپلری

ب- زمان-گذر

این مدل دارای یک فرستنده و یک گیرنده است که حس‌گر فرستنده، موج‌های منقطعی از انرژی فراصوتی را در عرض لوله فرستاده و زمان بازگشت و دریافت موج، محاسبه می‌گردد. براساس این اختلاف زمان عبوری، می‌توان سرعت جریان و متعاقبا شدت جریان عبوری را محاسبه نمود (شکل ۵-۵ و شکل ۵-۶).



شکل ۵-۵- نمایی از نحوه عمل یکی از انواع جریان‌سنج زمان-گذر فراصوتی



شکل ۵-۶- نمایی از تجهیزات نصب یک جریان‌سنج زمان-گذر فراصوتی

ج- همبستگی مقطعی

این روش در واقع نوعی عکس‌برداری از کل مقطع جریان است. بدیهی است که ذرات متناسب با سرعت جریان در فاصله زمانی دو تصویربرداری تغییر مکانی مشخصی داده‌اند که می‌توان برای اندازه‌گیری سرعت جریان از آن بهره گرفت. روش‌های داپلری امکان اندازه‌گیری پروفایل سرعت جریان را ندارند اما در این روش کاربر به صورت هم‌زمان می‌تواند پروفایل عمودی سرعت جریان را مشاهده کند.

بر اساس روش نصب جریان‌سنج روی لوله، جریان‌سنج‌های آلتراسونیک به دو دسته بیرونی (کمربندی)[1] (شکل ۵-۶) و داخلی تقسیم‌بندی می‌شوند که در روش اول جریان‌سنج کاملا بر روی دیواره خارجی لوله نصب می‌شود. مواردی که در انتخاب جریان‌سنج آلتراسونیک داپلر باید مورد توجه قرار گیرد:

- منبع انرژی: در مواقعی که منبع انرژی مشکل‌ساز باشد، می‌توان از انواع مختلفی از جریان‌سنج‌های آلتراسونیک داپلر که دارای انواع گوناگونی از حافظه ذخیره داده هستند و قابلیت استفاده از منابع انرژی مختلف را دارند، استفاده نمود. در دسترس بودن برق AC ثابت درمقابل منبع تغذیه DC از راه دور، در انتخاب مجموعه تجهیزات جریان‌سنج آلتراسونیک و محل اندازه‌گیری باید مورد توجه قرار گیرد.
- جمع‌آوری داده‌ها: در انتخاب جریان‌سنج آلتراسونیک باید توجه شود که آیا هدف، جمع‌آوری داده مورد نیاز ثابت دائمی است. تمام جریان‌سنج‌های آلتراسونیک داپلر، داده‌نگار اختصاصی خودشان را دارند که قابلیت‌ها، امکانات و عملکردهای مختلفی دارند. جمع‌آوری داده باید هنگام انتخاب جریان‌سنج آلتراسونیک در نظر گرفته شود.
- قرائت از راه دور و ارسال داده‌ها (تله‌متری): در انتخاب تجهیزات جانبی جریان‌سنج، قابلیت تله‌متری مدنظر قرار بگیرد. هیچ یک از جریان‌سنج‌های داپلر قابلیت تله‌متری را در مجموعه تجهیزات اولیه خود ندارند. نیاز به تله‌متری، موجب نیاز به یک داده نگار مجزا و یک منبع تغذیه قوی‌تر در یک شبکه می‌شود.
- تعداد لوله‌هایی که مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد: مجموعه تجهیزات مختلف جریان‌سنج داپلر نسبت به سایر جریان‌سنج‌ها، تعداد لوله بیش‌تری را به سهولت اندازه‌گیری می‌کنند. زمانی که یک مجموعه تجهیزات جریان‌سنج داپلر را انتخاب می‌کنید، باید تعداد لوله را مورد توجه قرار گیرد.
- سرعت جریان: محل قرارگیری حس‌گر دستگاه باید طوری قرار گیرد که با توجه به شرایط جریان، معرف سرعت سرتاسری خط لوله باشد.

1- Clamp On

- نوع جریان: یکنواخت بودن جریان و ماندگار بودن آن در دقت اندازه‌گیری جریان‌سنج‌های آلتراسونیک تاثیر مثبتی دارد. اگر جریان در فصول مختلف متغیر باشد یا بیش از حد آشفته باشد، در انتخاب وسیله اندازه‌گیری باید مورد توجه قرار گیرد.
- کیفیت آب: این پارامتر بر انتخاب بیش‌تر ابزارهای اندازه‌گیری تاثیر می‌گذارد، با این‌حال هنگامی که منابع، کیفیت بسیار بالایی دارد، اندازه‌گیری کیفیت آب و تأیید عملکرد جریان‌سنج آلتراسونیک در محل ضروری است.
- تایید دقت اندازه‌گیری: تمام جریان‌سنج‌های آلتراسونیک که به صورت سری (پشت سرهم) قرار گرفته‌اند، باید در تمامی بازه جریان‌های محتمل، آزمایش شوند تا دقت اندازه‌گیری آن‌ها مورد تایید قرار گیرد.
- واسنجی در محل و واسنجی دوره‌ای: کلیه جریان‌سنج‌های آلتراسونیک نیازمند واسنجی در محل هستند. جریان‌سنج‌های آلتراسونیکی که دقت اندازه‌گیری آن‌ها ۱۰٪ یا کم‌تر است، باید دوباره واسنجی و تنظیم و نصب شوند.

بسیاری از روش‌های نوین اندازه‌گیری جریان، برای داشتن دقت قابل قبول، نیازمند زیرساخت‌هایی هستند. در غیراین صورت، دقتی بیش از روش‌های قدیمی‌تر مانند روش‌های اختلاف فشاری نخواهند داشت. در هر صورت، جریان‌سنج‌های آلتراسونیک درانواع قابل حمل نیز موجود هستند، که نمونه‌هایی از نوع زمان-گذر و داپلر در شکل (۵-۷) نشان داده شده است.

شکل ۵-۷- نمونه‌هایی از جریان‌سنج‌های فراصوتی قابل حمل (بالا) زمان-گذر و (پایین) داپلر

- مزایا و محدودیت‌ها

مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های آلتراسونیک مطابق جدول (۵-۳) است.

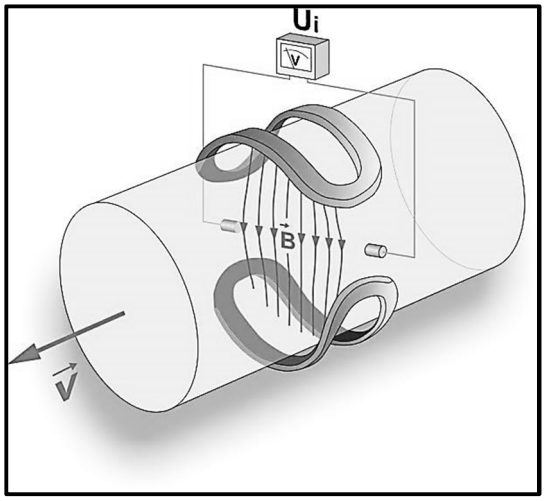
جدول ۵-۳- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های آلتراسونیک

شرایط عملکردی جریان‌سنج		
قابلیت ارائه حجم آب عبوری		بله
محدوده دقت کاری		بستگی به شرایط استفاده دارد.**
مطلوبیت عملکرد در محدوده جریان	$Q > 150 \frac{ft^3}{s} (42 \frac{m^3}{s})$	بستگی به شرایط استفاده دارد.**
	$Q < 10 \frac{ft^3}{s} (285 \frac{l}{s})$	متوسط
شرایط هیدرولیکی جریان		
میزان نسبی افت فشار ایجاد کرده در مسیر		پایین
میزان نسبی آسیب‌پذیری نسبت به		
میزان فشار آب		پایین
گرفتگی توسط آلودگی فیزیکی آب		متوسط
وجود رسوب در مسیر جریان		متوسط
حباب هوا در مسیر جریان		پایین
درجه حرارت آب		پایین
شرایط محیطی		
رطوبت محیط		پایین
دمای محیط		پایین
وابستگی به انرژی الکتریسیته		بله
نیازها و شرایط اختصاصی		
نیاز به واسنجی در محل		دارد
هزینه تجهیزات اولیه		بالا
هزینه‌های نصب و بهره‌برداری		متوسط
نیاز به نگهداری		بالا
میزان تخصص نیروی انسانی برای بهره‌برداری		متوسط
سهولت کاربری		بالا
نیاز به واسنجی دوره‌ای		بالا
عمر مفید جریان‌سنج		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
درجه حفاظت اطلاعات		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت تولید در داخل کشور		پایین
قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور		پایین
قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات		با صرف هزینه اضافی امکان‌پذیر است.
سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌ها		بالا
قابلیت جابه‌جایی		بالا
سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی		پایین
قابلیت تشخیص جریان معکوس		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگری به طور هم‌زمان		بالا
قابلیت نصب در لوله‌های مدفون		بالا
** آلتراسونیک زمان-گذر چند مسیره multipath دقت بالایی دارد.		

۵-۷- جریان‌سنج‌های الکترومغناطیس

در این نوع کنتورها میزان جریان سیال عبوری از یک میدان مغناطیسی با استفاده از قانون الکترومغناطیس فارادی اندازه‌گیری می‌شود. طبق این قانون، اگر یک هادی (مانند آب) خطوط الکترومغناطیس را قطع کند نیروی الکتریکی القایی تولید شده متناسب با سرعت حرکت هادی خواهد بود (شکل ۵-۸).

جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی، در مقایسه با جریان‌سنج‌های آلتراسونیک (زمان گذر و داپلر)، به دلیل لحاظ سرعت کلیه نقاط یک مقطع، سرعت و شدت جریان دقیق‌تری را ارائه می‌دهد. علت دقت بالای جریان‌سنج‌های مغناطیسی آن است که سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده، میانگین سرعت لحظه‌ای میلیون‌ها نقطه داخل مقطع لوله است و این اندازه‌گیری به صورت مداوم صورت می‌گیرد. درحالی‌که برای مثال در جریان‌سنج‌های آلتراسونیک با دو حس‌گر، سرعت اندازه‌گیری شده، میانگین سرعت نقاط مختلف صرفا بر روی مسیر حرکت پرتو بین دو حس‌گر است.



شکل ۵-۸- نمایی از جریان‌سنج الکترومغناطیسی

مزایا و محدودیت‌های این نوع مطابق جدول (۵-۴) است.

جدول ۵-۴- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی

شرایط عملکردی جریان‌سنج		
قابلیت ارائه حجم آب عبوری		دارد
محدوده دقت کاری		متوسط
مطلوبیت عملکرد در محدوده جریان	$Q > 150 \frac{ft^3}{s} (42 \frac{m^3}{s})$	پایین
	$Q < 10 \frac{ft^3}{s} (285 \frac{l}{s})$	متوسط
شرایط هیدرولیکی جریان		
میزان نسبی افت فشار ایجاد کرده در مسیر		پایین
میزان نسبی آسیب‌پذیری نسبت به		
میزان فشار آب		پایین
گرفتگی توسط آلودگی فیزیکی آب		پایین

ادامه جدول ۵-۴- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی

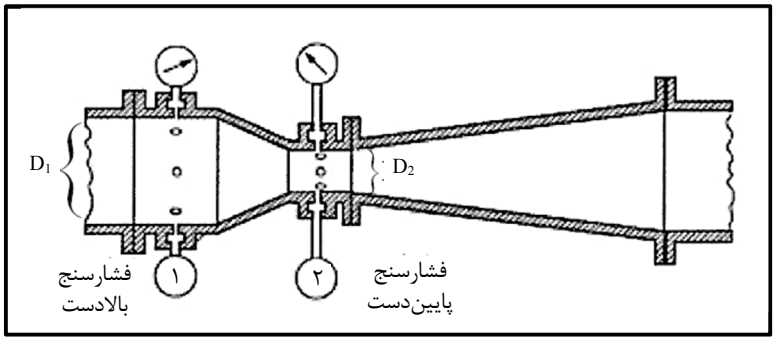
نیازها و شرایط اختصاصی	
وجود رسوب در مسیر جریان	پایین
حباب هوا در مسیر جریان	پایین
درجه حرارت آب	پایین
شرایط محیطی	
رطوبت محیط	پایین
دمای محیط	پایین
وابستگی به انرژی الکتریسیته	دارد*
نیاز به واسنجی در محل	دارد
هزینه تجهیزات اولیه	متوسط
هزینه‌های نصب و بهره‌برداری	متوسط
نیاز به نگهداری	پایین
میزان تخصص نیروی انسانی برای بهره‌برداری	متوسط
سهولت کاربری	بالا
نیاز به واسنجی دوره‌ای	متوسط
عمر مفید جریان‌سنج	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
درجه حفاظت اطلاعات	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت تولید در داخل کشور	بالا
قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور	بالا
قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات	با صرف هزینه اضافی امکان‌پذیر است.
سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌ها	بالا
قابلیت جابه‌جایی	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی	متوسط
قابلیت تشخیص جریان معکوس	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگری به طور هم‌زمان	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت نصب در لوله‌های مدفون	بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
* بسته به مشخصات کارخانه، دارای دو نوع برقی و باتری‌دار است.	

۵-۸- ابزارهای اندازه‌گیری بر مبنای اختلاف فشار

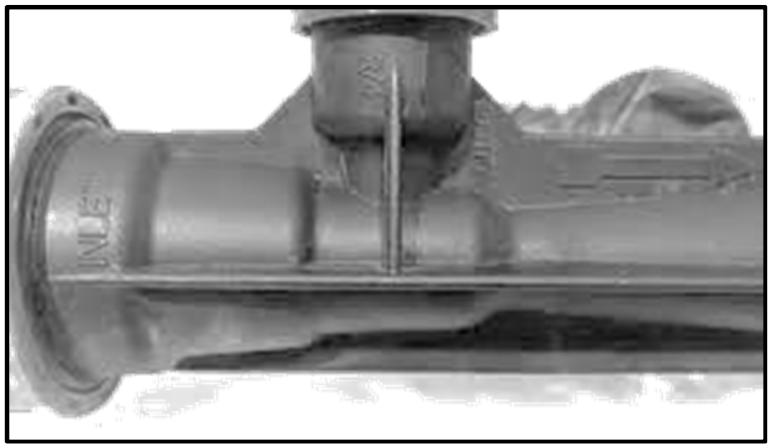
برای اندازه‌گیری جریان سیالات، یکی از قدیمی‌ترین روش‌ها، ایجاد یک مانع در لوله برای ایجاد اختلاف فشار در مسیر جریان است. ابزارهای اندازه‌گیری به روش‌های اختلاف فشاری، در واقع تغییر هندسی بخشی از لوله جهت ایجاد اختلاف فشار می‌باشند. این روش‌ها برحسب شکل هندسی به انواع ونتوری، روزنه، شیپوره و غیره تقسیم‌بندی می‌شود. جریان در هر یک از این روش‌ها توسط رابطه مربوطه یا جهت سهولت از جداول و نمودارهای استاندارد مربوط به هریک به دست می‌آید. این روش‌ها درصورتی‌که در شرایط استاندارد طراحی و نصب شوند، از دقت قابل قبولی برخوردار هستند. دراین روش مبنای محاسبه جریان، ایجاد اختلاف فشار بین دو نقطه از مسیر جریان و کاربرد رابطه برنولی و پیوستگی به طور هم‌زمان بین دو نقطه است.

۵-۸-۱- ونتوری

ونتوری[1] یکی از قدیمی‌ترین و دقیق‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری جریان است که افت انرژی کمی ایجاد می‌کند، نیاز به نگهداری خاصی نداشته و در ضمن جز متحرکی که با آب در تماس باشد، ندارد (شکل ۵-۹). این ابزار عمدتا در محیط آزمایشگاه برای واسنجی سایر ابزارهای اندازه‌گیری جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. ونتوری از لوله‌ای که مجرای ورودی تنگ و خروجی گشاد دارد، تشکیل شده است.



شکل ۵-۹- نمایی از اندازه‌گیر ونتوری



شکل ۵-۱۰- یک اندازه‌گیر ونتوری

با نصب ونتوری در مسیر جریان می‌توان شدت جریان را به صورت پیوسته اندازه‌گیری کرد. اشکال اساسی این وسیله ایجاد افت انرژی است که مقدار آن معمولا یک دهم تا دو دهم ارتفاع نظیر اختلاف فشار استاتیکی در دو مقطع است. نسبت قطر دو مقطع ونتوری بین یک چهارم تا سه چهارم متغیر و معمولا یک سوم است. هرچقدر این نسبت کوچک‌تر باشد، دقت اندازه‌گیری بیش‌تر شده، اما به همان نسبت افت انرژی بیش‌تر می‌شود. برای آن‌که اندازه‌گیری با ونتوری دقیق باشد، باید لوله قبل از ونتوری در طول حداقل ۵ تا ۱۰ برابر قطر لوله صاف و مستقیم باشد.

1- Venturi

ونتوری‌مترها عموما از جنس فلز ساخته می‌شوند و در صنایع، کاربردهای زیادی دارند؛ اما در دهه ۹۰ میلادی تلاش‌هایی برای به‌کارگیری ونتوری‌مترها در خطوط آبیاری و زهکشی شده است (شکل ۵-۱۰).

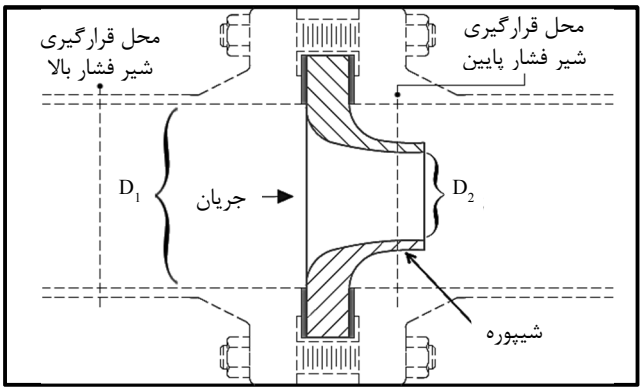
با توجه به مزایای زیادی که ونتوری‌مترها از نظر دقت، افت انرژی کم و عدم وجود قطعات متحرک دارند، از ونتوری‌مترهایی با اتصالات پلاستیکی برای کاربرد در لوله‌های پلی‌اتیلنی آبیاری تلاش‌هایی صورت گرفته است. ونتوری‌مترها می‌توانند دقت کارکرد ۲± درصد داشته باشند و ضریب جریان آن‌ها از رابطه (۵-۱) به دست می‌آیند که در آن C_d ضریب شدت جریان و R_n عدد رینولدز است. ضریب جریان در ونتوری‌مترهای پلاستیکی ۰/۹۲ تا ۰/۹۶ است.

$$C_d = 0.964 - 0.0466\, e^{(-Rn/254000)} \qquad (۵-۱)$$

توصیه می‌شود که در ونتوری‌مترهای پلاستیکی، طول گلوگاه سه برابر قطر گلوگاه باشد. با مجهزکردن ونتوری‌مترها به یک داده‌نگار[1]، می‌توان از تکنولوژی جدید برای سهولت کاربرد ونتوری‌مترها بهره برد.

۵-۸-۲- شیپوره

یکی دیگر از ابزارهای اندازه‌گیری پیوسته‌ی جریان در لوله‌ها، شیپوره[2] (نازل) است. شیپوره، یک لوله دهان گشاد متقارن کوتاه است (شکل ۵-۱۱). برای محاسبه جریان، مشابه ونتوری، رابطه پیوستگی و برنولی بین دو مقطع نوشته و شدت‌جریان از آن استخراج می‌شود. ضریب تصحیح شدت جریان در شیپوره نیز مشابه ضریب c، دارای رابطه محاسباتی و هم نمودارهای استاندارد برحسب تغییرات عدد رینولدز است. اگرچه انواع مختلفی از شیپوره‌های جریان‌سنج وجود دارد ولی مشخصات نوع استاندارد بین‌المللی آن ثابت و مشخص است.

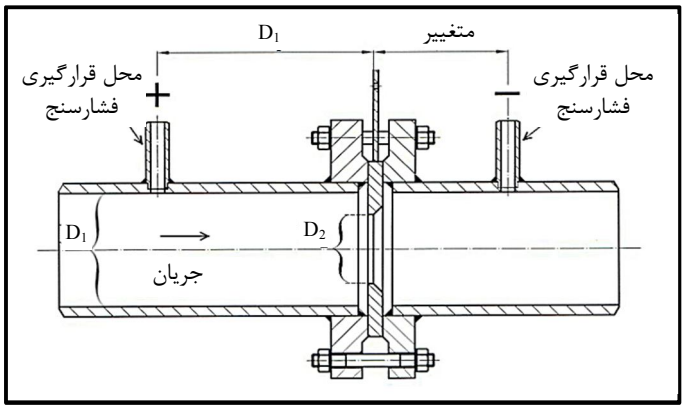


شکل ۵-۱۱- نمایی از یک شیپوره لبه‌دار

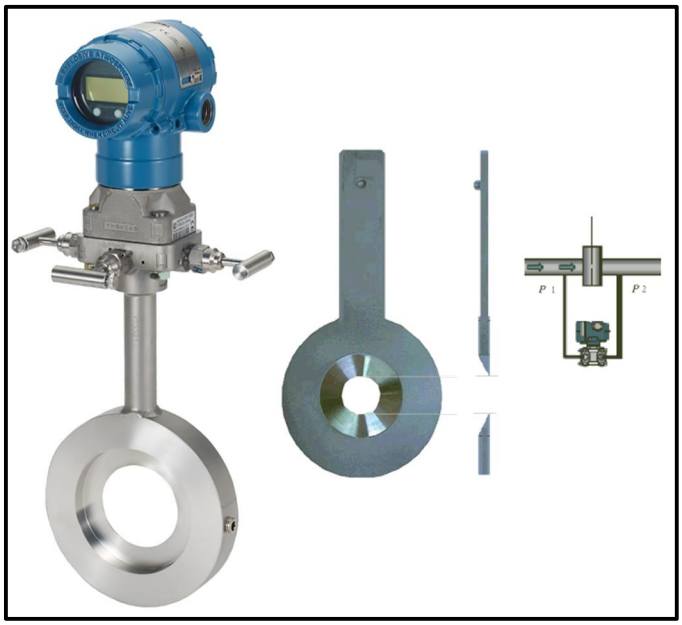
1- Data Logger
2- Nozzle

۵-۸-۳- روزنه

مشابه ونتوری و شیپوره، روزنه[1] یکی از ابزارهای اندازه‌گیری پیوسته جریان در لوله‌ها است (شکل ۵-۱۲). روزنه صفحه‌ی فلزی مدوری است که در آن حفره‌ای تعبیه شده است (شکل ۵-۱۳) که در مسیر جریان آب در لوله کار گذاشته می‌شود. اگر در اثر عبور آب به مرور زمان تیزی لبه از بین برود یا بر روی صفحه انحنا ایجاد شود، دقت اندازه‌گیری کاهش می‌یابد. برای اندازه‌گیری شدت‌جریان، از رابطه تعادل انرژی ارائه شده فصل سوم، استفاده می‌شود و ضریب تصحیح نیز توسط فرمول یا نمودارهای استاندارد به‌دست می‌آید.



شکل ۵-۱۲- نمای محل قرارگیری روزنه اندازه‌گیر



شکل ۵-۱۳- تصاویری از روزنه اندازه‌گیر و تیغه روزنه

1- Orifice

- مزایا و محدودیت‌ها

مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های اختلاف فشاری مطابق جدول (۵-۵) است.

جدول ۵-۵- مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های اختلاف فشاری

شرایط عملکردی جریان‌سنج		
قابلیت ارائه حجم آب عبوری		با صرف هزینه اضافی امکان‌پذیر است.
محدوده دقت کاری		بالا
مطلوبیت عملکرد در محدوده جریان	$Q > 150 \frac{ft^3}{s}(4.2 \frac{m^3}{s})$	پایین
	$Q < 10\ ft^3/s(285 \frac{l}{s})$	بالا
شرایط هیدرولیکی جریان		
میزان نسبی افت فشار ایجاد کرده در مسیر		بالا (روزنه) پایین (ونتوری)
میزان نسبی آسیب‌پذیری نسبت به		
میزان فشار آب		پایین
گرفتگی توسط آلودگی فیزیکی آب		بالا
وجود رسوب در مسیر جریان		بالا
حباب هوا در مسیر جریان		پایین
درجه حرارت آب		پایین
شرایط محیطی		
رطوبت محیط		پایین
دمای محیط		پایین
وابستگی به انرژی الکتریسیته		ندارد*
نیاز به واسنجی در محل		ندارد
نیازها و شرایط اختصاصی		
هزینه تجهیزات اولیه		متوسط
هزینه‌های نصب و بهره‌برداری		متوسط
نیاز به نگهداری		متوسط
میزان تخصص نیروی انسانی برای بهره‌برداری		متوسط
سهولت کاربری		بالا
نیاز به واسنجی دوره‌ای		پایین
عمر مفید جریان‌سنج		بالا
درجه امنیت فیزیکی وحفاظت اطلاعات		بالا
قابلیت تولید در داخل کشور		بالا
قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور		بالا
قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات		با صرف هزینه اضافی امکان‌پذیر است.
قابلیت جابه‌جایی		پایین
سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی		پایین
قابلیت تشخیص جریان معکوس		بستگی به مشخصات کارخانه دارد.
قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگری به طور هم‌زمان		پایین
قابلیت نصب در لوله‌های مدفون		بالا
* در صورت عدم استفاده از تجهیزات الکترونیکی		

۵-۹- مقایسه مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌ها

در این بخش، مزایا و محدودیت‌های جریان‌سنج‌های مورد بحث، در جدول (۵-۶) مورد مقایسه قرار داده شده است. در جدول مذکور، علامت مثبت (+) نشان‌دهنده مزیت آن جریان‌سنج و علامت منفی (-) نشان‌دهنده محدودیت آن نسبت به سایر جریان‌سنج‌ها است. علامت صفر (۰) نشان‌دهنده عدم وجود مزیت یا محدودیت آن جریان‌سنج و علامت × نشان‌دهنده این است که با توجه به شرایط طرح و انتخاب نوع جریان‌سنج، متغیر است.

جدول ۵-۶- مقایسه جریان‌سنج‌ها

		انواع جریان‌سنج				
شرایط عملکردی جریان‌سنج		کنتور مکانیکی سرعتی	کنتور مکانیکی حجمی	اختلاف فشاری	آلتراسونیک	الکترومغناطیسی
قابلیت ارائه حجم آب عبوری		+	+	×	+	+
محدوده دقت کاری		۰	+	+	×	+
مطلوبیت عملکرد در محدوده جریان	$Q > 4.3 \frac{m^3}{s}(150 \frac{ft^3}{s})$	-	+	-	×	-
	$Q < 0.3 \frac{m^3}{s}(10 \frac{ft^3}{s})$	۰	۰	+	۰	۰
شرایط هیدرولیکی جریان						
میزان نسبی افت فشار ایجاد کرده در مسیر		-	-	×	+	+
میزان نسبی آسیب‌پذیری نسبت به میزان فشار آب		-	-	+	+	+
گرفتگی توسط آلودگی فیزیکی آب		-	-	×	+	+
وجود رسوب در مسیر جریان		-	-	×	+	+
حباب هوا در مسیر جریان		-	-	+	+	+
درجه حرارت آب		۰	۰	+	+	+
شرایط محیطی						
رطوبت محیط		-	-	+	+	+
دمای محیط		×	×	+	+	+
وابستگی به انرژی الکتریسیته		+	+	+	-	-
نیاز به واسنجی در محل		-	-	+	-	-
نیازها و شرایط اختصاصی						
هزینه تجهیزات اولیه		۰	۰	۰	-	۰
هزینه‌های نصب و بهره‌برداری		+	+	۰	۰	۰
نیاز به نگهداری		-	-	۰	+	+
میزان تخصص نیروی انسانی برای بهره‌برداری		×	×	×	+	+
سهولت کاربری		۰	۰	×	+	+
نیاز به واسنجی دوره‌ای		۰	۰	+	-	۰
عمر مفید جریان‌سنج		۰	۰	+	×	×
درجه حفاظت اطلاعات		×	×	+	×	×
قابلیت تولید در داخل کشور		+	+	+	-	+

ادامه جدول ۵-۶- مقایسه جریان‌سنج‌ها

شرایط عملکردی جریان‌سنج	انواع جریان‌سنج				
	کنتور مکانیکی سرعتی	کنتور مکانیکی حجمی	اختلاف فشاری	آلتراسونیک	الکترومغناطیسی
قابلیت پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور	+	+	+	−	+
قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات	×	×	×	+	+
سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌ها	+	+	×	+	+
قابلیت جابه‌جایی	−	−	−	+	×
سازگاری اجتماعی با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی	+	+	×	−	۰
قابلیت تشخیص جریان معکوس	×	×	−	×	×
قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای دیگری به طور همزمان	−	−	−	+	×
قابلیت نصب در لوله‌های مدفون	−	−	+	+	×

از مقایسه ویژگی‌های جریان‌سنج‌های مذکور می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- در صورتی که فشار دینامیکی جریان زیاد بوده و حاوی ذرات فیزیکی یا رسوبات یا آب دارای خاصیت خورندگی باشد، کنتورهای مکانیکی گزینه مناسبی نیستند.
- درصورتی‌که به دلیل شرایط هیدرولیکی طرح، افت فشار زیاد مجاز نباشد، کنتورهای مکانیکی گزینه مناسبی نیستند.
- در مورد قابلیت ارائه آبدهی و قرائت خودکار و ارسال اطلاعات، تمامی جریان‌سنج‌ها با به‌کارگیری تکنولوژی مدرن این قابلیت را یافته‌اند.
- از بین جریان‌سنج‌های اختلاف فشاری، ونتوری از نظر دقت کاری و شرایط عملکردی مزایای زیادی دارد و همان‌طور که در بخش ۵-۸-۱ ذکر شد، درصورتی‌که جنس پلاستیکی آن به کارگرفته شود، از نظر سازگاری با لوله‌های آبیاری مشکلی نخواهد داشت.
- کنتورهای الکترومغناطیسی، تقریبا تمامی مزایای یک جریان‌سنج، مانند عدم آسیب‌پذیری نسبت به آلودگی فیزیکی و شیمیایی آب، سازگاری با اتصالات رایج در خط لوله‌های آبیاری، قابلیت تولید و پشتیبانی و خدمات تعمیرات در داخل کشور و ...، برای کاربرد آبیاری را دارا هستند.

۵-۱۰- جریان‌سنج‌های لوله‌های نیمه پر

روش‌های ارائه‌شده تاکنون مربوط به لوله‌های تحت فشار و مجاری بسته بوده است. در مورد لوله‌های نیمه‌پر، عمدتا روش‌های متداول در جریان‌سنجی کانال‌های روباز قابل کاربرد است. در خروجی لوله‌ها می‌توان از جریان‌سنج پروانه‌ای استفاده کرد.

جریان‌سنج پروانه‌ای هنوز هم پرکابردترین ابزارها برای اندازه‌گیری جریان هستند. که بسیار از لحاظ ساخت و شکل بسیار متنوع هستند که در چندین دهه در بسیاری از محدوده‌های آبیاری با موفقیت به کار گرفته شده‌اند. وجود مواد معلق

در آب باعث بروز مشکلات عدیده‌ای در جریان‌سنج پروانه‌ای می‌شود. وجود تنها یک فیلتر تصفیه کافی نیست زیرا مواد معلق بسیاری می‌توانند از آن عبور کنند. جریان‌سنج پروانه‌ای بهترین عملکرد را (هم از نظر مکانیکی و هم از نظر صحت نتایج) در یک محدوده سرعت مشخص، دارند. این جریان‌سنج‌ها معمولا در سرعت‌های کم‌تر از ۰/۳ متر بر ثانیه دقیق نیستند. برای عملکرد بهتر جریان‌سنج پروانه‌ای در لوله نیمه پر بهتر است، یک زانویی در پایین‌دست جریان‌سنج پروانه‌ای نصب شود.

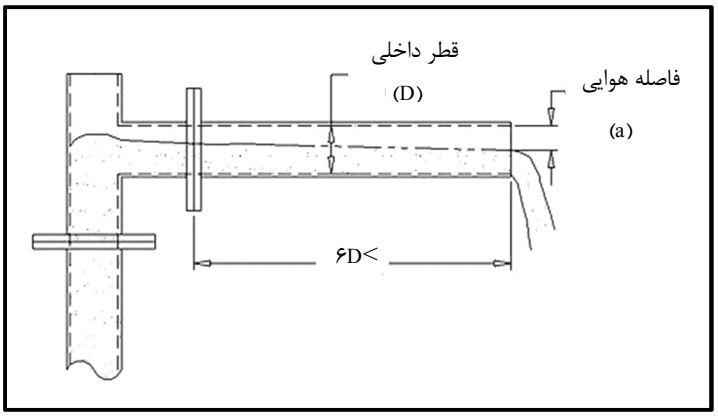
۵-۱۱- جریان‌سنجی در خروجی لوله

۵-۱۱-۱- روش لوله کالیفرنیا (لوله افقی)

این روش لوله افقی، برای لوله‌های نیمه پر است. این روش، تاحدودی مشابه واسنجی سرریزها و جریان‌های ریزشی آزاد است. معادله زیر بر حسب لیتر بر ثانیه است (ضریب ثابت برای متر مکعب بر ساعت برابر ۱۶۹۰۰ می‌شود):

$$Q = 4680\left(1-\frac{a}{D}\right)^{1.88} D^{2.48} \qquad (۲-۵)$$

که در آن a و D در شکل (۵-۱۴) بر حسب متر تعریف شده‌اند و Q شدت جریان خروجی بر حسب لیتر بر ثانیه است.



شکل ۵-۱۴- روش جریان‌سنجی در خروجی لوله به روش لوله کالیفرنیا

- نسبت $\frac{a}{D}$ محدود به $\frac{a}{D} > 0.45$ است.
- این روش در دهه ۱۹۲۰ منتشر شده است.
- دقت اندازه‌گیری، در بهترین حالت، تنها حدود ٪۱۰± است.
- لوله دقیقا باید افقی (تراز) و با مقطع دایره‌ای باشد.
- لوله باید شدت جریان خروجی را بدون استغراق، آزادانه وارد هوا کند.

۵-۱۱-۲- روش جت افقی

در فیزیک (طبق قانون دوم نیوتن)، یک شی شتاب گیرنده، مسافت x را در زمان t، طبق معادله زیر طی می‌کند.

$$x = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \qquad (۳-۵)$$

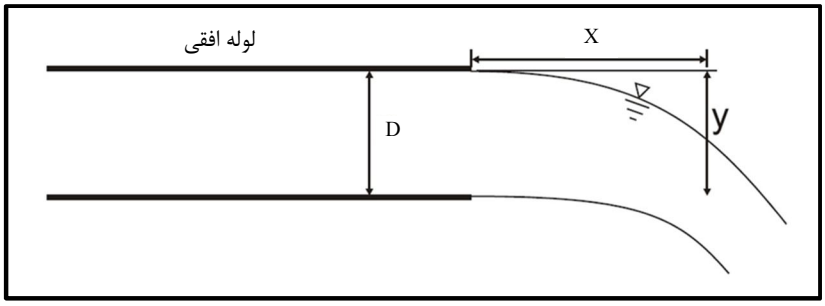
که در آن x مسافت طی شده، V_0 سرعت اولیه در زمان صفر، t زمان سپری‌شده و a شتاب است. جریان خروجی از لوله افقی از ارتفاع y، در طول فاصله x، سقوط خواهد کرد. مولفه افقی (جهت x) تقریبا هیچ شتابی ندارد و مولفه قائم (جهت y) سرعت اولیه صفر را دارا است. شتاب قائم برابر با نسبت وزن به جرم $(g = 9.81 \frac{m}{s^2}, 32.2 \frac{ft}{s^2})$ است. بنابراین:

$$y = \frac{g t^2}{2} \quad \text{و} \quad x = v_0 t \qquad (۴-۵)$$

سپس با کنارگذاشتن t از معادله، با دانستن Q = AV، و این‌که معادله برای مساحت دایره است، جریان به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{\pi D^2 x}{4\sqrt{\frac{2y}{g}}} \qquad (۵-۵)$$

که در آن، D قطر داخلی لوله‌ی دایره‌ای شکل (یا مدور) است و اگر x و y در مرکز جت خروجی اندازه‌گیری شوند، این معادله تاحدودی صحیح است (شکل ۵-۱۵).



شکل ۵-۱۵- پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه در روش جت افقی

در روش جت افقی[1]، خطاهای به وجود آمده به این دلیل است که عملا امکان اندازه‌گیری دقیق (x و y) در مرکز جت به دلیل امکان وزش باد و دیگر عوامل آشفتگی وجود ندارد. همچنین، ممکن است لوله، دقیقا افقی نباشد (گرچه طبق تحلیل بالا، می‌توان یک تصحیح بر روی آن انجام داد). جداول مقادیر ضریب حاصل از آزمایشات، این امکان را می‌دهند که x وy را از بالای جت اندازه‌گرفت. درهرحال، اندازه‌گیری‌ها می‌تواند به سختی انجام شود زیرا جریان با فاصله گرفتن از انتهای لوله اغلب دارای آشفتگی‌ها و تلاطم‌های زیادی است. معادله قبلی به صورت زیر می‌تواند ساده شود:

1- Trajectroty method

$$Q = 3.151C\,D^2\,\frac{x}{\sqrt{y}} \qquad (۶-۵)$$

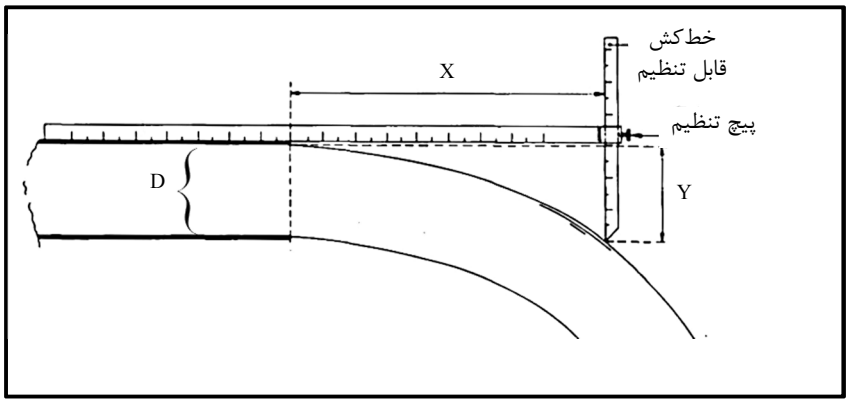
که در آن، زمانی که نسبت‌های $\frac{x}{D}$ یا $\frac{y}{D}$ به ترتیب کوچک‌تر از ۸ و ۵ است، C به عنوان ضریبی برای تعدیل مقدار شدت جریان محاسبه شده است (در غیر این‌صورت، C برابر با واحد است). X، y و D بر حسب فوت است و Q بر حسب فوت مکعب بر ثانیه است. در جدول (۵-۷) مقادیر C ارائه شده است.

این روش برای لوله‌های نیمه‌پر نیز قابل استفاده است $(A<\frac{\pi D^2}{4})$ و همچنین در این شرایط، داده‌های تجربی نیز به منظور کمک به برآورد شدت جریان، در دسترس هستند.

جدول ۵-۷- مقادیر ضریب C

$\frac{y}{D}$	$\frac{x}{D}$							
	۱/۰۰	۱/۵۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۴/۰۰	۵/۰۰	۸/۰۰
۰/۵	۱/۴۴	۱/۲۸	۱/۱۸	۱/۱۳	۱/۱۰	۱/۰۶	۱/۰۳	۱/۰۰
۱/۰	۱/۳۷	۱/۲۴	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۳	۱/۰۰
۲/۰		۱/۱۱	۱/۰۹	۱/۰۸	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۰۰
۳/۰			۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۰
۴/۰			۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۰
۵/۰			۰/۹۷	۰/۹۹	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۰

در این روش می‌توان با استفاده از یک خط‌کش گونیا، مطابق شکل (۵-۱۶)، شدت جریان را اندازه‌گیری کرد. می‌توان مقدار X را ثابت در نظر گرفت و مقدار y را توسط خط‌کش اندازه‌گیری کرد. در این صورت می‌توان آبدهی (برحسب لیتر بر ثانیه) را از جدول‌های (۵-۸) تا (۵-۱۱) که برای لوله‌هایی با قطر ۲ تا ۶ اینچ و مقادیر X ثابت، ۰/۰، ۱۵/۲۴، ۳۰/۴۸ و ۴۵/۷۲ سانتی‌متر و y تا حدود ۲۰ سانتی‌متر محاسبه شده‌اند، به‌دست آورد.



شکل ۵-۱۶- نحوه قرار گیری خط‌کش گونیا در اندازه‌گیری جت افقی

جدول ۵-۸- آبدهی از لوله افقی برای X = ۰

	قطر لوله (اینچ)				
	۲"	۳"	۴"	۵"	۶"
Y(cm)	آبدهی (l/s)				
۰/۵۰۸		۴/۲	۱۱/۳۶	۱۹/۴۳	
۰/۷۶۲		۴/۱	۱۱/۰۴	۱۹/۱	۳۳/۴
۱/۰۱۶		۴/۱	۱۰/۷	۱۸/۸	۳۲/۶
۱/۲۷		۴/۰۱	۱۰/۴	۱۸/۴	۳۱/۹
۱/۵۲۴	۱/۱	۳/۹	۱۰/۱	۱۸/۱	۳۱/۱
۱/۷۷۸	۱/۱	۳/۸	۹/۸	۱۷/۷	۳۰/۴
۲/۰۳۲	۱/۰۵	۳/۶	۹/۴	۱۷/۴	۲۹/۶
۲/۲۸۶	۰/۹	۳/۵	۹/۱	۱۷/۱	۲۸/۸
۲/۵۴۰	۰/۸	۳/۳	۸/۷	۱۶/۷	۲۸/۱
۳/۰۴۸	۰/۶	۲/۹	۸/۰۸	۱۵/۸	۲۶/۶
۳/۵۵۶	۰/۳	۲/۵	۷/۲	۱۴/۹	۲۵/۱
۴/۰۶۴		۲/۰۱	۶/۴	۱۳/۹	۲۳/۵
۴/۵۷۲		۱/۵	۵/۶	۱۲/۹	۲۱/۸
۵/۰۸۰		۱/۰۹	۴/۸	۱۱/۸	۲۰/۲
۵/۵۸۸		۰/۷	۴/۰۴	۱۰/۵	۱۸/۶
۶/۰۹۶		۰/۴	۳/۲	۹/۲	۱۷/۰۳
۶/۶۰۴			۲/۵	۸/۰۱	۱۵/۵
۷/۱۱۲			۲/۰۲	۶/۸	۱۴/۰۷
۷/۶۲۰			۱/۵	۵/۶	۱۲/۶
۸/۳۸۲			۰/۸	۴/۱	۱۰/۵
۹/۱۴۴				۲/۸	۸/۶
۹/۹۰۶				۱/۸	۷
۱۰/۶۶۸					۵/۴
۱۱/۴۳۰					۴/۰۴
۱۲/۱۹۲					۲/۸

جدول ۵-۹- آبدهی از لوله افقی برای X = ۱۵/۲۴cm

	قطر لوله (اینچ)				
	۲"	۳"	۴"	۵"	۶"
Y(cm)	آبدهی (l/s)				
۰/۶۱	۱۱/۱	۱۹/۵	۳۴/۵		
۰/۹۱	۹/۲	۱۷/۲	۳۱/۷	۶۱/۱	۷۸/۴
۱/۲۲	۷/۹	۱۵/۵	۲۹/۱	۵۴/۰۷	۷۰/۲
۱/۵۲	۷	۱۴/۴	۲۷/۴	۴۸/۷	۶۴/۲
۱/۸۳	۶/۳	۱۳/۵	۲۵/۴	۴۴/۴	۵۹/۷
۲/۱۳	۵/۸	۱۲/۷	۲۳/۷	۴۰/۷	۵۶/۰۹
۲/۴۴	۱/۱	۱۲/۱	۲۲/۳	۳۸/۲	۵۳/۲
۲/۷۴	۴/۹	۱۱/۶	۲۱/۲	۳۶/۲	۵۰/۹
۳/۰۵	۴/۷	۱۱/۰۴	۲۰/۱	۳۴/۲	۴۸/۷
۴/۵۷	۳/۷	۸/۷	۱۶/۷	۲۸/۳	۴۱/۶

ادامه جدول ۵-۹- آبدهی از لوله افقی برای X = ۱۵/۲۴cm

	قطر لوله (اینچ)				
	۲"	۳"	۴"	۵"	۶"
Y(cm)	آبدهی (l/s)				
۶/۱۰	۳/۲	۷/۵	۱۴/۴	۲۴/۶	۳۶/۷
۷/۶۲	۲/۸	۶/۶	۱۲/۹	۲۲/۰۸	۳۳/۱
۹/۱۴	۲/۵	۵/۹	۱۱/۸	۱۹/۸	۳۰/۰۳
۱۰/۶۷	۱/۱	۵/۴	۱۰/۶	۱۷/۵	۲۷/۱
۱۲/۱۹	۲/۲	۴/۹	۹/۵	۱۵/۰۱	۲۴/۳
۱۳/۷۲	۲/۰۲	۴/۴	۸/۳	۱۲/۱	۲۰/۹
۱۵/۲۴	۱/۸	۳/۹	۷/۳	۹/۴	۱۵/۵
۱۶/۷۶	۱/۷	۳/۱	۶/۲	۷/۰۶	
۱۸/۲۹	۱/۵	۲/۴	۵/۲		
۱۹/۸۱	۱/۴	۱/۸	۴/۳		
۲۱/۳۴	۱/۱				

جدول ۵-۱۰- آبدهی از لوله افقی برای X =۳۰/۴۸cm

	قطر لوله (اینچ)				
	۲"	۳"	۴"	۵"	۶"
Y(cm)	آبدهی (l/s)				
۲/۴۴	۹/۹	۲۰/۱	۳۵/۹	۶۳/۹	
۲/۷۴	۹/۳	۱۹/۲	۳۴/۵	۶۱/۴	۸۲/۹
۳/۰۵	۸/۷	۱۸/۴	۳۳/۴	۵۸/۳	۷۹/۲
۴/۵۷	۷/۱	۱۵/۵	۲۸/۰۱	۴۸/۱	۶۶/۵
۶/۱۰	۶/۲	۱۳/۵	۲۴/۹	۴۱/۳	۵۹/۲
۷/۶۲	۱/۱	۱۲/۱	۲۲/۶	۳۶/۷	۵۳/۲
۹/۱۴	۴/۹	۱۱/۱	۲۰/۹	۳۳/۴	۴۸/۷
۱۰/۶۷	۴/۶	۱۰/۱	۱۹/۲	۳۰/۸	۴۵/۲
۱۲/۱۹	۴/۲	۹/۴	۱۸/۱	۲۸/۸	۴۲/۴
۱۳/۷۲	۳/۹	۸/۸	۱۶/۹	۲۶/۸	۳۹/۹
۱۵/۲۴	۳/۷	۸/۳	۱۶/۱	۲۵/۴	۳۷/۶
۱۶/۷۶	۳/۵	۷/۹	۱۵/۲	۲۴/۳	۳۶/۲
۱۸/۲۹	۱/۱	۷/۵	۱۴/۷	۲۳/۲	۳۴/۵
۱۹/۸۱	۳/۲	۷/۱	۱۴/۱	۲۲/۳	۳۳/۱

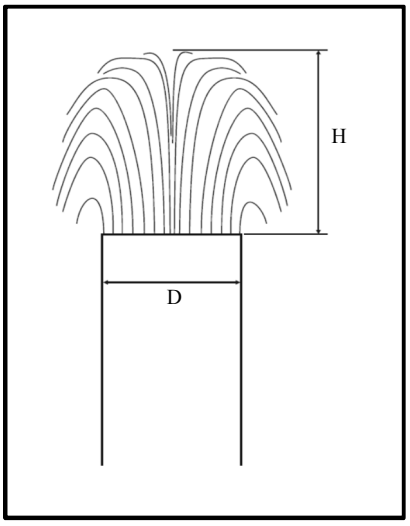
جدول ۵-۱۱- آبدهی از لوله افقی برای X = ۴۵/۷۲cm

قطر لوله (اینچ)					
۶"	۵"	۴"	۳"	۲"	
آبدهی (l/s)					Y(cm)
۸۸/۳	۶۳/۹	۳۹/۳	۲۱/۸	۱۰/۴	۴/۵۷
۷۹/۵	۵۷/۲	۳۵/۱	۱۹/۲	۹/۰۸	۶/۱۰
۷۲/۷	۵۲/۱	۳۱/۷	۱۷/۲	۸/۱	۷/۶۲
۶۷/۳	۴۷/۵	۲۹/۱	۱۵/۸	۷/۳	۹/۱۴
۶۲/۵	۴۴/۱	۲۷/۱	۱۴/۷	۱/۱	۱۰/۶۷
۵۸/۹	۴۱/۳	۲۵/۴	۱۳/۸	۶/۳	۱۲/۱۹
۵۵/۷	۳۸/۷	۲۴/۱	۱۲/۹	۵/۹	۱۳/۷۲
۵۲/۹	۳۶/۵	۲۲/۹	۱۲/۴	۵/۶	۱۵/۲۴
۵۰/۴	۳۴/۵	۲۱/۸	۱۱/۷	۵/۳	۱۶/۷۶
۴۸/۱	۳۲/۸	۲۰/۹	۱۱/۳	۵/۱	۱۸/۲۹
۴۶/۱	۳۱/۴	۲۰/۱	۱۰/۰۲	۴/۸	۱۹/۸۱
۴۴/۴	۳۰/۰۳	۱۹/۲	۱۰/۴	۱/۱	۲۱/۳۴

۵-۱۱-۳- روش جت قائم

همان‌طورکه لوله‌ها، تخلیه را به صورت افقی انجام می‌دهند، روشی برای اندازه‌گیری جریان در لوله‌های قائم نیز وجود دارد. این روش با فرض تبدیل فشار نظیر سرعت، به ارتفاع ستون آب قابل اندازه‌گیری در بالای لوله، صورت می‌گیرد. بنابراین برای تخمین شدت جریان لوله‌هایی که به صورت قائم جریان را به داخل هوا تخلیه می‌کنند، تنها نیاز به اندازه‌گیری پارامترهای قطر داخلی لوله (D) و ارتفاع جت بالای لوله (H) است (شکل ۵-۱۷).

به‌صورت تئوری این روش ایده خوبی است، اما اندازه‌گیری ارتفاع ستون آب به دلیل ریزش، موجی شدن و پراکندگی جریان، مشکل است. همچنین عمل اندازه‌گیری ارتفاع ستون آب می‌تواند به طور قابل توجهی، مقدار اندازه‌گیری را تغییر دهد. جدول (۵-۱۲) مقادیر جریان برای قطرهای مختلف لوله‌ها را نشان داده است.



شکل ۵-۱۷- پارامترهای اندازه‌گیری در جت قائم

جدول ۵-۱۲- مقادیر جریان (لیتر بر ثانیه) بر حسب قطر لوله (اینچ)

ارتفاع جت آب (cm)	قطر لوله (اینچ)							
	۲"	۳"	۴"	۵"	۶"	۸"	۱۰"	۱۲"
۲	-	۰/۲	۱/۱	۲/۲	۲/۶	۳/۸	۵/۰	۶/۳
۴	۰/۸	۲/۷	۴/۱	۵/۳	۶/۵	۹/۷	۱۲/۸	۱۶/۰
۶	۱/۹	۳/۸	۶/۱	۸/۸	۱۲/۰	۱۵/۰	۲۲/۱	۲۷/۷
۸	۲/۲	۴/۸	۸/۰	۱۳/۰	۱۶/۵	۲۵/۰	۳۲/۶	۴۰/۹
۱۰	۲/۵	۵/۵	۹/۵	۱۵/۰	۱۹/۵	۳۰/۰	۴۲/۰	۵۵/۳
۱۵	۳/۱	۶/۹	۱۲/۲	۱۸/۰	۲۷/۰	۴۵/۰	۶۵/۰	۹۰/۰
۲۰	۳/۶	۸/۰	۱۴/۲	۲۲/۱	۳۱/۰	۵۵/۰	۸۰/۰	۱۲۰/۰
۲۵	۴/۰	۹/۰	۱۶/۰	۲۴/۹	۳۵/۸	۶۲/۰	۹۵/۰	۱۵۰/۰
۳۰	۴/۴	۹/۹	۱۷/۶	۲۷/۴	۳۹/۴	۶۹/۸	۱۱۰/۰	۱۶۵/۰
۳۵	۴/۸	۱۰/۸	۱۹/۱	۲۹/۷	۴۲/۷	۷۵/۸	۱۲۵/۰	۱۷۰/۰
۴۰	۵/۲	۱۱/۵	۲۰/۵	۳۱/۹	۴۵/۹	۸۱/۳	۱۲۶/۸	۱۸۰/۰
۴۵	۵/۵	۱۲/۳	۲۱/۸	۳۴/۰	۴۸/۸	۸۶/۶	۱۳۴/۹	-
۵۰	۵/۸	۱۳/۰	۲۳/۰	۳۵/۹	۵۱/۶	۹۱/۵	۱۴۲/۷	-
۶۰	۶/۴	۱۴/۳	۲۵/۴	۳۹/۶	۵۶/۹	۱۰۰/۸	۱۵۷/۲	-
۷۵	۷/۲	۱۶/۱	۲۸/۶	۴۴/۵	۶۴/۰	۱۱۳/۵	۱۷۶/۹	-
۹۰	۷/۹	۱۷/۷	۳۱/۵	۴۹/۰	۷۰/۵	۱۲۵/۰	-	-
۱۰۰	۸/۴	۱۸/۸	۳۳/۳	۵۱/۹	۷۴/۶	۱۳۲/۲	-	-

فصل ۶

ضوابط انتخاب و نحوه بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری در شبکه‌های آبیاری ثقلی (مطالعه و طراحی)

۶-۱- طبقه‌بندی شبکه به لحاظ الزامات بهره‌برداری

نظام بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی می‌تواند در نوع سازه اندازه‌گیری و بهره‌برداری آن موثر باشد. چگونگی مدیریت آب، بخشی از نظام‌های شناخته شده بهره‌برداری به قرار زیر است:

۱- بهره‌برداری «دهقانی خرده‌مالکی، دهقانی، سهم‌بری، اجاره‌ای و .....»
۲- تعاونی‌های سنتی «بند، طاق، صحرا، حراسه، بنگول و ....»
۳- شرکت تعاونی تولیدی مشاع
۴- شرکت تعاونی تولید مراکز گسترش
۵- شرکت تعاونی تولیدی روستایی
۶- شرکت‌های سهامی زراعی
۷- شرکت‌های کشت و صنعت (دولتی و خصوصی)

مطلوبیت نظام بهره‌برداری منوط به پاسخگویی موفقیت‌آمیز در عرصه‌های تولید کشاورزی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است. یکی از شاخص‌ها در هریک از چهار عرصه فوق، مدیریت و توزیع مناسب آب قابل دسترسی بوده که لازمه آن وجود یک سامانه اندازه‌گیری کارآمد است.

از این‌رو در مطالعات شناخت طرح، مشخص نمودن نظام بهره‌برداری از اراضی و چگونگی مدیریت آب، تامین و انتقال و توزیع در تمامی ابعاد آن دارای اهمیت زیادی است. با توجه به وضعیت موجود، محدوده شبکه آبیاری در دست مطالعه و دیدگاه‌های مشاور و سیاست‌های نهایی کارفرما، نظام بهره‌برداری در طرح مشخص می‌گردد. به‌طبع این تصمیم یک یا چند شکل از اشکال نظام بهره‌برداری مورد اشاره را در برخواهد گرفت. هریک از نظام‌های بهره‌برداری هشت‌گانه فوق در دو گروه قابل طبقه‌بندی است:

گروه اول: نظام‌هایی که نیروی کار بر سرمایه تقدم دارد که می‌توان گروه‌های ۱ تا ۳ را در آن طبقه دانست.

گروه دوم: نظام‌هایی که سرمایه وجه غالب بوده و وجه مشخص آن‌ها، رابطه کارگری و کارفرمایی است که معمولا شامل انواع کشت وصنعت‌ها، واحدهای خصوصی بزرگ و متوسط، مکانیزه و نیمه مکانیزه موسسات کشاورزی و پاره‌ای از بهره‌برداری‌های بزرگ مالکی می‌شود؛ که عمدتا ردیف‌های۴ تا ۷ را در بر می‌گیرد. البته می‌توان از دیدگاه چگونگی شبکه آبیاری در سه حالت زیر نیز موضوع را بررسی کرد.

- شبکه سنتی (عمدتا شامل گروه ۱)
- شبکه مدرن یا پیشرفته (موارد ۲ تا ۷)
- شبکه تلفیقی (می‌تواند ترکیبی از گروه ۱ با سایر موارد باشد)

در گروه ۲، مدیریت و توزیع، شکل توزیع و تحویل آب با برنامه‌ریزی از قبل بوده و سامانه اندازه‌گیری متناسب با آن تعریف می‌شود. در این شرایط اگر توپوگرافی اجازه دهد، می‌توان در سامانه کنترل از پایین‌دست نیز تمرکز نمود و از دریچه‌های هیدرومکانیکال تنظیم سطح آب، جهت اندازه‌گیری در هر حالتی بدون نگرانی استفاده کرد.

در گروه ۱ اصولا توصیه می‌شود نظام بهره‌برداری از آب به صورت بنیادین دگرگون نشود و نظام بهره‌برداری موجود متناسب با شرایط شبکه ارتقاء یابد. طبعا سازمان و نظامات کهن و پذیرفته شده کارکردهای مطلوب‌تری خواهد داشت. در کانال‌های روباز، تا حد امکان از سازه‌های هیدرومکانیکال تنظیم‌کننده سطح آب استفاده نشود و در شبکه انتقال و توزیع و تحویل آب تحت‌فشار نیز چگونگی اندازه‌گیری حجمی جریان و محافظت از این تجهیزات باید مدنظر باشد.

موضوع حضور طایفه‌ها و قومیت‌های مختلفی که تعارضات تاریخی داشته باشند، یکی دیگر از عواملی است که لازم است مد نظر قرار گیرد.

۶-۲- ضوابط عمومی انتخاب نوع سازه و تاسیسات مناسب

اصولا مطالعات شبکه آبیاری و زهکشی شامل مجموعه فعالیت‌های نرم‌افزاری و بررسی‌هایی می‌شود که منجر به ساخت و استقرار تاسیسات و سازه‌هایی می‌گردد که آب را از منبع آب دریافت و در قطعه آبیاری به دست مصرف‌کننده می‌رساند. در یک طبقه‌بندی کلی این فعالیت‌ها شامل محورهای اصلی زیر است:

- مطالعات پایه
- بررسی و انتخاب ارکان اصلی طرح
- محاسبات و دستیابی به نیازها و الزامات
- جانمایی و آرایش شبکه
- کنترل تجانس و هماهنگی اجزا در سطوح مختلف
- طراحی

در شکل (۶-۱) موارد اصلی قابل توجه در طراحی شبکه و ارتباط کلی این فرآیند، نمایش داده شده است. همچنان‌که ملاحظه می‌شود، سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری در ارتباط منطقی با انتخاب روش‌های آبیاری، روش انتقال و توزیع سیستم کنترل جریان قرار داشته و انتخابی هستند. تجهیزات و روش‌های متنوع اندازه‌گیری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ثقلی وجود دارند که به تفصیل در فصل چهارم ارائه شده است. در انتخاب روش‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری آب درشبکه‌های ثقلی باید ملاحظات کلی زیر در نظرگرفته شوند:

- سازگاری سازه انتخابی با حدود تغییرات آبدهی در کانال
- توجه به پیوسته یا متناوب بودن جریان
- رعایت افت بارهیدرولیکی در اثر کاربرد سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری در طراحی
- استاندارد بودن و واسنجی تجهیزات

- دقت اندازه‌گیری مورد انتظار
- هزینه‌های اولیه و دوره‌ای قابل تامین برای سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری
- قابلیت عبور اجسام شناور از سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری درصورت لزوم
- توجه به رسوب‌گذاری در محل اندازه‌گیری
- امنیت و حفاظت سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری
- سهولت دسترسی (موجود بودن)
- سهولت به کارگیری سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری
- قابلیت جابه‌جایی سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری
- نیازهای نگهداری و تعمیرات

برای انتخاب سازه اندازه‌گیری یا یک دستگاه جریان‌سنج برای جریان آزاد در مجاری انتقال آب از منظر هیدرولیکی لازم است که پارامترهای کلیدی مانند موارد زیر مدنظر قرار گیرد:

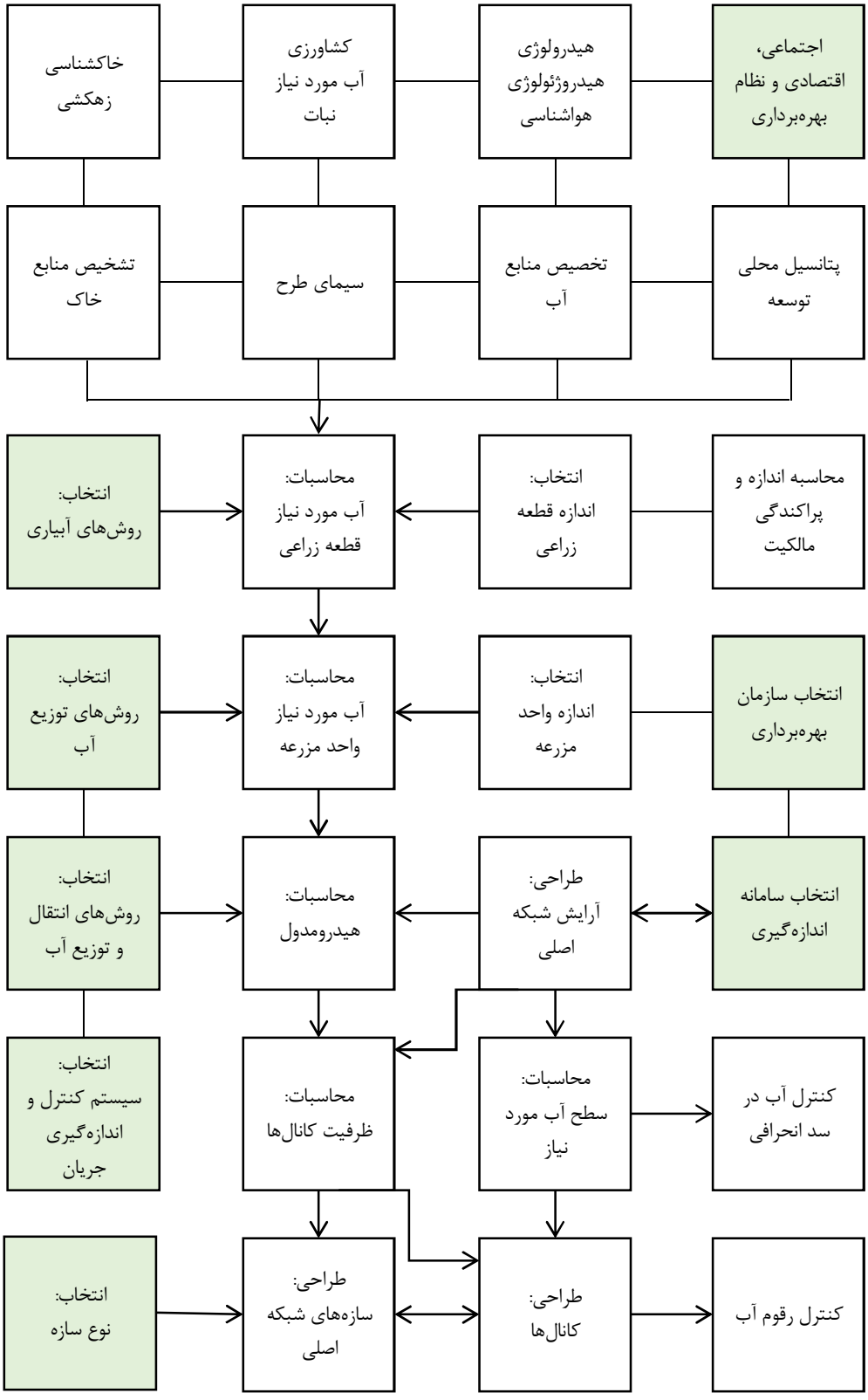
- دقت مورد نیاز اندازه‌گیری شدت‌جریان
- بار آبی موجود (افت بار هیدرولیکی، ΔH)
- حداقل و حداکثر شدت جریان
- نحوه توزیع و تحویل آب (دائمی، نوبتی یا تقسیم به نسبت و ...)
- میزان حمل رسوب
- مهارت کارگری در بهره‌برداری

و از منظر سازه‌ای لازم است به موارد فهرست شده در زیر توجه شود:

- دقت مورد نیاز اندازه‌گیری شدت جریان به لحاظ ارزش اقتصادی آب
- نوع شبکه و مصالح ساختمانی قابل دسترس
- نیروی انسانی و هزینه‌های نگهداری
- کیفیت آب
- شرایط اقلیمی

و از منظر مسائل اجتماعی، چند پارامتر کلیدی زیر مد نظر قرار گیرد:

- امنیت منطقه‌ای حفاظت از سازه
- فرهنگ مشارکتی بهره‌برداران



نمودار ۶-۱- نمودار اصول مطالعات پایه و جایگاه اندازه‌گیری در اجزای طراحی شبکه آبیاری

۶-۳- ضوابط انتخاب نوع سازه و تاسیسات مناسب در شبکه آبیاری ثقلی روباز

انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری جریان به عواملی مانند دقت مورد نیاز، هزینه، نیازهای نگهداری، محدوده شدت جریان و افت بار، بستگی دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل فنی، افت بار است، زیرا بیش‌تر ابزارهای اندازه‌گیری جریان باعث افت بار در هنگام عبور جریان از داخل آن‌ها می‌شوند. این امر زمانی ایجاد مشکل می‌کند که به دلیل توپوگرافی نسبتا مسطح در برخی از پروژه‌ها، بار آبی اضافی همواره در دسترس نیست و در چنین شرایطی ایجاد بار آبی اضافی در محل سازه‌های اندازه‌گیری در کانال‌های ثقلی، باعث افزایش ارتفاع خاکریزی و افزایش هزینه‌های پروژه می‌شود. همچنین در برخی از حالات و در شبکه‌های در دست بهره‌برداری، ایجاد بارآبی لازم بابت اندازه‌گیری جریان در موقعیت‌هایی که قبلا پیش‌بینی نشده است، ممکن است کشش کانال در این نقطه را کاهش دهد و باعث سرریز گردد.

نکته مهم دیگر در انتخاب ابزار اندازه‌گیری، تطبیق این ابزار با شرایط متغیر بهره‌برداری است؛ زیرا در بیشتر سامانه‌های آبیاری به دلیل نیاز آبی، الگوی زراعی و توزیع زمانی، شدت‌جریان در طول ماه‌های سال یکسان نبوده و دامنه تغییرات گسترده‌ای دارد.

روش‌های اندازه‌گیری می‌توانند بسیار ساده، مانند روش تقریبی سرعت- مساحت، یا پیچیده، مانند استفاده از حس‌گرهای الکترونیکی و الکترمغناطیسی باشند. هر کدام دارای مزایا و معایب مربوط به خود هستند. همه این ابزارها و روش‌ها دارای سطوح دقت متفاوت، هزینه‌های مختلف و الزامات ویژه‌ای برای نگهداری هستند که باید در هنگام تصمیم‌گیری درباره تجهیزات یا سازه اندازه‌گیری جریان و روش اندازه‌گیری در نظر گرفته شوند.

در صورتی که ابزار اندازه‌گیری برای تعیین هزینه فروش آب مورد استفاده قرار گیرد، برای شفافیت و برقراری عدالت، ناگزیر باید از ابزارهای اندازه‌گیری دقیق‌تر استفاده شود. واسنجی کامل این ابزارها برای رسیدن به سطح دقت قابل قبول بسیار مهم است. هزینه ابزارهای اندازه‌گیری آب نه تنها دربرگیرنده هزینه سرمایه‌ای (هزینه تجهیزات یا طراحی، ساخت و واسنجی در جایی که این ابزارها سازه‌های دائمی هستند) است، بلکه هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری متناسب با هرکدام را نیز دربر می‌گیرد.

روش‌ها و ابزارهای مختلف اندازه‌گیری جریان، نیازهای نگهداری متفاوتی دارند. برای مثال، اگر جریان، حاوی رسوب و آشغال باشد، سرریزها و فلوم‌ها نیازمند تمیزکردن دوره‌ای مجرای ورودی به سازه هستند و اندازه‌گیری جریان نه فقط مستلزم تمیزکردن منظم خود تجهیزات است، بلکه مقطعی از کانال که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود نیز باید به‌طور منظم تمیز شود. برای اطمینان از عملکرد کامل حس‌گر الکترونیکی، لازم است این دستگاه‌ها هر از چند گاهی مورد بازدید قرار گیرند.

نحوه بهره‌برداری و طول عمر ابزارهای اندازه‌گیری جریان، بستگی به محیطی دارد که در آن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. این امر به خصوص برای مواردی که ابزار اندازه‌گیری دارای بخش‌های متحرک یا حس‌گر هستند، مهم است.

برای مثال، اسیدی یا قلیایی بودن آب، ممکن است باعث خوردگی بخش‌های فلزی شود، این ابزار باید با محیط محلی هماهنگی داشته و در برابر خراب‌کاری به خوبی محافظت شوند.

جهت اطلاع عمومی کاربران، ضوابط انتخاب اندازه‌گیرها در شبکه آبیاری و زهکشی از دو مرجع متفاوت در قالب عناوین زیر ارائه می‌شود:

الف- مشخصات انواع سازه‌ها و الگوریتم انتخاب هر سازه

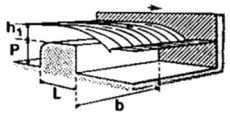
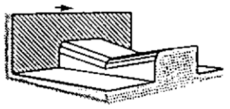
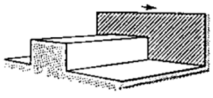
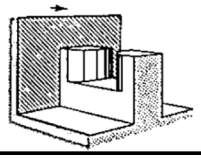
ب- انتخاب کاربردی وسایل اندازه‌گیری و محدودیت‌ها و امکانات (آزاد و تحت فشار)

اما آنچه مسلم است، بسیاری از این سازه‌ها کاربردهای محدودی داشته و جمع‌بندی کلی و انتخاب نهایی در شرایط ایران در چند مورد خلاصه می‌شود که در بندهای ۶-۳ و ۶-۴ ارائه شده است.

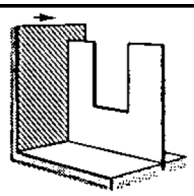
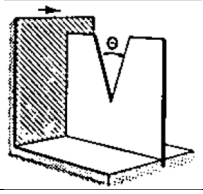
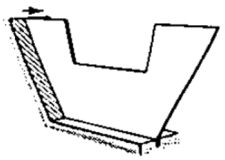
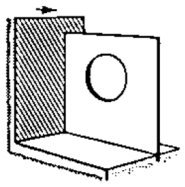
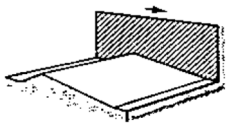
۶-۳-۱- مشخصات انواع سازه‌ها و الگوریتم انتخاب هر سازه

خلاصه‌ای از مشخصات مورد نیاز جهت انتخاب سازه مناسب در جدول (۶-۱) و الگوریتم روند انتخاب سازه در شکل‌های (۶-۲) تا (۶- ۳-d) ارائه شده است.

جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش اول)

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نام سازه و شماره بخش توضیحات	نمای سازه	شکل قسمت کنترل‌کننده عمود بر جریان و U-VALUE	M: اندازه‌گیری MR: اندازه‌گیری و تنظیم	H_1 min یا Δh min	H_1 max یا Δh max	حداقل ارتفاع سرریز در بالای بستر کانال p	حداقل اندازه کنترل b یا B، w و D_p	محدوده زاویه شیار (θ درجه)
سرریز لبه- پهن افقی دماغه گرد (۲-۴-۴)		مستطیل u=۱/۵	MR	۰/۰۶m L ۰/۰۵	۰/۵L	۰/۱۵m H1 ۰/۳۳	۰/۳۰m H1 max L ۰/۲	-
سرریز لبه-پهن مثلثی (۴-۴-۲)		(پخ‌دار) سه‌گوش u=۱/۷ – ۲/۵	MR	۰/۰۶m ۰/۰۵L	۰/۵L-۰/۷L	۰/۱۵m ۰/۳۳H1	۰/۳۰m H1 max ۰/۲L	۳۰-۱۸۰
سرریز با مقطع مستطیلی لبه-پهن (۲-۴-۴)		مستطیل u=۱/۵	MR	۰/۰۶m ۰/۰۸L	←۰/۸۵ L* ←۱/۵۰ L	۰/۱۵m اگر ۰/۴h1 اگر ۰/۶۵h1	۰/۳۰m H1 max ۰/۲L	-
سرریز Faiyum		مستطیل u=۱/۶	M	۰/۰۶m ۰/۰۸L	۱/۶L	۰/۱۵m	۰/۰۵m ۳h1/A1	-

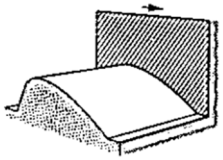
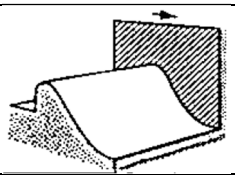
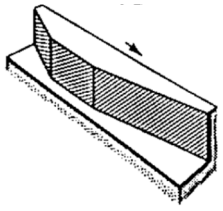
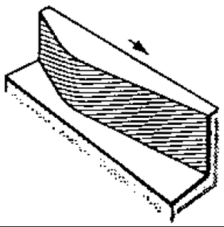
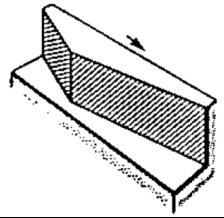
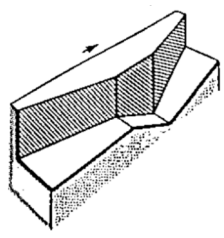
ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش اول)

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نام سازه و شماره بخش توضیحات	نمای سازه	شکل قسمت کنترل‌کننده عمود بر جریان و U-VALUE	M: اندازه‌گیری MR: اندازه‌گیری و تنظیم	H_1 min یا Δh min	H_1 max یا Δh max	حداقل ارتفاع سرریز در بالای بستر کانال p	حداقل اندازه کنترل b یا B، D_p و w	محدوده زاویه شیار (θ درجه)
سرریز لبه-تیز مستطیلی (۱-۴-۴)		مستطیل u=۱/۵	M← یا MR←	۰/۰۷m ۰/۰۳m	۰/۶۰m ۰/۵b ۲/۴p	۰/۳۰m ۲h1 ۰/۱۰m ۰/۵h1	۰/۳۰m B-b > ۴ h1 ۰/۱۵m	-
سرریز لبه-تیز مثلثی (شیار V) (۱-۴-۴)		مثلث u=۲/۵	M← M←	۰/۰۵m ۰/۰۵m	۰/۶۰m ۱/۲p ۰/۳۸m ۰/۴p	۰/۱۰m ۰/۴۵m	B1 ≥ ۲/۵h1 B1 ≥ ۵/۰h1	۹۰ ۲۵-۱۰۰
سرریز سیپولتی (Cipoletti) (۱-۴-۴)		ذوزنقه u=۱/۵	MR	۰/۰۶m	۰/۶۰m	۰/۳۰m ۲h1	b ≥ ۰/۳۰ m ۰/۵h1	-
سرریز مدور (۱-۴-۴)		دایره متغیر u (u ≤ ۲/۰)	M	۰/۰۳m ۰/۱d	۰/۹d	۰/۱۰m ۰/۵d	d ≥ ۰/۲۰ m	-
سرریز دوبعدی با مقطع مثلثی		مستطیل u=۱/۵	M	۰/۰۳m *فولاد ۰/۰۶m بتن	۳/۰۰m ۳/۰p	۰/۰۶m ۰/۳۳H1	۰/۳۰m ۲H1	-

ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش اول)

۱	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
نام سازه و شماره بخش توضیحات	Q_{min} (m^3/s)	Q_{max} in یا q max in (m^3/s)	$y=\frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	محدوده مدول $\frac{H_2}{H_1}$ یا افت بار آبی	خطا در C_e یا C_dC_v (٪)	حساسیت در بار آبی حداقل per 0.01 ٪ (m)	ظرفیت عبور آوار	ظرفیت عبور رسوب ++ خیلی خوب؛ + خوب؛ □ متوسط؛ - ضعیف؛ -- خیلی‌ضعیف	توضیحات
سرریز لبه- پهن افقی دماغه گرد (۲-۴-۴)	۰/۰۰۶۶ b=۰/۳۰m	q=۴/۷ H_1=۲/۰m	۳۵	۰/۷-۰/۹۵*	$2(21-20C_d)$	۲۵	+	□	*مقدار وابسته به شیب وجه پشت و نسبت p_2/H_2
سرریز لبه-پهن مثلثی (۴-۴-۲)	۰/۰۰۲۶ در θ=۳۰°	متغیر	۸۳۰*	۰/۸-۰/۹۵	$2(21-20C_d)$	۴۲	بسته به θ + تا □	□	کنترل با مثلث $0.05L\leq H_1\leq 0/7L$
سرریز با مقطع مستطیلی لبه-پهن (۲-۴-۴)	۰/۰۰۶۴	Q=۵/۰۷ H_1=۲/۰m	۳۵* ۸۱	۰/۶۶-۰/۳۸	$10F-8$ $1\leq F\leq 1.24$	۲۵	□	□	*وابسته به ارتفاع سرریز p
سرریز Faiyum	۰/۰۰۱۱	Q=۵/۱ H_1=۲/۰m	۹۰	۰/۶۶*	۵	۲۵	□	-	*معمولا کم‌تر
سرریز لبه-تیز مستطیلی (۱-۴-۴)	۰/۰۰۹۹۷ ۰/۰۰۱۳۷	q=۰/۸۱۲ متغیر	۲۴/۵ اگر b≥۱/۲m حدود ۳۰	افت بار آبی $=H_1+0/05$ (هر دو)m	۱ ۱	۲۵ ۲۵	-- -	-- --	سرریز تمام انقباضی عرض کامل و سرریز نیمه انقباضی
سرریز لبه-تیز مثلثی (شیار V) (۱-۴-۴)	۰/۰۰۰۸ حدود ۰/۰۰۰۲ اگر θ=۲۸° ۴'	Q=۰/۳۹۰ حدود Q=۰/۱۴۵ اگر θ=۱۰۰°	حدود ۵۰۰ حدود ۱۵۰	افت بار آبی $\geq H_1$	۲ ۱	۵۰ ۵۰	- - - -	- - - -	نیمه انقباضی تمام انقباضی
سرریز سیپولتی (Cipoletti) (۱-۴-۴)	Q=۰/۰۰۸۲ b=۰/۳۰m	Q=۰/۸۶۴	۳۶/۴	افت بار آبی = $H_1+0/05$m	۵	۲۵	- -	- -	
سرریز مدور (۴-۱-۴)	۰/۰۰۰۹۱ D=۰/۲۰m	متغیر	۵۵/۹ اگر d≥۰/۳۰m	افت بار آبی = $H_1+0/05$m	۲	۶۷	- -	- -	
سرریز دوبعدی با مقطع مثلثی	۰/۰۰۳۱ h_1=۰/۰۳m ۰/۰۰۶۸ b=۰/۳۰m h_1=۰/۰۶m	q=۱۰/۱۸	۱۰۰۰* یا ۳۵۰	۰/۷۵	$10C_v-9$	۵۰ یا ۲۵	+ +	+	*به جنس تاج بستگی دارد. برای وجه پشتی ۱تا۵ صادق است

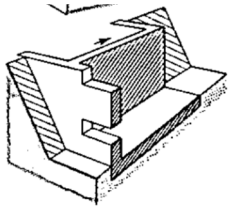
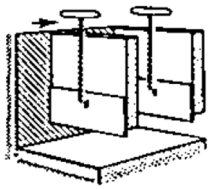
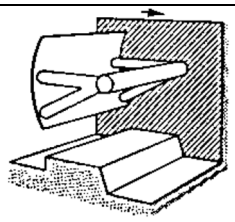
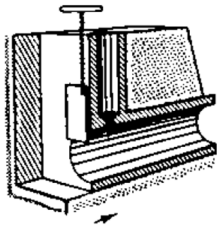
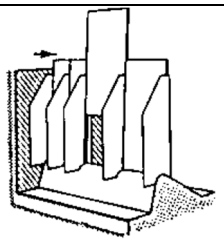
ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش دوم)

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
محدوده زاویه شیار (θ درجه)	حداقل اندازه کنترل b یا B، D_p و w	حداقل ارتفاع سرریز در بالای بستر کانال p	H_1 max یا h maxΔ	H_1 min یا h minΔ	M: اندازه‌گیری MR: اندازه‌گیری و تنظیم	شکل قسمت کنترل‌کننده عمود بر جریان و U-VALUE	نمای سازه	نام سازه و شماره بخش توضیحات
	۰/۳۰m $2H_1$	۰/۱۵m $0/2h_1$	*وابسته به h_d ۰/۵p	۰/۰۶m	M	مستطیل u=۱/۵		سرریز تخلیه مازاد استاندارد WES
-	۰/۳۰m $2H_1$	۰/۱۵m $0/33h_1$	r*وابسته به ۳/۰p	۰/ ۰۶m ۰/ ۱r	MR	مستطیل u=۱/۵		سرریز لبه استوانه‌ای
- ۳۰ – ۱۸۰ شیب جانبی متغیر** - -	۰/۳۰m* B ≥ ۰/۱۰ m* B ≥ ۰/۳۰ m* f ≥ ۰/۱۰ m* d ≥ ۰/۲۰ m*	۰ اما Fr ≤ 0.5 (درتمامی فلوم‌ها)	۱/۰L ۱/۰B (در تمامی فلوم‌ها) (H_1≤ ۳/۰m)	۰/ ۰۶m ۰/ ۱L (در تمامی فلوم‌ها)	M (تمامی فلوم‌ها)	مستطیل u=۱/۵ (پخ‌دار) سه‌گوش u=۱/۷ – ۲/۵ ذوزنقه u=۱/۶ – ۲/۴ سهمی‌وار u=۲/۰ (نیم)-دایره ۲/۰ (متغیر) ≤u		فلوم گلو- بلند (۵ شکل پایه‌ای) (۴-۵-۲)
-	۰/۲۰m H_1 max	۰	۲m ۱/۵R	۰/ ۰۶m	M	مستطیل u=۱/۵		فلوم‌های بدون گلوی منحنی (۴-۵-۳)
-	۰/۳۰۵m only	۰	۱/۸m	۰/ ۰۶m	M	مستطیل u=۱/۵		فلوم‌های بدون گلوی زاویه‌دار (۴-۵-۳-۲)
- - -	۰/۰۲۵۴m- ۰/۰۷۶۲ m ۰/۱۵۲۴m- ۲/۴۳۸ m ۳/۰۴۸m- ۱۵/۲۴ m	۰ سطح زمین	۰/۲۱m- ۰/۳۳ m ۰/۴۵m- ۰/۷۶ m ۱/۰۷m- ۱/۸۳ m	۰/۰۱۵m و ۰/ ۰۳m ۰/۰۳m, و۰/۰۴۵ m ۰/۰۷۶ ۰/۰۹m	M (تمامی فلوم‌ها)	مستطیل u=1.55 u=1.522 – 1.607 u=1.60		پارشال فلوم‌ها (۲۲ گونه) (۴-۵-۳-۱)

ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش دوم)

۱	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
نام سازه و شماره بخش توضیحات	Q_{min} (m^3/s)	Q_{max} in یا q max in (m^3/s)	$y=\frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	محدوده مدول $\frac{H_2}{H_1}$ یا افت بار آبی	خطا در C_e یا C_dC_v (٪)	حساسیت در بار آبی حداقل per 0.01 (٪) (m	ظرفیت عبور آوار	ظرفیت عبور رسوب	توضیحات
							++ خیلی خوب؛ + خوب؛ □ متوسط؛ - ضعیف؛ -- خیلی‌ضعیف		
سرریز تخلیه مازاد استاندارد WES	۰/۲۵ b=۱/۰m	متغیر*	حدود ۱۰۰۰، اما وابسته به مقدار h_d	۰/۳۰	۵	۲۵	++	+	*حداقل فشار بر تاج محدود است به ۴m- ستون آب
سرریز لبه استوانه‌ای	۰/۰۰۶۴ b=۰/۳۰m	متغیر*	حدود ۷۵۰، اما وابسته به نسبت H_1/r	۰/۳۳	۵	۲۵	++	+	حداقل فشار بر تاج محدود است به ۴m- ستون آب
فلوم گلو- بلند (۵ شکل پایه‌ای) (۴-۵-۲)	۰/۰۰۶۶ b=۰/۳۰m ۰/۰۰۰۹۸ Θ=۹۰° ۰/۰۰۳۶ b=۰/۰۸m Slope ۱:۲ ۰/۰۰۲۷ f=۰/۱۰m ۰/۰۰۲۶ d=۰/۲۰m	متغیر نسبت به اندازه گلوگاه	۳۵ ≤۳۱۵ ≤۲۵۰ ۱۰۰ ۱۰۰ اگر d≥۰/۶۰m	۰/۷۰-۰/۹۵ وابسته به شرایط پایین‌دست	۲ (۲۱-۲۰C_d) برای تمام فلوم‌ها	۲۵ ۲۸ - ۴۲ ۲۷ - ۴۰ ۳۳ ≤۳۳	++ ++ ++ ++ ++	+ ++ ++ ++ ++	* برای تمام فلوم‌ها؛ در بیش‌ترین سطح: B > ۰/۳۰ m B > H_1 max B > L/5 ** نسبت شیب جانبی بین ۱:۱ تا ۴:۱ تغییر می‌کند. (عمودی:افقی)
فلوم‌های بدون گلوی منحنی (۴-۵-۳)	۰/۰۰۵۰ b= ۰/۲۰m	q=۴/۸۲ H_1=۲/۰۰m	۱۹۰	حدود ۰/۵۰	۸	۲۵	++	+	
فلوم‌های بدون گلوی زاویه‌دار (۴-۵-۳-۲)	-	-	-	-	-	۲۵	++	+	به دلیل کمبود داده‌ها پیشنهاد نمی‌شود
پارشال فلوم‌ها (۲۲ گونه) (۴-۵-۳-۱)	۰/۰۰۰۰۹- ۰/۰۰۰۷۷ ۰/۰۰۱۵- ۰/۰۹۷۲ ۰/۱۶- ۰/۷۵m^3/s	۰/۰۰۵۴- ۰/۰۳۲۱ ۰/۱۱۱- ۳/۹۴۹ ۸/۲۸- ۹۳/۰۴m^3/s	حدود ۵۵ حدود ۷۵ حدود ۱۰۵	۰/۵۰ ۰/۶۰ و ۰/۷۰ ۰/۸۰	۳ ۳ ۳	۵۲ - ۱۰۳ ۲۱ - ۵۳ ۱۸	++ ++ ++	+ + +	فلوم‌های بسیار کوچک؛ ۱، ۲ و ۳ اینچ فلوم‌های کوچک؛ ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ تا ۸ فوت فلوم‌های بزرگ؛ ۱۰ تا ۵۰ فوت

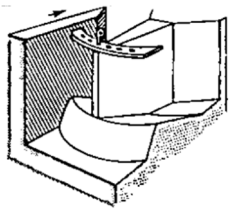
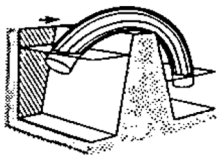
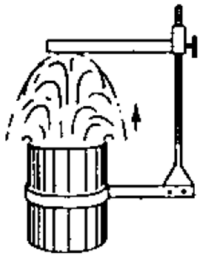
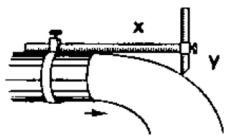
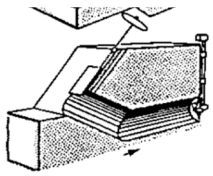
جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش سوم)

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
محدوده زاویه شیار (θ درجه)	**حداقل اندازه کنترل b یا B، D_p و w**	**حداقل ارتفاع سرریز در بالای بستر کانال p**	**H_1 max یا Δh max**	**H_1 min یا Δh min**	**M: اندازه‌گیری MR: اندازه‌گیری و تنظیم**	**شکل قسمت کنترل‌کننده عمود بر جریان و U-VALUE**	**نمای سازه**	**نام سازه و شماره بخش توضیحات**
-	$b \geq ۰/۳۰$ m $w \geq ۰/۰۲$ m	۰	-	$\Delta h \geq ۰/۰۳$ m $y_1 \geq ۰/۱۵$ m	M، اما درصورت تحت‌فشار MR	مستطیل u=۰/۵		روزنه مستطیلی لبه-تیز
-	معمولا* $b = ۰/۶۰$ m و $b = ۰/۷۵$ m	۰	$\Delta h = ۰/۰۶$ m	$\Delta h \geq ۰/۰۶$ m $y_1 \geq ۲/۵$ w	MR	مستطیل u=۰/۵		روزنه با بار-ثابت (CHO) (۴-۶-۳)
-	$b \geq ۰/۳۰$ m $w \geq ۰/۰۲$ m	۰	$y_1 \geq ۱/۲$ r	$y_1 \geq ۰/۱۵$ m $y_1 \geq ۱/۲۵$ w $y_1 \geq ۰/۱$ r	MR	مستطیل u=۰/۵		دریچه قطاعی (۴-۷-۱)
-	$D_p \geq ۰/۳۰$ m $w \leq ۰/۷۵ D_p$ $w \geq ۰/۰۲$ m	$۰/۱۷ D_p$	$\Delta h \leq ۰/۴۵$ m	$h_1 \geq ۱/۰ D_p$ $\Delta h \geq ۰/۰۵$ m	MR	بخشی از دایره u=۰/۵		دریچه اندازه‌گیر (۴-۶-۲)
-	۰/۰۵m ۰/۰۵m	۰/۱۶m ۰/۲۶m	$h_d \leq p$ و $h_d \leq ۰/۳۵ p_2$	$h_d = ۰/۱۷$ m $h_d = ۰/۲۸$ m	MR	مستطیل u=۰/۵		مدول نیرپیک (۴-۶-۴)

ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش سوم)

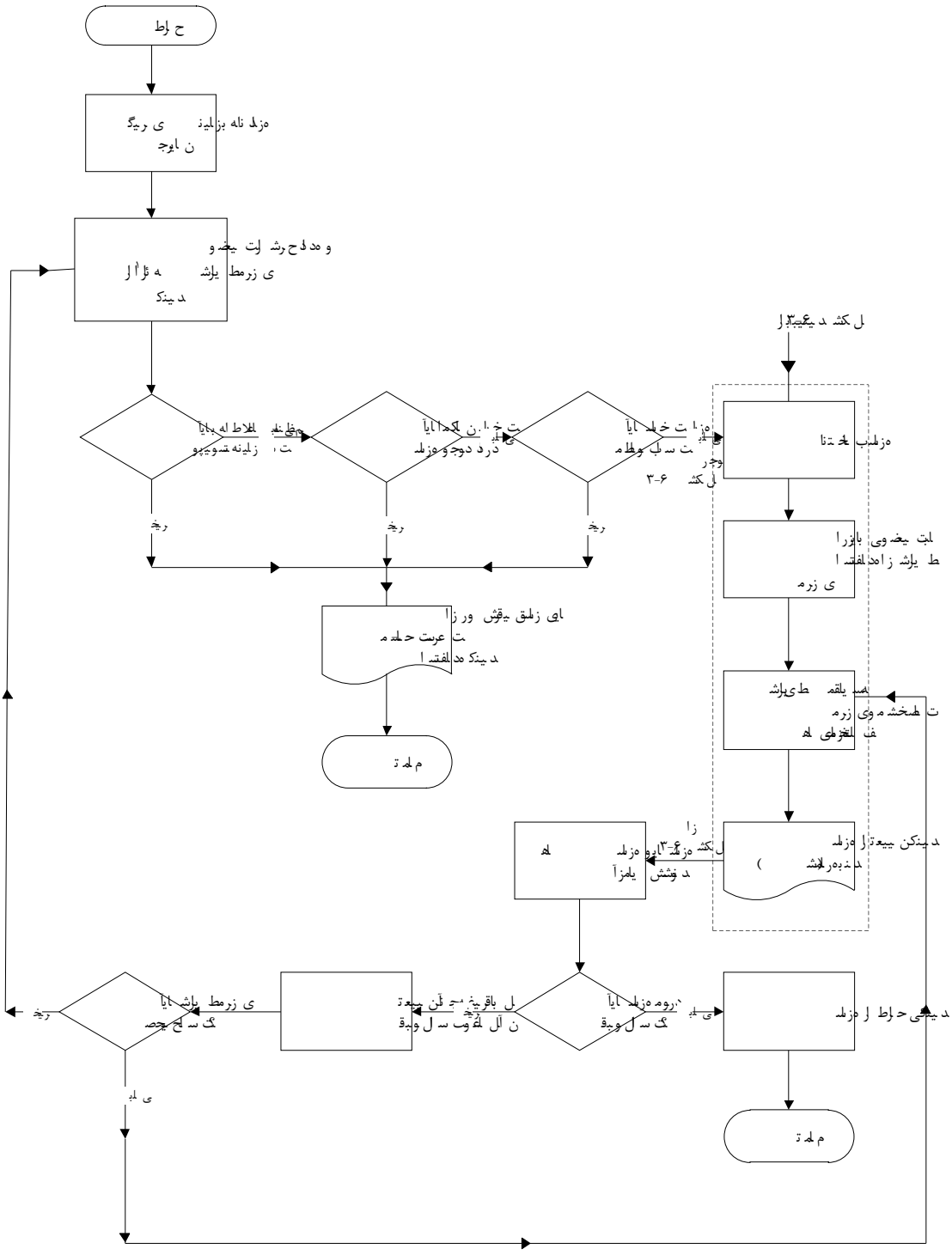
۱	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
نام سازه و شماره بخش توضیحات	Q_{min} (m^3/s)	Q_{max} in یا q max in (m^3/s)	$y = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	محدوده مدول $\frac{H_2}{H_1}$ یا افت بار آبی	خطا در C_e یا C_dC_v (٪)	حساسیت در بار آبی حداقل per 0.01 (m)	ظرفیت عبور آوار	ظرفیت عبور رسوب	توضیحات
							++ خیلی خوب؛ + خوب؛ □ متوسط؛ - ضعیف؛ -- خیلی‌ضعیف		
روزنه مستطیلی لبه-تیز	۰/۰۰۲۸	متغیر	۵/۸*	مستغرق	۲ - ۳	۱۷	--	□ اگر p=۰	۰/۰۳m≤Δh≤۱/۰m* و A ثابت
روزنه با بار-ثابت (CHO) (۴-۶-۳)	۰/۰۰۸۶* ۰/۰۱۰۷	Q=۰/۱۴۰ * Q=۰/۲۸۰	۱۶** ۲۶	مستغرق، اما معمولا $\Delta h_t \geq$ ۰/۳۰ m	≥۷	۸	--	-	* دریچه روزنه‌ها معمولا در دو اندازه ۰/۶×۰/۴۵متر و ۰/۶×۰/۷۵متر **اگر A تغییرکند
دریچه قطاعی (۴-۷-۱)	۰/۰۰۵ Y_1=۰/۱۵ m	متغیر	* حدود ۳۵	متغیر	۵	۸	-	++	* اگر A تغییرکند اگر دریچه کاملا بازشود، y بیش‌تر می‌شود.
دریچه اندازه‌گیر (۴-۶-۲)	۰/۰۰۷۶ D_p=۰/۳۰ m	Q=۲/۱۰ DP=۱/۲۲ m	۷ - ۴۵	$h_2 \geq$ ۰/۱۵m $\Delta h_t \geq$ ۰/۳۰m	۳ -۶	۸	-	-	معمولا ۰/۲۰m≤D_p≤۱/۲۲m
مدول نیرپیک (۴-۶-۴)	۰/۰۰۰۵ ۰/۰۰۱۰	q=۰/۱۰۰ q=۰/۲۰۰	۱* ۱	۰/۶۰ ۰/۶۰	۵ ۵	۳ ۱/۸	-- --	□ □	نوع X1 نوع XX2 تنظیم شدت‌جریان با دریچه‌های ورودی و خروجی

ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش چهارم)

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نام سازه و شماره بخش توضیحات	نمای سازه	شکل قسمت کنترل‌کننده عمود بر جریان و U-VALUE	M: اندازه‌گیری MR: اندازه‌گیری و تنظیم	H_1 min یا Δh min	H_1 max یا Δh max	حداقل ارتفاع سرریز در بالای بستر کانال p	حداقل اندازه کنترل b یا B، w و D_p	محدوده زاویه شیار (θ درجه)
مقسم متحرک (۴-۷-۵)		مستطیل u=۱/۵	MR	۰/۰۶m ۰/۵۰r	۱/۰p ۰/۳۵p2 ۴/۰r	۰/۱۵m ۰/۳۳H_1	۰/۳۰m ۲/۰H_1	-
سیفون کوچک		مدور u=۰/۵	M	۰/۰۳m	۱/۲۰m	۱/۰Dp	Dp≥۰/۰۱۵m Dp≥۰/۰۳m	-
جریان فواره ای در لوله عمودی (۵-۱۱-۳)		مدور u=۱/۳۵ یا u = ۰/۵۳	M	۰/۰۳m	۴/۰m	-	Dp≥۰/۰۲۵m Dp≤۰/۶۰۹m	-
جریان پرتابی (۵-۱۱-۱) (۵-۱۱-۲)		مدور u ≤۲> ۱/۵ u=۱/۵ (در مقابل y)	M M	ye = ۰/۲m ۰/۱Dp ye ≥ Dp Y≥ ۰/۰۲۵	ye≤۰/۵۶Dp ye≤۰/۱۵m*	-	Dp≥۰/۰۵m ۰.۰۵≤Dp≤۰/۱۵m	-
اندازه‌گیر پروانه‌ای (۴-۷- ۲-پ)		عموما مدور بدون u-value	MRV	v > ۰/۴۵ m/s	v < ۵/۰ m/s	-	۰.۰۵≤Dp≤۱/۸۲m	-

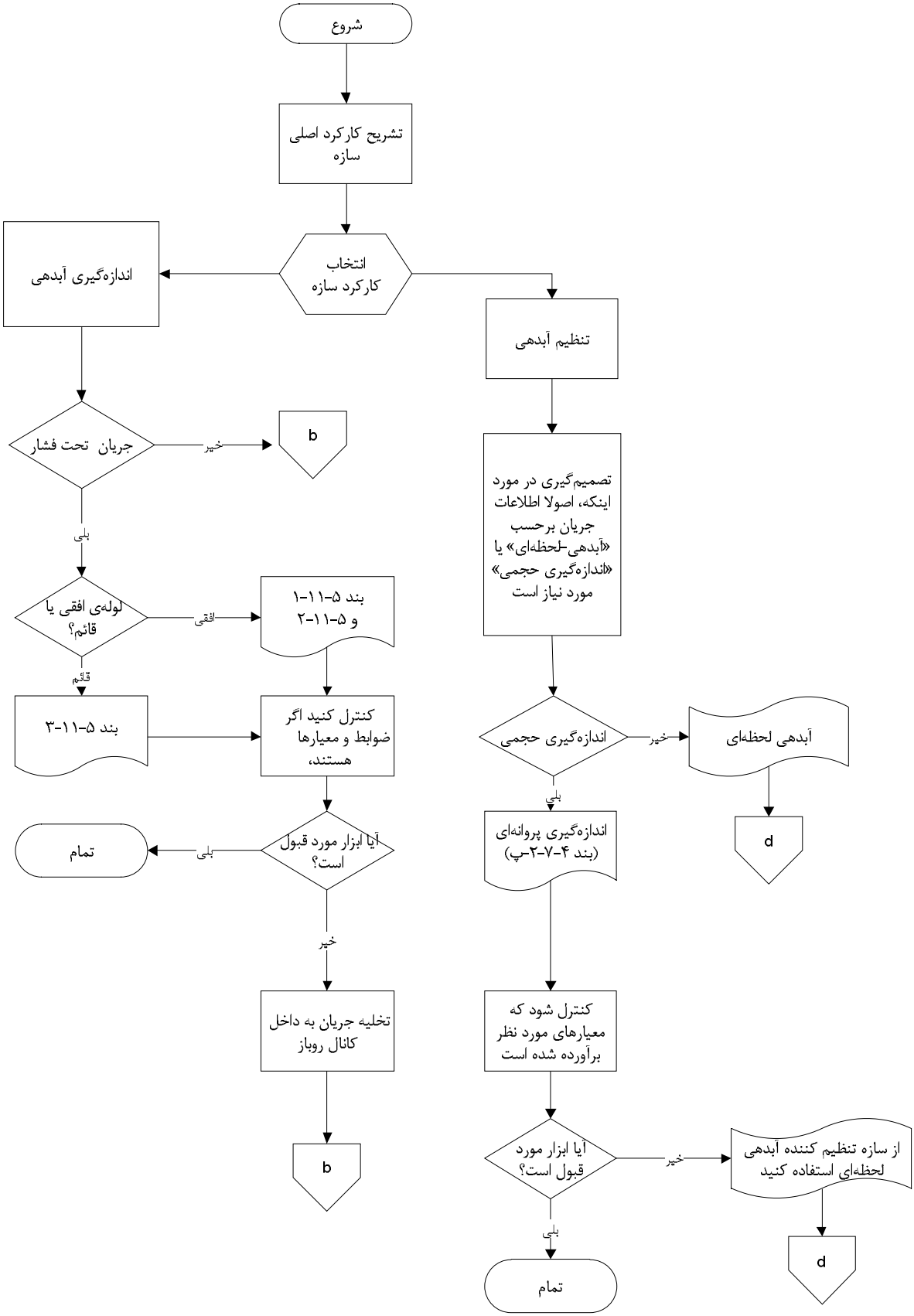
ادامه جدول ۶-۱- مشخصات انواع سازه‌ها (بخش چهارم)

۱	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
نام سازه و شماره بخش توضیحات	Q_{min} (m^3/s)	Q_{max} in یا q max in (m^3/s)	$y = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	محدوده مدول $\frac{H_2}{H_1}$ یا افت بار آبی	خطا در C_dC_v یا C_e (٪)	حساسیت در بار آبی حداقل per ٪) (0.01 m	ظرفیت عبور آوار	ظرفیت عبور رسوب	توضیحات
							++ خیلی خوب؛ + خوب؛ □ متوسط؛ - ضعیف؛- - خیلی‌ضعیف		
مقسم متحرک (۵-۷-۴)	۰/۰۰۷۵ b=۰/۳۰ m	q= ۵/۶۹ H_1=۲/۰۰m	۳۰*	۰/۶۰	۵	۲۵	- -	+	*شکل‌های دیگری از سرریز ممکن است.
سیفون کوچک	۰/۰۰۰۰۶ ۰/۰۰۰۳۷	متغیر	۶ ۶	معمولا مستغرق	۱۰ ۱۰	۱۷ ۱۷	- - - -	- - - -	$L > ۲۰D_p$ $۶D_p \leq L \leq ۲۰D_p$
جریان فواره ای در لوله عمودی (۵-۱۱-۳)	۰/۰۰۰۴۸ D_p=۰/۰۲۵m	Q=۲/۴۵ D_p=۰/۶۰۹ m	۲۳۷	تخلیه باید آزادانه در هوا باشد.	۱۵-۲۰	۵۰	- -	- -	
جریان پرتابی (۵-۱۱-۱) (۵-۱۱-۲)	۰/۰۰۰۶۲ D_p=۰/۵m ۰/۰۰۲۰ D_p=۰/۰۵ m	متغیر Q=۰/۱۰۰ D_p=۰/۱۵m	۴۲ ۲/۵	تخلیه باید آزادانه در هوا باشد.	۳ ۱۵	۱۰۰ ۲۰	- - - -	- - - -	روش عمق برینک روش پرتابه؛ X=۰/۱۵۲, ۰/۳۰۵ , ۰/۴۷۵m
اندازه‌گیر پروانه‌ای (۴-۷- ۲-پ)	۰/۰۰۰۸ D_p= ۰/۰۵ m	Q=۱۳/۰ D_p=۱/۸۲m	۱۰	معمولا $\Delta h \geq$۰/۵۰m	۵*	-	□	+	نوع X1 نوع XX2 تنظیم شدت‌جریان با دریچه‌های ورودی و خروجی

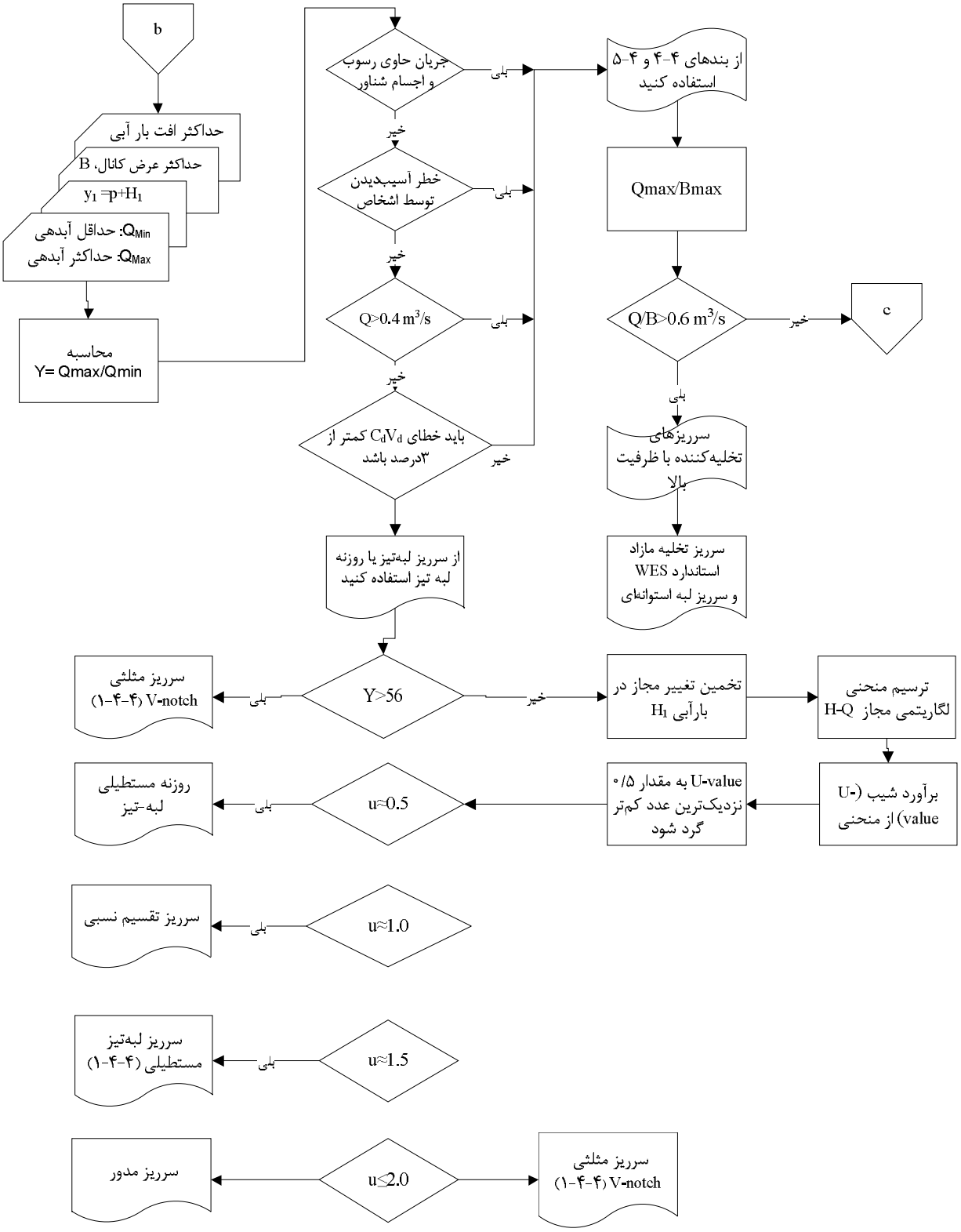


شکل ۶-۲- انتخاب فرآیند اندازه‌گیری آبدهی یا سازه تنظیم کننده

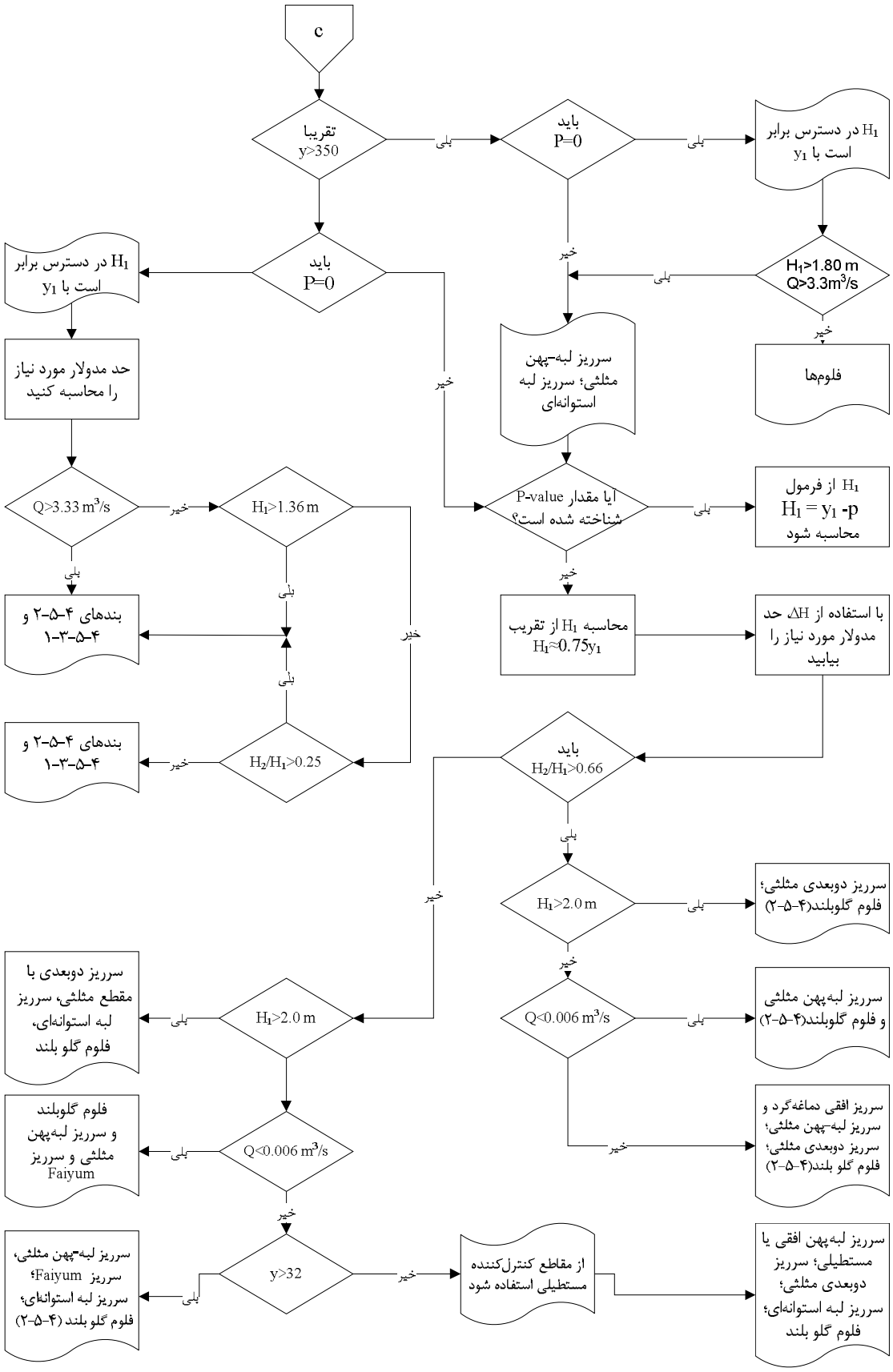
۱- شرایط مرزی: ارزیابی و انطباق مشخصات هیدرولیکی سازه با شرایط واقعی یا محیطی که سازه در آن شرایط باید عمل کند.



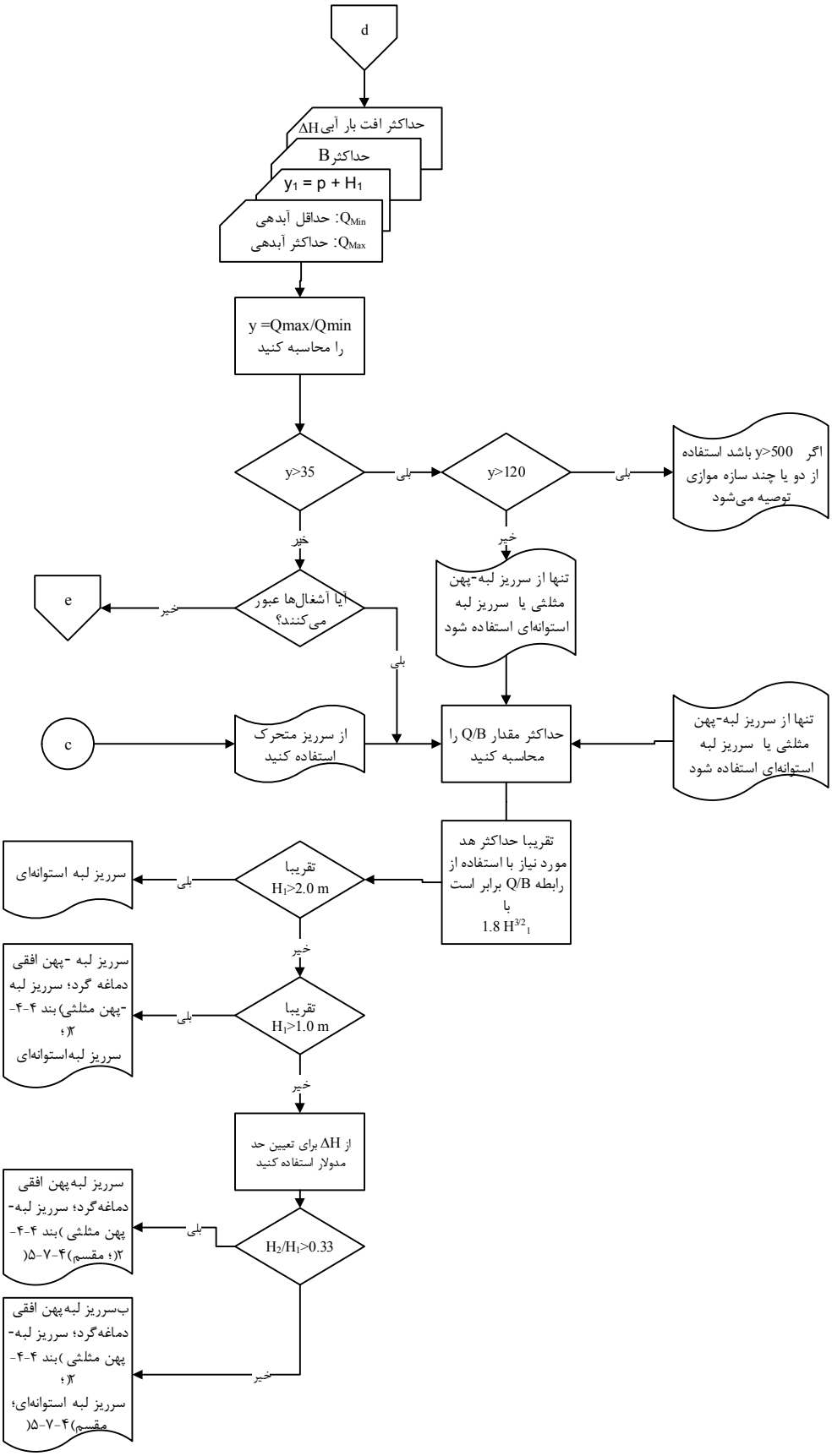
شکل ۶-۳-a- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)



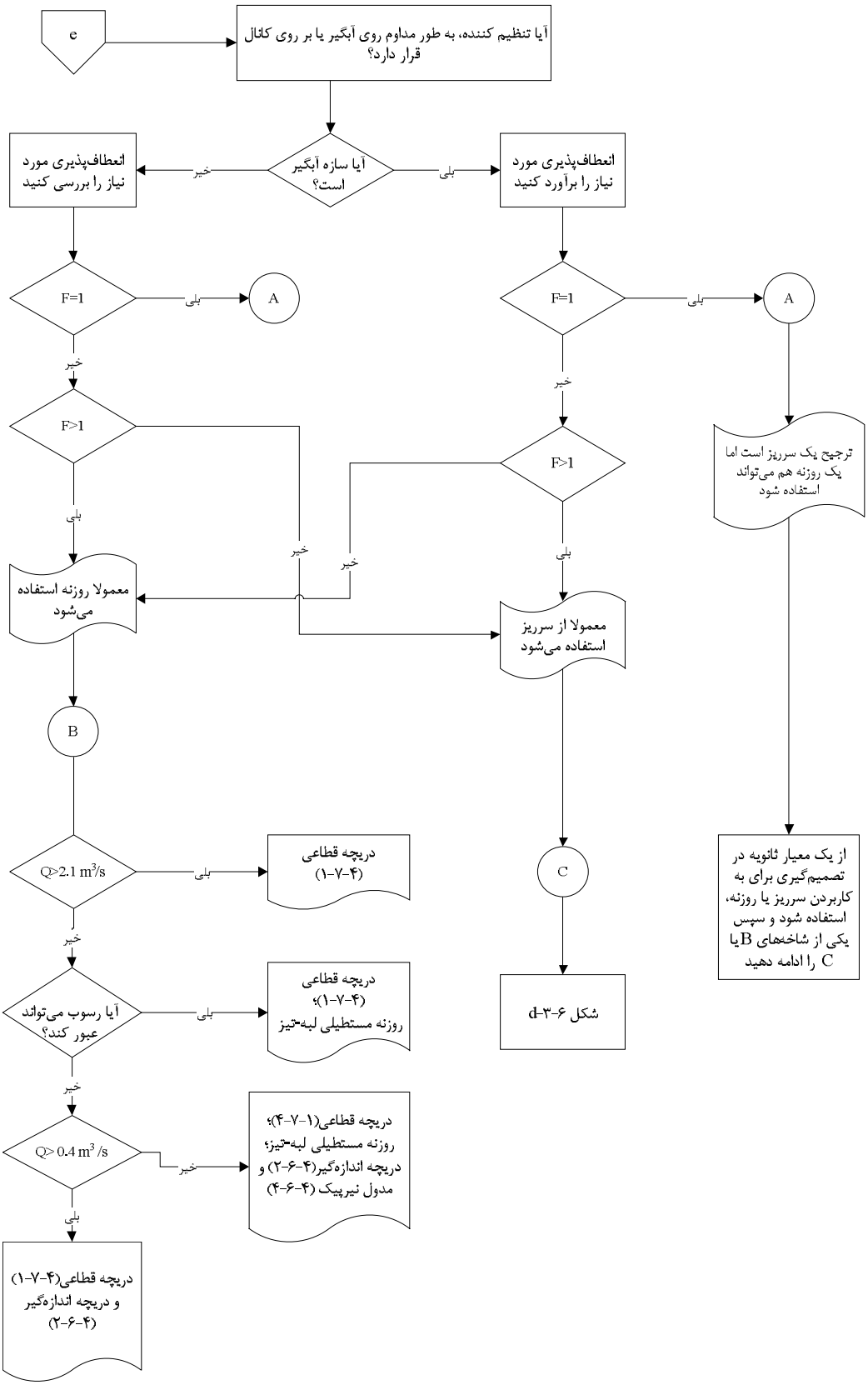
شکل ۶-۳-b- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)



شکل۶-۳-c- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)



شکل ۶-۳-d- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱).



شکل ۶-۳-e- پیدا کردن سازه مناسب (ر.ک. بند مرتبط یا جدول ۶-۱)

۶-۳-۲- انتخاب کاربردی ابزارهای اندازه‌گیری و محدودیت‌ها و امکانات (آزاد و تحت فشار)

در جدول (۶-۲)، انتخاب کاربردی ابزارهای اندازه‌گیری و در جدول (۶-۳)، امتیازات و محدودیت‌های ابزارها از کتاب «راهنمای اندازه‌گیری جریان آب» ارائه شده است. این جداول دید روشنی به طراحان و مدیران آبیاری و زهکشی جهت آشنایی با وسایل موجود ارائه می‌کند.

جدول ۶-۲- انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب از منظر کاربری

I. سیستم انتقال کانال باز

الف- کانال‌های طبیعی

۱- رودخانه‌ها

- سرعت‌سنجی دوره‌ای یک مقطع کنترل تا تثبیت شدن
- رابطه بده-اشل (نشان‌گر)
- سرریزهای لبه پهن
- فلوم گلو بلند
- سرریزهای لبه کوتاه
- سرعت‌سنج‌های صوتی (زمان-گذر-AVM)
- پروفیل‌های سرعت داپلر صوتی
- روش مساحت/سرعت- جسم شناور
- روش مساحت-شیب

۲- جریان‌های کم و متوسط

- سرعت‌سنجی/ مقطع کنترل
- سرریزهای لبه پهن
- فلوم گلو بلند
- سرریزهای تاج کوتاه
- فلوم‌های گلو کوتاه
- سرعت‌سنج‌های صوتی (زمان-گذر-AVM)
- روش مساحت/سرعت- جسم شناور

ب- کانال‌های تنظیم شده

۱- سرریزهای تخلیه[1]

- دریچه‌دار
  - دریچه کشویی
  - دریچه قطاعی
- بدون دریچه
  - سرریزهای لبه پهن (شامل تاج‌های خاص، تاج اوجی و غیره)
  - سرریزهای لبه کوتاه
  -

1- Spillway

ادامه جدول ۶-۲- انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب از منظر کاربری

۲- کانال‌های بزرگ
- سازه‌های کنترل
  - دریچه‌های تنظیم کننده
  - دریچه‌های کشویی (فرمانی یا با جعبه‌دنده)
  - دریچه‌های قطاعی
  - دریچه سرریز کننده[1]
- سایر
  - فلوم‌های گلو بلند
  - سرریزهای لبه پهن
  - فلوم‌های گلو کوتاه
  - سرعت‌سنج‌های صوتی

۳- کانال‌های کوچک
- فلوم گلو بلند
  - سرریز لبه پهن
- فلوم گلو کوتاه
  - سرریزهای لبه تیز
- سازه‌های کنترل شدت‌جریان (دریچه‌های تنظیم‌کننده، دریچه‌های قطاعی، دریچه‌های کشویی، دریچه‌های سرریز کننده)
- سرعت‌سنج‌های صوتی
- سایر
  - روش‌های مساحت/ سرعت-جسم شناور

۴- دهانه‌های آبگیر مزرعه[2]
- دهانه‌های لوله‌های آبگیر (سیفون معکوس کوتاه، کالورت مستغرق و غیره)
  - دریچه اندازه‌گیر
  - جریان‌سنج‌های پروانه‌ای
  - سرریزها
  - فلوم گلو بلند
  - فلوم گلو کوتاه
- سایر
  - روزنه با بار ثابت
  - دریچه‌های کشویی ابعاد مجاز
  - سرریزهای متحرک

II. سامانه‌های انتقال تحت فشار

الف- لوله‌های بزرگ

۱- جریان‌سنج ونتوری

۲- دریچه‌های کنترل ابعاد مجاز (روزنه)

۳- سرعت‌سنج‌های صوتی (زمان گذر)

1- Overshot Gate
2- Farm Turnout

ادامه جدول ۶-۲- انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب از منظر کاربری

ب- خطوط لوله‌های کوچک و متوسط
۱- جریان‌سنج ونتوری
۲- روزنه‌ها (داخلی، انتهایی، جریان‌سنج‌های شنت و غیره)
۳- جریان‌سنج‌های پروانه‌ای و توربینی
۴- جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی
۵- جریان‌سنج‌های صوتی (زمان گذر و داپلر)
۶- جریان‌سنج پیتو
۷- جریان‌سنج زانویی[1]
۸- روش‌های بر اساس پرتابه (شامل روش لوله کالیفرنیا)
۹- سایر جریان‌سنج‌های تجاری موجود

در جدول (۶-۳)، نشان (+) بیان‌گر ویژگی مثبتی است که می‌تواند باعث ارجحیت ابزار اندازه‌گیری و نشان (-) بیان‌گر ویژگی منفی است که می‌تواند محدود کننده‌ی ابزار از منظر معیار ذکرشده باشد. نشان (۰) به‌طورکلی به معنی عدم وجود ویژگی مثبت یا منفی ابزار برای آن شرایط است. علامت (v) نشان می‌دهد که مناسب بودن این گروه از ابزار، بسته به ویژگی‌های آن متغیر است. کلمه (na) نیز بیان‌گر عدم امکان استفاده از ابزار برای شرایط ذکر شده است.

یک مقدار منفی به تنهایی، برای یک ابزار، به معنی نامناسب یا غیر کاربردی بودن آن ابزار نیست، بلکه نشان می‌دهد که ابزارهای دیگری برای آن شرایط اولویت دارند. در انتخاب ابزار اندازه‌گیری، هر کاربردی دارای یک وزن متفاوت برای محدود کردن انتخاب است؛ بنابراین یک انتخاب درست کلی وجود ندارد. در نهایت لازم است برای چند روش منتخب، طراحی‌های ابتدایی انجام شود که جزییات هزینه‌ها، هیدرولیک و بهره‌برداری و غیره، بهتر بررسی شود تا انتخاب نهایی و طراحی و ساخت صورت گیرد.

جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب

ابزار	دقت	هزینه	Q > ۴/۲۵m³/s	Q< ۰/۲۸m³/s	جریان دهانه	افت بار آبی	شرایط محل			
							کانال پوشش‌دار	کانال بدون پوشش	لوله کوتاهِ پر	مجرای بسته
سرریز لبه تیز	۰	۰	-	+	۰	-	-	۰	na	na
سرریز لبه پهن	۰	+	+	+	+	۰	+	۰	na	na
فلوم گلو بلند	۰	۰	+	+	+	۰	+	۰	na	na
فلوم گلو کوتاه	۰	-	-	۰	۰	-	-	۰	na	na
روزنه‌ی مستغرق (درکانال‌ها)	۰	۰	-	+	-	-	۰	۰	na	na
جریان‌سنج پروانه‌ای	-	-	+	-	-	+	۰	-	na	na
سرعت‌سنج صوتی در کانال باز	-	۰	۰	-	۰	+	۰	۰	na	na

1- Elbow Meter

ادامه جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب

ابزار	دقت	هزینه	Q > ۴/۲۵m³/s	Q< ۰/۲۸m³/s	جریان دهانه	افت بار آبی	شرایط محل			
							کانال پوشش‌دار	کانال بدون پوشش	لوله کوتاهِ پر	مجرای بسته
دریچه‌ی کشویی وقطاعی	–	+	۰	۰	–	–	+	+	+	na
جریان‌سنج پروانه‌ای در خروجی لوله	–	+	–	۰	۰	+	۰	۰	+	+
جریان‌سنج تفاضلی برای لوله[1]	+	–	–	+	–	V	na	na	۰	+
سرعت‌سنج مکانکی برای لوله[2]	۰	+	–	۰	۰	+	na	na	۰	+
جریان‌سنج الکترومغناطیسی برای لوله	۰	۰	–	۰	۰	+	na	na	–	+
جریان‌سنج صوتی داپلری برای لوله	–	۰	–	–	–	+	na	na	–	+
جریان‌سنج صوتی لوله (تک مسیر)	۰	–	۰	۰	۰	+	na	na	–	+
جریان‌سنج صوتی لوله (چند مسیر)	+	–	+	۰	+	+	na	na	–	+

۱- ونتوری، روزنه، لوله پیتو، جریان‌سنج شنت و غیره

۲- جریان‌سنج پروانه‌ای، جریان‌سنج توربینی، جریان‌سنج پره‌دار و غیره

علامت‌های +، – و ۰ به عنوان نشانگرهای مقایسه کاربرد ابزار اندازه‌گیری آب به ترتیب خوب، نامناسب و مناسب برای معیارهای فهرست شده است.
(V نشان می‌دهد که قابلیت کاربرد ابزار به‌طور وسیعی متغیر است و na نشانه عدم کاربرد در آن معیار است)

ادامه جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب

ابزار	اندازه‌گیری‌ها		رسوب /آشغال		عمر مفید		نگهداری	ساخت	بازدید میدانی	استانداردسازی
	شدت	حجم	عبور رسوب	عبور آشغال	قسمت‌های متحرک	الکتریسته مورد نیاز				
سرریز لبه تیز	+	–	–	–	+	–	۰	–	۰	+
سرریز لبه پهن	+	–	۰	+	+	+	+	+	+	۰
فلوم گلو بلند	+	–	۰	+	+	+	+		+	۰
فلوم گلو کوتاه	+	–	۰	+	+	+	+	–	–	–
روزنه‌ی مستغرق (درکانال‌ها)	+	–	–	–	+	+	+	۰	+	۰
جریان‌سنج پروانه‌ای	+	–	+	+	۰	۰	۰	+	۰	+
سرعت‌سنج صوتی در کانال باز	+	۰	+	+	۰	–	–	+	–	–
دریچه‌ی کشویی و قطاعی	+	–	۰	–	+	۰	+	+	–	–
جریان‌سنج پروانه‌ای در خروجی لوله	۰	+	۰	–	–	۰	–	+	۰	۰
جریان‌سنج تفاضلی برای لوله[1]	+	–	–	V	+	۰	۰	۰	+	+

ادامه جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب ابزارهای اندازه‌گیری آب

ابزار	اندازه‌گیری‌ها		رسوب /آشغال		عمر مفید		نگهداری	ساخت	بازدید میدانی	استانداردسازی
	شدت	حجم	عبور رسوب	عبور آشغال	قسمت‌های متحرک	الکتریسته مورد نیاز				
سرعت‌سنج مکانکی برای لوله[۲]	V	V	-	-	-	۰	-	۰	۰	۰
جریان‌سنج مغناطیسی برای لوله	+	۰	۰	۰	۰	-	-	۰	-	۰
جریان‌سنج صوتی داپلری برای لوله	-	۰	۰	۰	۰	-	-	۰	-	-
جریان‌سنج صوتی لوله (تک مسیر)	۰	+	۰	۰	۰	-	-	-	-	۰
جریان‌سنج صوتی لوله (چند مسیر)	+	+	۰	۰	۰	-	-	-	-	+

۱- ونتوری، روزنه، لوله پیتو، جریان‌سنج شنت و غیره

۲- جریان‌سنج پروانه‌ای، جریان‌سنج توربینی، جریان‌سنج پره‌دار و غیره

علامت‌های +، - و ۰ به عنوان نشانگرهای مقایسه کاربرد ابزار اندازه‌گیری آب به ترتیب خوب، نامناسب و مناسب برای معیارهای فهرست شده است.

(V نشان می‌دهد که قابلیت کاربرد ابزار به‌طور وسیعی متغیر است و na نشانه عدم کاربرد در آن معیار است)

۶-۳-۳- عوامل موثر بر انتخاب نوع سازه اندازه‌گیر در آبگیر واحد مزرعه

- سازمان بهره‌برداری و دانش بهره‌برداران
- درجه اتوماسیون شبکه اصلی آبیاری و پیش‌بینی اجرای خودکارسازی
- دقت مورد نیاز
- سهولت کاربری
- محدودیت یا عدم محدودیت بار آبی (بار آبی در دسترس)
- محدوده تغییرات آبدهی
- میزان رسوب

با توجه به معیارهای مذکور، از بین سازه‌های اندازه‌گیری که در فصل ۴ برای شبکه‌های آبیاری ثقلی بیان شد، با توجه به محدوده شدت‌جریان معمول در شبکه‌های فرعی (حداکثر ۱۵۰ لیتر بر ثانیه)، سازه‌های اندازه‌گیری زیر برای آبگیرهای مزارع (آبگیر واقع بر روی کانال درجه ۲ که به کانال درجه ۳، آب تحویل می‌دهد) پیشنهاد می‌شود:

- دریچه اندازه‌گیر
- دریچه مدول (مانند دریچه نیرپیک)

۶-۳-۴- عوامل موثر بر انتخاب نوع سازه اندازه‌گیر در آبگیر قطعه زراعی

آب پس از دریافت از شبکه اصلی آبیاری، به وسیله شبکه فرعی (شبکه مزرعه) به آب‌بران گروهی یا منفرد تحویل می‌شود. روش‌های توزیع و تحویل آب در میان قطعات زراعی مزرعه شامل سه دسته کلی زیر است:

- **دائمی:** در این روش آب به صورت دائم در شبکه فرعی جریان دارد (مشابه توزیع و تحویل آب در زراعت برنج)
- **تناوبی:** در این روش متناسب با زمان‌های دریافت از شبکه اصلی، آب به صورت متناوب (نوبتی) در شبکه فرعی توزیع و تحویل می‌شود.
- **نسبی:** در این روش، آب موجود با تقسیم به نسبت (متناسب با سهم هر کانال) تحویل می‌شود. به عبارتی نسبت آب تحویلی ثابت است ولی کل آب قابل تامین متناسب با سهم هر کانال تقسیم و تحویل می‌گردد.

بر اساس روش تحویل آب به آبگیرهای قطعه زراعی (تحویل آب از کانال درجه سه به کانال درجه چهار یا نهر زراعی)، سازه مورد نیاز متفاوت خواهد بود. در شرایطی که تحویل آب به صورت دائم باشد و بار آبی کافی وجود داشته باشد، از جعبه تقسیم که متشکل از چند گشودگی با ماهیت سرریز است، می‌توان استفاده نمود. در شرایط تحویل آب به صورت تناوبی دریچه‌های کشویی که به صورت باز یا بسته عمل می‌کنند، مناسب خواهند بود.

۶-۴- حد دقت و رواداری مجاز در اندازه‌گیری

دقت اندازه‌گیری آب جزو اولویت‌های اصلی در کاربرد هر سیستم توزیع آبی است. تعیین حد دقت مجاز در اندازه‌گیری به عوامل زیادی بستگی دارد:

- استراتژی‌های مد نظر مدیران حوضه و شبکه
- شرایط اجتماعی بهره‌برداران
- در مورد شبکه‌های در حال بهره‌برداری، شرایط موجود شبکه آبیاری از نظر مدرن یا سنتی یا تلفیقی بودن، عمر سازه‌های اندازه‌گیری و ...
- ارزش اقتصادی آب در شبکه‌های در حال طراحی
- امکانات و درجه اتوماسیون در شبکه
- موقعیت مکانی سازه در شبکه و میزان اهمیت آن

خطا در اندازه‌گیری به چند دسته تقسیم می‌گردد:

- **خطای کاربرد**[1] **(استعمال)**: این خطا ناشی از تغییر حالت در مجرای جریان، سازه، تجهیزات یا دستگاه اندازه‌گیری است. به‌طور مثال، تغییر در مقطع کانال به جهت رسوب و نشست و برآمدگی غیرقابل تشخیص چشمی بدنه کانال، تغییرات در وضعیت لبه سرریز به جهت پوشش جلبک و خزه یا تغییر شکل دریچه‌های تنظیم گشودگی مجرا، یا غرقاب سازه به دلیل پس‌زدگی جریان یا ایجاد اغتشاش جریان آب در بالادست سرریزها و سازه‌های اندازه‌گیری یا گرم‌شدن ترمومتر در اثر تماس با مواد، افت ولتاژ در اثر اتصال ولت‌متر.
- **خطای شخصی**[2]: این خطا ناشی از عدم وجود مهارت کافی یا غیرمسوولانه عمل‌کردن فرد موظف به خواندن مربوط می‌شود. خطاهای اندازه‌گیری سرعت، خواندن نشان‌گر در شرایط تلاطم جریان، خطا در تنظیم دریچه‌های تنظیم سطح آب و استفاده غلط از دستگاه، مانند نگاه کج به عقربه و غیره شامل می‌گردند.
- **خطای محیط**[3]: این خطا ناشی از تاثیرات عواملی مثل وزش باد، اجسام شناور و غوطه‌ور ناشی از دورریزهای موجود، رشد علف‌های هرز، رطوبت، فشار، حرارت و ... ایجاد می‌شود. برای حذف این نوع خطا، ضروری‌است برنامه نگهداری را در محدوده تاثیرگذار به دقت عملیاتی‌کرد و برای برخی از خطاها از شرایط استاندارد استفاده کرد.
- **خطای دینامیکی**[4]: این خطا در سیگنال‌های متغیر با زمان دیده می‌شود که ناشی از پاسخ نامناسب از یک مبدل ایجاد می‌شود؛ مانند خطای ناشی از سرعت عکس‌العمل نامناسب یا ناپایداری شرایط.
- **خطای هیدرولیکی**: این نوع خطا به طور عمده در طراحی یا اجرا اتفاق می‌افتد. از جمله این نوع خطاها جانمایی نادرست تجهیزات اندازه‌گیری در جایگاه و راستای خود و رعایت اصول موقعیت قرارگیری در شرایط لازم برای اندازه‌گیری دقیق.

اقدامات کاهش خطا: عواملی که عدم رعایت آن‌ها موجب ایجاد خطای اندازه‌گیری می‌گردد و راهکارهای پیشنهادی افزایش دقت اندازه‌گیری و کاهش خطا، در توضیحات مربوط به سازه‌های اندازه‌گیری در فصل چهارم (بندهای۴-۳-۱، ۴-۴-۴، ۴-۵-۶ و ۴-۶) ارائه شده است. جدول ۶-۴ میزان خطا و نسبت شدت جریان حداکثر به حداقل انواع سازه‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

1- Application Error
2- Opration Error
3- Enviromental Error
4- Dynamic Error

۶-۵- سازه‌های اندازه‌گیری در زهکش‌ها

برای استقرار سازه یا تجهیزات اندازه‌گیری در شبکه زهکشی باید امکانات و محدودیت‌های خاص آن را در نظر داشت. طراح یا دستگاه بهره‌بردار می‌تواند با توجه به شرایط زیر، یکی از موارد پیشنهادی درکانال‌های آبیاری را با تمهیدات لازم در زهکش استفاده نماید:

- در کانال‌های زهکشی شیب قابل قبولی وجود داشته باشد که در این حالت می‌توان از فلوم‌های با افت پایین استفاده نمود؛ مبنی براین‌که برگشت آب، ماهیت زهکش را مشکل‌ساز نکند.
- در شبکه‌های زهکشی اراضی شیب‌دار که به جهت مقابله با فرسایش، به‌ناگزیر از آبشار استفاده شده است یا ضروری است، می‌توان از سرریز به عنوان اندازه‌گیر استفاده کرد.
- آبگذرهای[1] مسیر زهکش‌ها که در تقاطع با جاده، کانال، عابر پیاده و ... ساخته می‌شوند، موقعیت‌های خوبی برای اندازه‌گیری هستند که طبق مطالب ارائه شده در فصل چهارم می‌توان از آن استفاده کرد.
- در غالب شبکه‌هایی که شرایط فوق وجود ندارد، لازم است بازه‌هایی در حدود ۲۰ تا ۴۰متر که دارای شیب شیروانی پایدار، ولی فاقد پوشش هستند، با مقطع منظم هندسی منطبق بر هندسه موجود زهکش، پوشش بتنی یا با هرپوشش مشابه، پایدارشده و با روش بده – اشل (نشان‌گر)، ایستگاه اندازه‌گیری را راه‌اندازی کرد یا در صورت اقتصادی بودن از اندازه‌گیری فراصوتی از انواع داپلری و زمان‌گذر (۴-۳-۲) استفاده نمود.
- روش‌های اندازه‌گیری ارائه‌شده در لوله‌های نیمه‌پر افقی را می‌توان در خروجی جمع‌کننده زهکش‌ها یا تخلیه کننده‌های لوله‌ای استفاده نمود.

جدول ۶-۴- خطا و نسبت شدت‌جریان حداکثر به حداقل سازه اندازه‌گیری

نوع سازه	خطای پتانسیل	نسبت جریان حداکثر: حداقل	توضیحات
روزنه	۵٪-۳٪ قرائت	۱:۵	افت بار زیاد
روزنه با بار ثابت	۱۰٪-۵٪ قرائت	۱:۵	دقت توسط اختلاف بار هیدرولیکی محدود می‌شود.
پارشال فلوم	۵٪-۲٪ قرائت	۱:۷۵	باید با دقت مطابق مشخصات ساخته شود.
فلوم بدون گلو	۵٪-۲٪ قرائت	۱:۷۵	باید با دقت مطابق مشخصات ساخته شود.
فلوم مستطیلی	۳٪-۲٪ قرائت	۱:۳۵	مدرج‌سازی به وسیله محاسبه و انحراف از مشخصات
فلوم مثلثی	۳٪-۲٪ قرائت	۱:۳۵۰	خطا در ساخت را می‌توان با محاسبه مجدد جبران کرد.
فلوم ذوزنقه‌ای	۳٪-۲٪ قرائت	۱:۲۵۰	خطا در ساخت را می‌توان با محاسبه مجدد جبران کرد.
سرریز لبه پهن	۳٪-۲٪ قرائت	۱:۲۰۰	گستره شدت‌جریان بستگی به شکل جریان دارد (جریان ورودی از لبه‌های گرد عبور کند یا از سطوح شیب دار)
سرریز لبه تیز	۲٪-۱٪ قرائت	۱:۲۵	دقت بستگی به میزان سایش لبه و شرایط سرعت ورودی به سرریز دارد.
سرریز سیپولتی	۲٪-۱٪ قرائت	۱:۲۵	دقت بستگی به میزان سایش لبه و شرایط سرعت ورودی به سرریز دارد.

1- Calvert

ادامه جدول ۶-۴- خطا و نسبت شدت‌جریان حداکثر به حداقل سازه اندازه‌گیری

نوع سازه	خطای پتانسیل	نسبت جریان حداکثر: حداقل	توضیحات
شناور	۵٪ قرائت	۱:۱۰	سرعت جریان را نشان می‌دهد.
آلتراسونیک	۱٪ مقیاس کامل	۱:۲۰۰	فقط برای آب تمیز
آلتراسونیک داپلر	۱۰٪-۵٪ مقیاس کامل	۱:۱۰	غیراثرگذار در وضعیت جریان، برای اندازه‌گیری به حرکت ذرات معلق در آب نیاز است.
سرعت سنج پروانه‌ای	۵٪ قرائت	۱:۵	برحسب شرایط، دقت بسیار متغیر دارد.

مقیاس کامل= حداکثر آبدهی قابل اندازه‌گیری- حداقل آبدهی قابل اندازه‌گیری

فصل ۷

ضوابط انتخاب و نحوه بهره‌برداری از تجهیزات اندازه‌گیری در شبکه آبیاری تحت فشار (مطالعه و طراحی)

۷-۱- طبقه‌بندی شبکه به لحاظ الزامات بهره‌برداری

شبکه‌های تحت‌فشار اصولا جزو شبکه‌های مدرن محسوب شده و می‌تواند کنترل از پایین‌دست باشد. ضمن توجه به طبقه‌بندی انجام شده در فصل ششم از منظر اشکال مختلف نظام بهره‌برداری، باید توجه داشت که کنترل و اندازه‌گیری جریان شبکه تحت‌فشار به مراتب ساده‌تر و دقیق‌تر از شبکه‌های روباز ثقلی می‌باشد. اما شیرآلات و تجهیزات کنترلی به طور نسبی گران‌تر بوده و نیازمند نگهداری و حفاظت دقیق‌تر می‌باشند و عملا باید از یک نظام مدیریتی دقیقی برخوردار بوده یا در قالب تشکل‌ها مدیریت شوند.

۷-۲- ضوابط انتخاب نوع سازه و تاسیسات مناسب در شبکه اصلی (الزامات هیدرولیکی و سازه‌ای)

اصول مطالعات شبکه آبیاری و زهکشی تحت‌فشار تا حدود زیادی، مشابه شبکه ثقلی با جریان آزاد است. اما به لحاظ سازه‌ای و هیدرولیکی تفاوت‌های قابل توجهی دارد. اندازه‌گیری در شبکه‌های تحت فشار مشابه ثقلی، از دو روش سرعت – مساحت و اختلاف فشار قابل محاسبه است، هرچند تجهیزات متفاوتی دارد.

در شکل (۶-۱) ارتباط کلی اجزا نمایش داده شده است. همچنان‌که در شبکه ثقلی بیان گردید، تجهیزات اندازه‌گیری در ارتباط منطقی با انتخاب روش‌های آبیاری، روش انتقال و توزیع، سامانه کنترل جریان قرار داشته و انتخابی هستند. تجهیزات و روش‌های اندازه‌گیری متنوعی در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار وجود دارند که به تفصیل در فصل پنجم ارائه شده است. در جداول (۶-۳) و (۶-۴) امکانات و محدودیت‌های ابزار اندازه‌گیری در شبکه‌های تحت فشار در مقایسه با شبکه‌های ثقلی روباز ارائه شده است.

اصولا عوامل موثر در انتخاب جریان‌سنج برای یک سیستم آبیاری تحت‌فشار را می‌توان به شرایط عملکردی جریان‌سنج، شرایط هیدرولیکی جریان، شرایط محیطی، نیازهای نصب و بهره‌برداری و سایر نیازهای اختصاصی موجود در یک طرح تقسیم‌بندی نمود. این شرایط هریک شامل موارد زیر می‌باشد:

۷-۲-۱- شرایط عملکردی جریان‌سنج[1]

- میزان دقت اندازه‌گیری
- محدوده آبدهی یا سرعت

1- Flow Meter

۷-۲-۲- شرایط هیدرولیکی جریان

- حداکثر افت فشار مجاز
- فشار خط لوله
- تمیز یا کثیف[۱] بودن آب
- گران‌روی[۲]
- اختلاط هوا با آب
- درجه حرارت آب
- خورندگی یا ساینده‌گی آب
- ابعاد جریان (خط لوله)

۷-۲-۳- شرایط محیطی

- دمای محیط
- رطوبت محیط
- خورندگی و ساینده‌گی
- امنیت اجزای جریان‌سنج و امنیت اطلاعات

۷-۲-۴- نیازهای نصب و بهره‌برداری

- انرژی مورد نیاز
- نیازبه واسنجی در محل و واسنجی دوره‌ای
- سازگاری با سایر اجزا خط لوله
- هزینه‌های نصب و بهره‌برداری
- نیروی انسانی مورد نیاز برای بهره‌برداری

۷-۲-۵- نیازها و شرایط اختصاصی

علاوه بر شرایط ذکر شده، ممکن است در طرح مورد نظر شرایط و نیازهای خاصی وجود داشته باشد که در انتخاب جریان‌سنج مناسب طرح باید به آن‌ها توجه شود. مواردی مانند:

۱- منظور از کثیف بودن، هرنوع آلودگی فیزیکی (رسوبات یا ذرات معلق) است که در آب وجود داشته باشد.

2- Viscosity

- به جز اندازه‌گیری آبدهی، به صورت هم‌زمان نیاز به اندازه‌گیری پارامتر(های) دیگری مانند شوری، اسیدیته و ... باشد.
- جریان‌سنج قابلیت کاربرد برای لوله‌های مدفون را داشته باشد.
- جریان‌سنجی در سطح کانال‌های انتقال و توزیع (یا در مزارع) مدنظر باشد.
- اندازه‌گیری به صورت پیوسته (یا به صورت مقطعی) مورد نیاز باشد.
- از نظر نوع نیروی انسانی مورد نیاز برای بهره‌برداری و نگهداری محدودیت‌هایی وجود داشته باشد.
- برای تامین هزینه تهیه جریان‌سنج محدودیت‌هایی وجود داشته باشد.
- برای تامین انرژی مورد نیاز جریان‌سنج محدودیت‌هایی وجود داشته باشد.
- عمر مفید جریان‌سنج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.
- کاربری آسان جریان‌سنج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.
- از نظر شیمیایی (املاح) و فیزیکی (رسوبات) منبع آب طرح با جریان‌سنج‌هایی که اجزا در تماس با جریان دارند، سازگاری وجود نداشته باشد.
- نیاز به ارسال اطلاعات شدت جریان به مکان‌های دیگر باشد.
- نیاز به جابه‌جایی جریان‌سنج در مقاطع مختلف باشد.
- انتخاب جریان‌سنج موجب تغییر در شرایط بهره‌برداری و نگهداری فعلی نشود.
- جریان‌سنج نیاز به حفظ امنیت فیزیکی و حفاظت اطلاعات داشته باشد.
- جریان‌سنج انتخابی تولید داخل باشد یا دارای خدمات فنی و پشتیبانی باشد.
- جریان‌سنج با روش‌های موجود و رایج جریان‌سنجی سازگاری داشته باشد.
- جریان‌سنج دارای قابلیت ذخیره و ارسال اطلاعات باشد یا در صورت نیاز در آینده این قابلیت را داشته باشد.
- علاوه بر آبدهی لحظه‌ای، مقدار آبدهی تجمعی آن نیز مورد نیاز باشد.
- نوع خاصی از اتصال جریان‌سنج به خط لوله (فلنجی، رزوه‌ای، بدون اتصال و ...) مدنظر باشد.
- جریان‌سنج قابلیت تشخیص جریان معکوس را داشته باشد.

۷-۳- مراحل انتخاب جریان‌سنج و دقت اندازه‌گیری

با توجه به تنوع جریان‌سنج‌های موجود و تنوع در مشخصات فنی آن‌ها، لازم است که در انتخاب جریان‌سنج مراحل مشخصی را طی نمود. بر این اساس ابتدا گزینه‌هایی را که از نظر مشخصه‌های عملکردی جریان‌سنج، هیدولیک جریان، شرایط محیطی، نیازهای نصب و بهره‌برداری و سایر نیازهای اختصاصی موجود در یک طرح قابل کاربرد هستند، انتخاب و در مرحله بعدی بررسی اقتصادی انجام گیرد. برای انتخاب گزینه‌های اولیه، می‌توان از جداولی که مشخصات کلی جریان‌سنج‌ها را ارائه می‌کنند، به عنوان راهنمای اولیه استفاده نمود. جدول (۷-۱) تقسیم‌بندی کلی سازه‌های اندازه‌گیری بر اساس نیازهای نگهداری و هزینه‌های نسبی آن را ارائه می‌نماید.

جدول ۷-۱- تقسیم‌بندی کلی سازه‌های اندازه‌گیری بر اساس نیازهای نگهداری و هزینه‌های نسبی

انواع ابزارهای اندازه‌گیر	اندازه لوله	نیاز به تعمیر و نگهداری	هزینه سرمایه‌ای و تامین
تفاضل بارآبی - روزنه - ونتوری - آنوبار	کوچک تا بزرگ	کم تا زیاد- ماسه لبه‌های تیز را کند می‌کند و ذرات می‌توانند روزنه‌ها و مجاری را مسدود کند.	کم تا متوسط
نیروی سرعتی - توربین - پروانه - چرخ محوری	کوچک تا بزرگ	عموما متوسط به بالا- وجود خزه و ماسه مشکل‌ساز است- در سرعت‌های کم اندازه‌گیری غیر دقیق	کم تا متوسط
فراصوتی (آلتراسونیک)	کوچک تا بزرگ	کم- صرفا حفاظت ابزار- بدون قسمت متحرک حساس به سایش	زیاد
گردابی	کوچک تا متوسط ($D \leq 12"$-14")	کم- بدون قسمت متحرک حساس به سایش	زیاد
الکترومغناطیس	کوچک تا متوسط ($D \leq 12"$-14")	کم- بدون قسمت متحرک- نتایج خوبی را در لوله‌های کوتاه صاف دارد.	زیاد

در مرحله انتخاب گزینه‌های اولیه، بر اساس اهمیت پارامترها، ابتدا مشخصه‌های عملکردی جریان‌سنج مانند دقت کاری و محدوده قابل اندازه‌گیری آبدهی (نسبت حداکثر آبدهی به حداقل آبدهی قابل اندازه‌گیری) با توجه به نیازهای طرح، انتخاب می‌گردند. به طوری که ابتدا بر اساس دقت مورد نیاز در طرح، از جدول (۷-۲) چند جریان‌سنج انتخاب می‌شود. در مرحله بعدی، بر اساس تغییرات شدت‌جریان در خط لوله، از بین انتخاب‌های مرحله قبل، گزینه‌های محدودتری در نظر گرفته می‌شود.

در مرحله بعدی شرایط هیدرولیکی جریان، شرایط محیطی، شرایط بهره‌برداری و نگهداری و شرایط ویژه طرح، مدنظر قرار می‌گیرد. به این ترتیب فهرستی از شرایط هیدرولیکی (حداکثر افت فشار مجاز، فشار خط لوله، تمیز یا کثیف بودن آب، لزجت، دارای حباب بودن، درجه حرارت آب، خورندگی یا سایندگی آب، ابعاد خط لوله)، نیازهای نصب، بهره‌برداری و نگهداری و نیازهای ویژه طرح، تهیه کرده و با توجه به جداول (۷-۲) تا (۷-۴)، انتخاب‌ها محدودتر می‌شود. در این مرحله لازم است که به جزییات جریان‌سنج‌ها که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود نیز مراجعه کرده و با توجه به کلیه شرایط، گزینه‌ها را انتخاب نمود. در پایان این مرحله احتمالا گزینه‌ها شامل دیا سه جریان‌سنج می‌شود.

در نهایت جریان‌سنج انتخابی، معمولا دارای ویژگی‌هایی است که با خصوصیات طرح انطباق داشته و تمامی نیازهای مورد نیاز طرح را تامین کرده در عین حال حداقل هزینه تامین را نیز داشته باشد.

جریان‌سنج‌های ارائه شده در این استاندارد، جریان‌سنج‌های کاربردی در خطوط لوله آب می‌باشد. سایر جریان‌سنج‌های غیر متداول و جریان‌سنج‌های جدیدتری که در این استاندارد ارائه نشده است، بر اساس مشخصه‌های عملکردی، باید در جدول اولیه مورد مقایسه با سایر گزینه‌ها قرار گیرد. در صورت دارا بودن شرایط هیدرولیکی، محیطی، بهره‌برداری و نصب و نگهداری و سایر نیازهای طرح، بررسی‌های اقتصادی در مورد آن‌ها انجام گیرد.

باید توجه داشت که همیشه استفاده از دقیق‌ترین روش جریان‌سنج یا روش‌های با تکنولوژی پیشرفته‌تر، تضمین کننده موفقیت عملیات جریان‌سنجی نمی‌باشد. از این‌رو لازم است که کلیه شرایط و نیازهای ابزارهای جدید جریان‌سنجی مورد بررسی قرار گرفته و پس از مقایسه با سایر جریان‌سنج‌ها، مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۷-۲- جهت‌دهی اولیه برای انتخاب صحیح جریان‌سنج

نوع جریان‌سنج	اندازه‌گیری حجمی	حس‌گر شدت جریان	جمع‌کننده داخلی	نشان‌گر مستقیم شدت‌جریان	امکان داشتن فرستنده خروجی	نسبت محدوده قابل اندازه‌گیری جریان	افت فشار توسط جریان‌سنج	طول لوله مستقیم مورد نیاز در بالادست و پایین‌دست جریان‌سنج به نسبت قطر لوله (پایین‌دست/ بالادست)	دقت برحسب (±)		محدوده تقریبی آبدهی
									درصد آبدهی	درصدحداکثر آبدهی قابل اندازه‌گیری	(m^3/hr)
جریان‌سنج مغناطیسی	✓	✓			✓	۱۰:۱*	ندارد	$\frac{۵}{۳}$	۰/۵	۲	$۱۰^{-۲}$-$۱۰^{۴}$
روزنه	✓	✓			✓	۳:۱*	زیاد	$\frac{۲۰}{۵}^{+}$	۰/۵	۲	$۱۰^{-۳}$-$۱۰^{۶}$
لوله پیتو	✓	✓			✓	۳:۱*	متوسط	$\frac{۳۰}{۵}^{+}$		۵-۰/۵	۱۰-$۱۰^{۵}$
جریان‌سنج حجمی	✓		✓	✓	×	۱۰:۱*	زیاد	نیاز ندارد	۲-۰/۱		$۱۰^{-۳}$-$۱۰^{۴}$
جریان‌سنج توربینی (دو توربینه)	✓	✓			✓	۱۰:۱ (۱۰۰:۱ <)	زیاد	$\frac{۱۵}{۵}^{+}$	۰/۲۵		$۱۰^{-۳}$-$۱۰^{۴}$
جریان‌سنج‌های آلتراسونیک زمان گذر	✓	✓			✓	۲۰:۱	ندارد	$\frac{۱۵}{۵}^{+}$	۱	۲	$۱۰^{-۱}$-$۱۰^{۴}$
جریان‌سنج‌های آلتراسونیک داپلر	✓	✓			✓	۱۰:۱	ندارد	$\frac{۱۵}{۵^{۷}}^{+}$		۳-۲	$۱۰^{-۱}$-$۱۰^{۴}$
ونتوری	✓	✓			✓	۳:۱**	متوسط	$\frac{۱۵}{۵}^{+}$	۰/۵	۱	۱-$۱۰^{۴}$
شیپوره	✓	✓			✓	۳:۱**	زیاد	$\frac{۲۰}{۵}^{+}$	۱	۲	۱-$۱۰^{۴}$

+ بستگی به تلاطم جریان پایین‌دست دارد؛ × در برخی طرح ها؛ * تا ۱۰۰:۱ با طراحی بسیار دقیق؛ ** محدوده اندازه‌گیری جریان‌سنج بیش‌تر از مقدار ذکر شده است و محدودیت مربوط به حس‌گرهای تفاضلی فشار است که با استفاده از حس‌گرهای هوشمند این نسبت می‌تواند به ۱۰:۱ برسد.

جدول ۷-۳- جهت‌دهی اولیه برای انتخاب صحیح جریان‌سنج

نوع جریان‌سنج / نوع آب	الکترومغناطیسی	روزنه	لوله پیتو	جابه‌جایی مثبت	توربین (سرعتی)	آلتراسونیک داپلر	آلتراسونیک زمان-گذر	سطح متغیر	ونتوری
آب تمیز	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
آب کثیف	✓	؟	؟	×	؟	✓	؟	✓	✓

✓ به طور کلی مناسب است....
؟ ارزش بررسی دارد.
× مناسب نیست.

جدول ۷-۴- جدول جهت‌دهی اولیه برای انتخاب صحیح جریان‌سنج

نوع جریان‌سنج	قطر لوله in(mm)	دمای کاری (C°)	فشار کاری (m)	دقت(شامل انتقال داده)	عدد رینولز (R_D)
ونتوری	> ۲" (۵۰mm)	طبق مشخصات کارخانه- دمای انتقال داده ۳۰- تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد	۴۰۰۰	± ٪۱- ٪۲ Q_{max}	$R_D >$ ۷۵۰۰۰
شیپوره	> ۲" (۵۰mm)	طبق مشخصات کارخانه- دمای انتقال داده ۳۰- تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد	۴۰۰۰	± ٪۱- ٪۲ Q_{max}	$R_D >$ ۱۰۰۰۰
لوله پیتو	> ۳" (۷۵mm)	طبق مشخصات کارخانه- دمای انتقال داده ۳۰- تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد	۴۰۰۰	± ٪ ۵ Q_{max}	بدون محدودیت
مغناطیسی	۰/۱" - ۱۲۰" (۲/۵ – ۳۰۰۰ mm)	۱۸۰	۳۰۰۰	± ٪ ۰/۵ Q تا ± ٪ ۱ Q_{max}	بدون محدودیت
کنتورهای سرعتی (توربینی WI)	< ۱۲" (۳۰۰mm)	طبق مشخصات کارخانه	۳۵۰۰	± ٪ ۵ Q	$R_D >$ ۱۰۰۰۰
کنتورهای سرعتی (توربینی ولتمن)	۰/۲۵" - ۲۰" (۶ – ۵۰۰ mm)	طبق مشخصات کارخانه	۳۵۰۰	±٪۱ Q	$R_D >$ ۱۰۰۰۰
آلتراسونیک داپلر	> ۰/۵" (۱۲mm)	-۱۵۰-۱۲۰	مطابق فشار کاری لوله	± ٪۵ Q_{max}	$R_D >$ ۵۰۰۰
آلتراسونیک زمان گذر	> ۰/۵" (۱۲mm)	-۱۸۰-۲۶۰	مطابق فشار کاری لوله	٪۱ ± Q تا ± ٪۵ Q_{max}	$R_D >$ ۵۰۰۰

۷-۴- شرایط مقایسه‌ای انتخاب

از نقطه نظر مهندسی، شبکه لوله‌های تحت فشار در مقایسه با کانال‌های روباز، امکان اندازه‌گیری شدت‌جریان و حجم جریان با دقت و درستی قابل قبولی را دارند و برای بیش‌تر آبگیرهای خط لوله با سهولت بیش‌تری انجام می‌شود، زیرا:

- شرایط هیدرولیکی بالادست و پایین‌دست ابزار اندازه‌گیری جریان را می‌توان به سادگی توسط یک طول مستقیم از خط لوله، استاندارد کرد. با نصب جریان‌سنج در بخشی از لوله که بالادست و پایین‌دست آن خط لوله مستقیم باشد، شرایط هیدرولیکی مطلوب را برای جریان‌سنج می‌توان مهیا کرد. طول دقیق خط لوله مستقیم مورد نیاز برای هر نوع جریان‌سنج توسط کارخانه سازنده آن مشخص می‌شود.
- به دلیل مقطع عرضی دایروی لوله‌ها، محاسبه سطح مقطع جریان ساده و بدون مشکل است.
- تعداد زیادی جریان‌سنج تجاری (که از تکنولوژی‌های مختلفی بهره می‌گیرند) در دسترس هستند که شدت جریان را اندازه‌گیری کرده و به صورت اتوماتیک کل حجم آب تحویلی را با دقتی بیش از حد قابل قبول فراهم می‌کنند. بسیاری از آن‌ها هم با تاییدیه‌های واسنجی کارخانه سازنده ارائه می‌شوند، به طوری‌که توسط نهادهای مسوول قابل پیگیری هستند.

- اگر یک سیستم خط لوله به خوبی طراحی شده باشد، در صورت نیاز به واسنجی مجدد، جریان‌سنج به راحتی از خط لوله برداشته شده و مجددا توسط کارخانه سازنده یا سایر نهادها کالیبره می‌شود.
- جریان‌سنج‌ها به سهولت توسط اتصالات استاندارد و در دسترس، قابل نصب‌کردن هستند.

به دلایلی که در بالا در مورد جریان‌سنج‌ها در خطوط لوله ذکر شد، انتخاب جریان‌سنج و برآورد حجم آب عبوری در آبگیرهای خط لوله موجود یا جدید، بیش‌تر به یک آنالیز هزینه تبدیل شده است تا یک موضوع کارشناسی.

مهم‌ترین پارامتری که باید در انتخاب یک سامانه جریان‌سنجی مدنظر قرار گیرد، پایداری روش است. استفاده از بهترین و دقیق‌ترین روش‌ها، در صورت عدم پایداری، به معنی هدر دادن هزینه و زمان است. از این‌رو صرف استفاده از روش‌های نو و پیشرفته، تضمین‌کننده موفقیت یک سامانه جریان‌سنجی نخواهد بود و درصورتی‌که همه پیش‌شرط‌های کاربرد این ابزارها فراهم نباشد، استفاده از همان روش‌های قدیمی ارجح‌تر است. این استدلال که روش‌های جدید جریان‌سنجی لزوما بهتر از روش‌های معمول گذشته است، استدلال دقیقی نیست.

۷-۵- عوامل موثر بر انتخاب نوع تجهیزات اندازه‌گیر در آبگیر واحد مزرعه

در شرایطی که انتقال و توزیع، تحت‌فشار بوده و آبیاری در سطح مزرعه، آبیاری سطحی باشد به فصل ۶ مراجعه شود. اما اگر آبیاری در سطح مزرعه نیز تحت‌فشار باشد، لازم است با توجه به نوع آبیاری و شرایط زیر تصمیم‌گیری شود:

- سازمان بهره‌برداری و دانش بهره‌برداران
- نوع شیرآلات قطع و وصل جریان در شبکه اصلی آبیاری و پیش‌بینی اجرای خودکارسازی
- دقت مورد نیاز در تحویل آب
- سهولت کاربری و ایمنی دستگاه‌ها
- محدوده تغییرات آبدهی
- دائمی یا گردشی بودن جریان آب به مزرعه

با توجه به معیارهای مذکور، از بین تجهیزات اندازه‌گیری که در فصل ۵ برای شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار بیان شد و با توجه به محدوده شدت‌جریان معمول در شبکه‌های فرعی آبیاری تحت‌فشار، انواع کنتورهای حجمی قابل پیشنهاد است. معمولا در ابتدای ورودی آب به تمامی ماشین‌های آبیاری مثل سنترپیوت، لینیر و ویلموو و ....، یک جریان‌سنج ضرورت دارد. اما در بقیه موارد، ابتدای هر مزرعه که نقطه تحویل آب به مصرف‌کنندگان است، نصب جریان‌سنج ضروت دارد. در سیستم‌های یک‌پارچه در نقطه تحویل آب به مزرعه، نصب کنتور حجمی الزامی است. اما به جهت مشکلات ایجاد خلا در قطع و وصل جریان آب در کنتورهای مکانیکی، کنتورهای الکترومغناطیسی یا آلتراسونیک همراه با داده‌نگار با باطری با عمر طولانی چند ساله، روش مطلوب و منطبق بر شرایط حاکم در بیش‌تر نقاط کشور است.

فصل ۸

مبانی و معیارهای تغییرات در سامانه‌های اندازه‌گیری شبکه‌های درحال ساخت

۸-۱- ارزیابی سریع

فرآیند ارزیابی سریع در پروژه‌های آبیاری، برنامه کوتاه مدت جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌های ستادی و میدانی می‌باشد. در این فرایند کلیه اطلاعات و نقشه‌های پروژه در دست اجرا و روند پیشرفت فیزیکی پیمان شبکه مورد نظر، بررسی می‌شود. بدین‌وسیله امکان سنجش و لزوم تغییر در سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای سامانه اندازه‌گیری پروژه در دست ساخت، فراهم می‌گردد و با پردازش و تحلیل عملکرد سامانه پیشنهادی و میزان رضایتمندی از این روش در منطقه و پروژه‌های مشابه و ملحوظ نمودن سیاست‌های عمومی دولت و رویکرد بهره‌برداران محلی به این سامانه، دستورالعملی برای تغییر و جایگزینی یا بهبود و ارتقای آن فراهم می‌گردد. از این‌رو عناوین مورد بررسی به قرار زیر است:

الف- ارکان و اجزای سامانه پیشنهادی شامل سازه‌ها، تجهیزات، نقاط کلیدی اندازه‌گیری و مدیریت آن

ب- مقایسه و سنجش نسبت به آخرین ضابطه و دستورالعمل سازمان برنامه و بودجه کشوردر این زمینه

ج- پیشرفت فیزیکی پروژه در دست اجرا و امکانات و محدودیت‌های آن

اصول و محورهای ضروری در ارزیابی سریع و تشخیص مناسب یا نامناسب بودن سامانه اندازه‌گیری به قرار زیر توصیه می‌شود:

- توجه به کار گروهی مشترک با برخورداری از تخصص‌های چند جانبه
- تاکید بر دیدگاه تحویل حجمی آب
- توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد پروژه و پرهیز از توصیه‌های کلیشه‌ای

در ارزیابی سریع، شناخت و تحلیل هر یک از پارامترهای ارزیابی، نیاز به تخصص ویژه دارد و قطعا وجود صرفا یک نوع تخصص برای انجام ارزیابی موفق، کارآمد نخواهد بود. اگر چنانچه بررسی یک پروژه آبیاری توسط گروهی متشکل از مهندسین آبیاری، عمران، کشاورزی، اقتصاد کشاورزی و یک جامعه‌شناس یا کارشناس اجتماعی انجام گردد، موجب شناخت همه جانبه و تمرکز در مسائل مختلف و خاصی می‌گردد که در مورد هر تخصص با تخصص دیگر کاملا متفاوت خواهد بود. اما در ارزیابی سامانه اندازه‌گیری با استفاده از متخصصین چند گرایشی، که علاوه بر تخصص اصلی می‌توانند در بعضی از تخصص‌های دیگر نیز اظهارنظر کنند، کارگشا بوده و راهکارهای بهبود عملکرد با سرعت بیش‌تری مشخص می‌شود.

۸-۲- کارشناسان تیم ارزیابی

تخصص‌های مورد نیاز برای تیم مطالعاتی شامل یک یا چند تخصص از موارد زیر خواهد بود:

مهندس آبیاری، مهندس مکانیک، مهندس عمران، کارشناس جامعه‌شناسی یا علوم اجتماعی

هر چه افراد تیم بیش‌تر باشد مدت زمان طولانی‌تری برای تهیه گزارشات و ارائه توصیه‌ها صرف خواهد شد. همچنین هر چه گروه مطالعاتی بزرگ‌تر باشد، افراد گروه محافظه‌کارتر و محتاط‌تر خواهند شد و کم‌تر به ارائه توصیه‌های جدید

خواهند پرداخت. رویکرد حل مشکل این است که از کارشناسان چند تخصصی استفاده شود. مهندسی آبیاری و عمران آب با سابقه کاری در طراحی شبکه‌ها از جمله این کارشناسان هستند.

۸-۳- برنامه ارزیابی اجزا مرتبط طرح

طبعا جمع‌آوری اطلاعات زیاد و دقیق اما کم مصرف که با تاخیر زیاد به دست آید، برای پروژه‌های در دست ساخت نمی‌تواند کارساز و مفید باشد. جمع‌آوری اطلاعات کم‌تر با دقت قابل قبول و قابل استفاده که در مدت کوتاهی به دست آید، قطعا راه‌کار صحیحی خواهد بود.

جهت تصمیم‌گیری سریع در مورد چگونگی دریافت اطلاعات در مورد نحوه انتخاب و بهره‌برداری از سازه‌های اندازه‌گیری و سامانه طرح در دست اجرا، اقدامات زیر ضروری است:

افراد و دستگاه‌های اجرایی و مدیریتی مرتبط که لازم است طرف مشورت باشند:

- آبیاران مطلع، تشکل‌های موجود کشاورزی در منطقه
- مطلعین از مدیریت آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی
- واحد بهره‌برداری شرکت‌های سهامی آب منطقه‌ای
- مطلعین در شرکت‌های تعاون روستایی

مدارک و اسناد مورد نیاز مطالعاتی طرح:

- مدارک و اسناد طراحی و ارزیابی پروژه شامل گزارش فنی و دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری طرح
- گزارش‌های قبلی مطالعات و بررسی‌ها، ارزیابی‌ها و مطالعات ویژه در مورد سازه‌های اندازه‌گیری و بهره‌برداری طرح و نگهداری در منطقه طرح
- مدارک و اسناد تاریخی نشان‌دهنده منازعات قومی و قبیله‌ای و مشکلات در تحویل آب
- دستورالعمل‌ها و بروشورهای و تجربیات مثبت و منفی در توزیع و تحویل آب
- مدارک و اسناد اجرایی طرح
- مشخصات کلی پیمان
- پیشرفت فیزیکی طرح
- امکانات و محدودیت‌ها در تغییرات پیمان

۸-۴- تصمیم‌گیری جهت اقدام

اولین گام، شناخت از به‌روز بودن طرح در دست اجرا است. اگر طرح مطالعاتی با فاصله زمانی زیادی به اجرا رفته و سامانه اندازه‌گیری بازنگری نشده باشد، پرداختن به موضوع تغییر و بهسازی ضروری است.

دومین گام، تعیین مرحله اجرا و پیشرفت فیزیکی کار است. در شبکه‌های آبیاری ثقلی روباز به طور قطع تغییرات از یکی از مراحل به بعد با مشکلاتی همراه خواهد بود که باید مورد توجه قرار گیرد.

گام سوم مقایسه و تصمیم در مورد چگونگی ایجاد تغییر در سامانه پیشنهادی و در حال اجرا است.

آنچه مسلم است در شبکه‌های تحت فشار در هر مرحله‌ای از کار مشکلات تغییر به مراتب کم‌تر بوده و ضروری است مسایل قراردادی پیمانکار حل و فصل شود و اما در شبکه‌های سطحی این موضوع شرایط پیچیده‌تری دارد که تیم ارزیاب ابعاد آن را روشن کرده و توصیه‌های لازم را با در نظر گرفتن جمیع جهات اعلام می‌نماید.

فصل ۹

بازرسی تجهیزات سامانه اندازه‌گیری

۹-۱- ضرورت‌ها و چارچوب بازرسی تجهیزات اندازه‌گیری

اولین و اصولی‌ترین گام برای شناخت نیازهای نگهداری، بازرسی شبکه است. بازرسی اجزای شبکه با در نظر داشتن اهداف زیر باید انجام شود:

- تایید صحت فیزیکی اجزای مختلف شبکه
- آشکارشدن شرایطی که ممکن است موجب اختلال در بهره‌برداری گردد.
- ارزیابی کفایت سازه‌ها و تاسیسات در ارائه خدماتی که برای آن منظور طراحی شده‌اند.
- توجه به دامنه فرسودگی یا خرابی تاسیسات و تجهیزات

بازرسی شبکه و تهیه گزارش باید توسط کارشناس مجرب دارای صلاحیت، انجام پذیرد. گزارشات بازرسی باید مکتوب بوده و دربرگیرنده مشاهدات و توصیه‌های لازم برای اقدامات اصلاحی و میزان فوریت آن‌ها باشد. به دلیل این‌که عوامل بهره‌برداری در طول فصل آبیاری تمامی اجزای شبکه را زیر نظر دارند، می‌توان تمامی یا بخش‌هایی از کار بازرسی شبکه را (خصوصا مواردی که جنبه عمومی و ظاهری دارند) با آموزش عوامل بهره‌برداری با هزینه کم‌تر به بهره‌برداران واگذار کرد. این کار را از طریق تهیه فهرست‌های کنترلی با توجه به مواردی که ناشی از عملکرد نادرست اجزای شبکه می‌شود، می‌توان انجام داد. به عنوان مثال خرابی دریچه‌های آبگیری یا نشت از پاشنه خاکریزها یا تخریب پوشش کانال یا بدنه آن را، میراب کانال که تقریبا هر روز بازه خاصی را تحت نظر دارد، بازدید کرده و گزارش نماید.

انواع بازرسی‌های متعارف مورد نیاز در شبکه‌های آبیاری و زهکشی را می‌توان به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

- دوره‌ای

بسیاری از تجهیزات موجود در شبکه‌های آبیاری و زهکشی باید بر طبق دستورالعمل‌های ارائه شده توسط شرکت سازنده و پیمانکار نصاب مورد بررسی و آزمایش قرار گیرند. به عنوان نمونه شرکت‌های سازنده کنتور، زمان‌بندی خاصی را برای بازرسی از درستی کارکرد آن ارائه می‌دهند.

- موردی

بر اساس اطلاعات دریافتی از منابع مختلف همچون واحد بهره‌برداری یا گزارشات مردمی، لازم است که از محل‌های دارای مشکل بازدید شده و در صورت نیاز، برای رفع عیب اقدام شود.

- ویژه

با وقوع هرگونه شرایط ویژه همچون سیل یا زلزله یا تغییرات ناگهانی فشار و قطع و وصل غیر عادی در شبکه‌های تحت فشار، لازم است که از شبکه بازدید به‌عمل آید و سلامت فیزیکی شبکه مورد بررسی قرار گیرد.

- بازدید قبل از هر فصل آبیاری

حداقل سالی یک‌بار بعد از فصل آبیاری، باید کارشناسان و کاردان‌های فنی صلاحیت‌دار، شبکه را جهت شناسایی خرابی‌ها و بررسی نیازهای نگهداری، پیمایش صحرایی کند. همچنین در این بازرسی‌ها باید اطمینان حاصل شود که اقدامات انجام شده قبلی برای نگهداری شبکه موثر بوده است.

جهت بازرسی سیستماتیک شبکه لازم است که از فهرست کنترلی[1] استفاده شود. سازه‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری آب نیازمند فهرست کنترلی ویژه‌ای می‌باشند که باید توسط شرکت سازنده تجهیزات و پیمانکار نصاب تهیه گردد[2].

برای تهیه فهرست کنترلی ابنیه و تجهیزات و لوله‌ها حسب مورد باید مواردی همچون موضوعات زیر مورد توجه قرار گیرد:

- ابنیه و تجهیزات
  - کنترل ابنیه از نظر عملکرد، نشت، نشست، ترمیم، تغییر شکل و ...
  - کنترل تجهیزات فلزی از نظر عملکرد، تغییر شکل، زنگ‌زدگی، رنگ‌آمیزی، روان‌کاری، ترمیم و ...
  - کنترل نیاز به لایروبی
  - کنترل خاکریز اطراف سازه
  - کنترل وجود و کفایت تجهیزات ایمنی
- لوله‌ها و تجهیزات وابسته
  - بررسی ظاهری میزان نشت، فرسودگی و تغییر شکل لوله‌های غیر مدفون
  - کنترل میزان نشت لوله‌های مدفون با استفاده از تجهیزات نشت‌یاب و نشست خاک روی لوله‌ها
  - کنترل عملکرد تجهیزات وابسته به خطوط لوله همچون شیرقطع و وصل، شیر هوا و ...
  - بررسی وضعیت آب‌بندی اتصالات

بازرسی در محل توسط یکی از افراد زیر صورت می‌گیرد:

- کارمند اداره آب
- میراب ناحیه آبیاری مزرعه
- یک هیدروگرافر آب زیرزمینی ناحیه آبیاری
- یک مسوول اندازه‌گیری آب واحد آبیاری (واحد زراعی)
- یا افراد دیگری که مورد تایید اداره آب باشند.

1- Check List

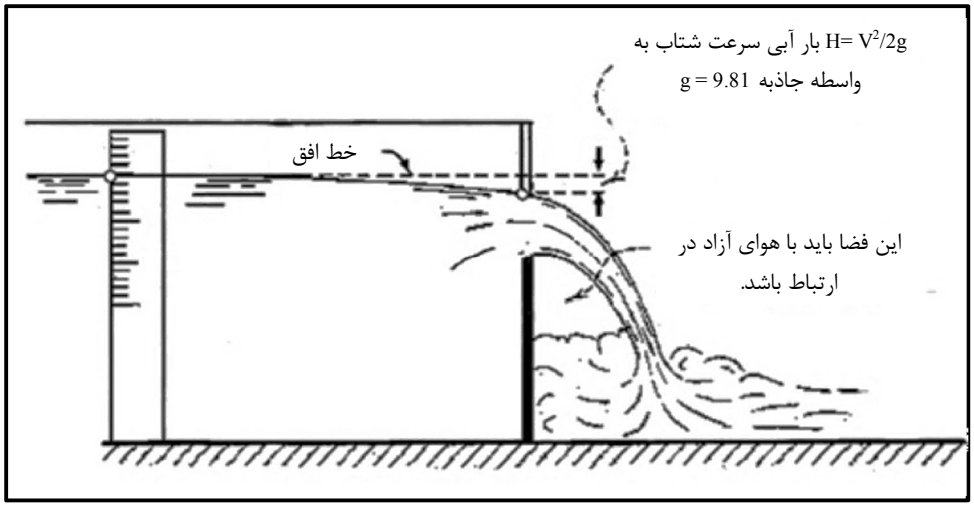
۲- به ضابطه شماره ۳۱۳ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان «فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری» مراجعه شود.

۹-۲- عوامل کاهش‌دهنده درستی اندازه‌گیری

اگر متصدیان از تکنیک‌های اندازه‌گیری نامناسب استفاده نمایند، وسیله‌ای که در یک موقعیت ایده‌آل به طرز صحیحی نصب شده و نگهداری منظم داشته است، همچنان اندازه‌گیری‌های نادرست ارائه خواهد کرد.

۹-۲-۱- اندازه‌گیری نادرست بارآبی

اندازه‌گیری بارآبی در یک سرریز لبه تیز (یک موضوع ظاهرا ساده) به جز در شرایط ایده‌آل، می‌تواند مشکل باشد. ارتفاع آب در بالای لبه تیغه سرریز یا بالای رأس سرریز مثلثی، بارآبی نامیده می‌شود و در نقطه‌ای اندازه‌گیری می‌شود که بارآبی نظیر سرعت (یا سرعت جریان ورودی جریان) ناچیز باشد. در عمل، این نقطه با فاصله‌ای بین چهار تا شش برابر اندازه بارآبی در بالادست مرکز تیغه سرریز واقع شده است (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- فاصله مناسب اندازه‌گیری در یک سرریز لبه تیز

موقعیت نامناسب اندازه‌گیری یا خطا در اندازه‌گیری بارآبی در یک فلوم، به دلیل انحنای سطح آب می‌تواند به خطای بزرگی در آبدهی منجر شود. همچنین ابعاد نادرست عرض گلوگاه فلوم و طول سرریز می‌تواند خطا ایجاد نماید. متصدیان به جای اعتماد به ابعاد ذکر شده روی نقشه‌ها، باید ابعاد سازه را در میدان کنترل کنند.

۹-۲-۲- اندازه‌گیرهای موردی (تعداد کم اندازه‌گیری‌ها)

وقتی که یک بارآبی یا سرعت، اندازه‌گیری می‌شود، متصدی باید فرض کند که آبدهی به دست آمده فقط در همان لحظه اندازه‌گیری، رخ داده است. در بسیاری از سیستم‌ها، اندازه‌گیری فقط یک‌بار در روز یا فقط وقتی که برخی تغییرات فیزیکی در منبع تامین یا تحویل صورت می‌گیرد، انجام می‌شود. غالبا در هنگام محاسبه آب تحویلی، مشکلات ایجاد شده توسط افت بارآبی، بالا آمدن برگشت آب، خزش یا نوسانات دریچه نادیده گرفته می‌شود. مساله ساده نیست؛ عوامل زیادی باید در تعیین تعداد قرائت‌های انجام شده در روز یا در واحد زمان دیگر، در نظر گرفته شود. اگر در سیستم تامین،

آبدهی افزایش یا کاهش یابد، قرائت‌های متعدد لازم است. اگر نرخ بالا آمدن سطح آب یکنواخت باشد، متوسط دو قرائت صبح و شب بهتر از یک قرائت خواهد بود. اگر قرائت لحظه‌ای دقیق از جریان بسیار متغیر لازم باشد، چاهک اندازه‌گیری به لوله رابط با قطر بزرگ‌تر نیاز دارد تا تاخیر زمانی را کاهش دهد.

۹-۲-۳- استفاده از وسایل اندازه‌گیری نامناسب

هر وسیله اندازه‌گیری آب، محدودیت خاص خود را دارد، پس یک نوع وسیله نمی‌تواند در هر موقعیت و تحت هر شرایطی به کار برده شود. برای مثال، در سرریزهای لبه تیز اگر بارآبی به طور محسوس کم‌تر از ۶ سانتی‌متر یا بزرگ‌تر از حدود یک سوم طول تیغه سرریز باشد، نمی‌توان انتظار درستی اندازه‌گیری داشت.

اگر تیغه سرریز با برگشت آب مستغرق شود، خطاهای بزرگی وارد می‌شود. طراحی وسیله‌ای که در تمام یا بخشی از دامنه تغییرات جریانش مستغرق شود، نیازمند واسنجی وابسته به اندازه بارآبی تفاضلی است. داشتن یک ایستگاه اندازه‌گیری بارآبی پایین‌دست یا دوم، احتمال امکان قرائت‌های اشتباه را دو برابر می‌کند. با افزایش استغراق، اندازه تفاضل‌های بارآبی کاهش یافته و به سمت مقادیری نزدیک می‌شود که تقریبا برای تغییرات کوچک شکل و افت اصطکاکی هم اندازه است. بنابراین تصحیح برای استغراق خیلی زیاد، بسیار نادرست است.

وسیله اندازه‌گیری پروانه آبی نباید به طور دائمی در محل‌هایی نصب شود که علف، آشغال در حال حرکت، یا رسوب وجود داشته باشد و قابلیت معیوب کردن وسیله یا فرسایش یاتاقان‌ها وجود داشته باشد.

وسایل مستغرق مانند دریچه‌های اندازه‌گیری یا سایر انواع روزنه‌ها نباید در محل‌هایی که بار بستر متحرک می‌تواند سبب انسداد دهانه (به طور کامل یا جزئی) شود، مورد استفاده قرار گیرد.

کاربر وسایل اندازه‌گیری برای آبیاری نباید توقع درستی بیش از ۲± درصد داشته باشد حتی برای وسایل استاندارد که به صورت مناسب انتخاب، نصب و نگهداری شده است.

۹-۳- میزان تاثیر واسنجی تجهیزات اندازه‌گیری در دقت خروجی

اغلب سرریزها و پارشال فلوم‌های استاندارد شده برای اندازه‌گیری آبدهی، در سطع وسیعی در شرایط آزمایشگاهی یا صحرایی واسنجی شده و نتایج به دست آمده به صورت جدول یا منحنی چاپ و منتشر شده است. چنانچه وسایل اندازه‌گیری با ابعاد و مشخصات استاندارد ساخته شود، می‌توان به طور مستقیم از جدول و منحنی‌های مذکور استفاده کرد. در این موارد دقت اندازه‌گیری زیاد و بین ۱٪ ± تا ۵٪ ± خواهد بود.

در مورد سازه‌های ساختمانی ثابت مخصوص اندازه‌گیری، درصورتی‌که از نظر مصالح مورد استفاده و اندازه‌ها، استانداردهای مربوط رعایت نشده باشد، استفاده از جدول‌ها و منحنی‌های استاندارد نتایجی با تقریب بیش از ۵٪ ± به دست خواهد آمد و به منظور افزایش دقت، در هر مورد واسنجی صحرایی در محل استقرار سازه مورد نظر لازم است. معمولا در مواردی که برای اندازه‌گیری آبدهی جریان از دریچه‌های معمولی، کشویی و سایر دستگاه‌های موجود استفاده

می‌شود، واسنجی آن‌ها ضروری است. در موقع واسنجی یک دستگاه یا سازه، اندازه‌گیری آبدهی و ارتفاع یا تراز آب مربوط باید با مقادیر مختلف انجام شود، دامنه تغییرات مقادیر جریان در مرحله واسنجی باید به ترتیبی باشد که کلیه مقادیر مختلف آبدهی قابل اندازه‌گیری به وسیله دستگاه‌های مذکور را در بر گیرد. در محل اندازه‌گیری باید ابعاد مقطع انتخابی معلوم و برای ترازهای مختلف سطح آب مدرج شده باشد. محل انتخابی واسنجی باید در بالادست محل دستگاه اندازه‌گیری مورد واسنجی قرار گرفته باشد و در قسمتی از مسیر جریان که مستقیم و فاقد انحناست و خارج از شعاع تاثیر امواج یا هر عامل ایجادکننده عدم یکنواختی جریان، در نظر گرفته شود. به منظور دستیابی به جدول یا منحنی‌های با قابلیت انطباق دقیق و مناسب، لازم است اندازه‌گیری به وسیله مولینه و با قرائت‌های متعدد انجام گیرد، زیرا اندازه‌گیری به تعداد کم، نتایجی با اختلاف زیاد به دست می‌دهد.

روش دیگر برای واسنجی، در صورت فراهم بودن شرایط لازم، استفاده از یک سرریز یا پارشال فلوم با اندازه‌ها و مشخصات استاندارد است. در این صورت نتایج حاصل شده از دقت لازم برخوردار خواهد بود. وسیله مذکور در بالادست دستگاه مورد واسنجی (دستگاه اندازه‌گیری دائمی) به طور موقت نصب می‌شود. استفاده از این روش مستلزم وجود شیب مناسب یا اختلاف ارتفاع کافی سطح آب در محل نصب دستگاه موقت است، به طوری که شرایط ریزش آزاد (غیر مستغرق) آب فراهم باشد.

۹-۴- عیوب احتمالی هر یک از تجهیزات اندازه‌گیری و تاثیر آن‌ها در دقت خروجی

عوامل موثر در میزان دقت خروجی ابزارها و دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان آب به شرح زیر است:

۹-۴-۱- شرایط جریان ورودی به سازه یا ابزار اندازه‌گیری

شرایط نامناسب جریان بلافاصله در بالادست وسیله اندازه‌گیری می‌تواند سبب خطاهای بزرگ در تعیین آبدهی شود. به طور کلی، جریان ورودی جریان به سمت وسیله اندازه‌گیری بایدبه صورت آرام باشد. جریان‌سنج ونتوری، به جریان ورودی مستقیمی به اندازه ۱۰ برابر قطر لوله نیازمند است. جریان کانال باز به جریان ورودی مستقیم بدون مانع به اندازه ۴۰ برابر شعاع هیدرولیکی نیازمند است.

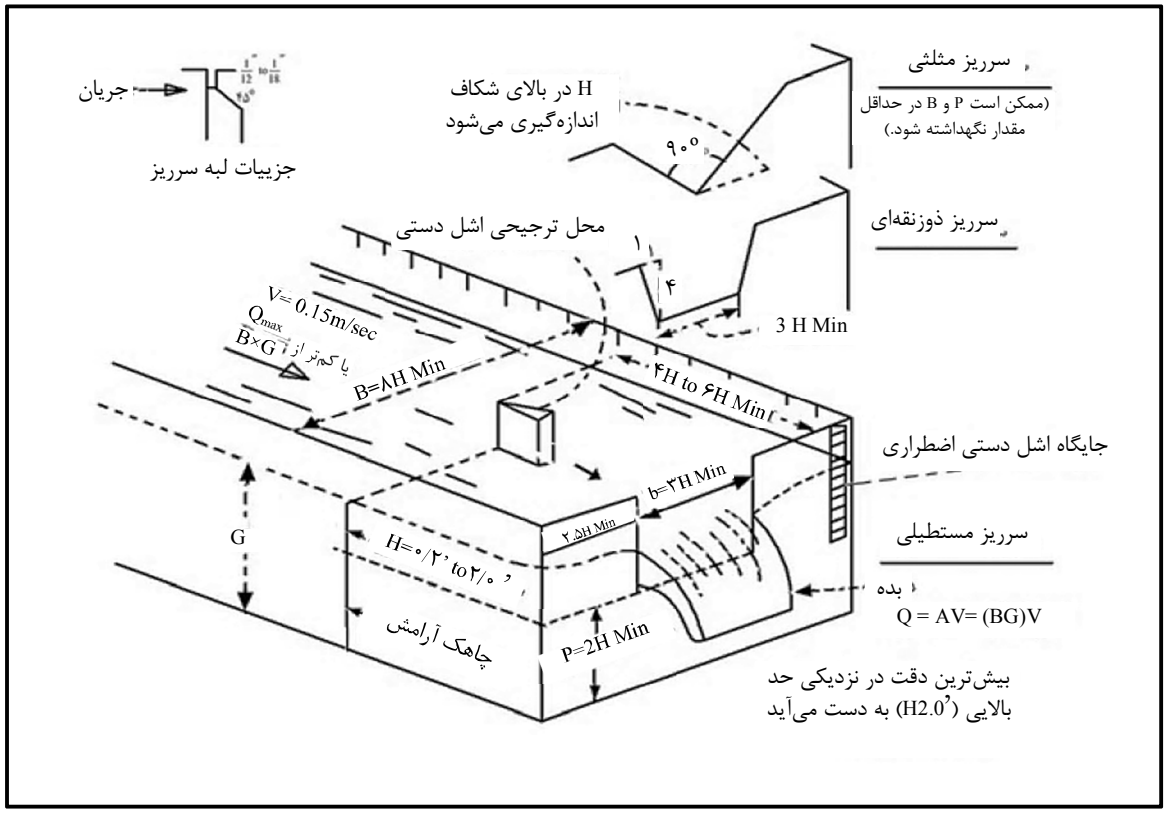
معیارهای کاربردی شرایط جریان ورودی توسط باس (۱۹۸۹) به صورت زیر ارائه شده است:

- اگر عرض کنترل، بزرگ‌تر از ۵۰ درصد عرض کانال جریان ورودی باشد، در این‌صورت به اندازه ۱۰ برابر متوسط عرض جریان ورودی، به کانال مستقیم و بدون مانع نیاز است.
- اگر عرض کنترل کم‌تر از ۵۰ درصد عرض کانال جریان ورودی باشد، در این‌صورت به اندازه ۲۰ برابر عرض مقطع کنترل به کانال مستقیم و بدون مانع نیاز است.
- اگر جریان بالادست، کم‌تر از عمق بحرانی باشد، پرش را باید به اجبار به‌وجودآورد. در این‌حالت به میزان ۳۰ برابر اندازه بارآبی در کانال، بعد از محل پرش به کانال مستقیم و بدون مانع نیاز است.

- اگر از تیغه‌های هادی برای اصلاح و ملایم کردن جریان نزدیک شونده استفاده شده باشد، دراین‌صورت به میزان ۱۰ برابر اندازه بارآبی، بین تیغه‌ها و محل اندازه‌گیری باید فاصله باشد.

معمولا در اثر شرایط نامناسب جریان ورودی، خطاهایی به میزان ۲۰ درصد رخ می‌دهد، و اگر شرایط جریان ورودی بسیار نامناسب باشد، ممکن است ۵۰ درصد یا بیش‌تر خطا رخ دهد.

در شکل (۹-۲) نسبت‌های استاندارد، برای سرریزهای مستطیلی، ذوزنقه‌ای، مثلثی ۹۰ درجه، نشان داده شده است. سرعت جریان ورودی به سمت سریز باید کم‌تر از ۰/۱۵ متر بر ثانیه باشد. این مقدار سرعت معادل با خطای بارآبی ۰/۱۵ سانتی‌متر است. سرعت جریان ورودی می‌تواند با تقسیم حداکثر جریان به مساحت در نقطه‌ای با فاصله ۴ تا ۶ برابر اندازه بارآبی در بالادست تیغه سرریز، تخمین زده شود.



شکل ۹-۲- نسبت‌های استاندارد، برای سرریزهای مستطیلی، سیپولتی، مثلثی ۹۰ درجه

۹-۴-۲- تلاطم

تلاطم جریان ممکن است به صورت جوشش‌های سطح آب یا گرداب‌های سه بعدی که به‌طور تصادفی پدید و ناپدید می‌شود، شناخته شود. تلاطم شدید تاثیر نامطلوبی روی درستی هر نوع وسیله اندازه‌گیری تاثیر خواهد گذاشت به‌ویژه هنگام استفاده از جریان‌سنج‌ها یا هر نوع پروانه آبی، موجب اثر نامطلوب حادتری می‌شود.

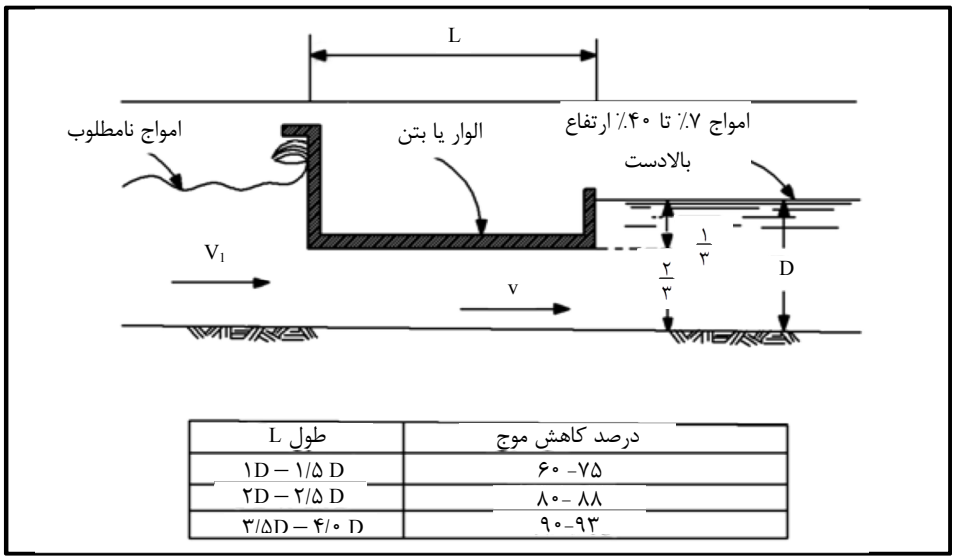
عبور جریان کم عمق از روی بستر زبر یا شیب‌دار می‌تواند سبب تلاطم گردد. علف‌های هرز یا سنگ‌چین‌های حفاظتی ریزش کرده در سطح مقطع جریان یا در طول دیواره‌ها یا ته‌نشینی رسوب در بالادست وسیله اندازه‌گیری نیز می‌تواند سبب ایجاد تلاطم اضافی شود.

تلاطم اضافی می‌تواند موجب ایجاد خطای ۱۰ درصدی یا بیش‌تر در اندازه‌گیری شود. بنابراین جریان را در هنگام نزدیک شدن به سازه یا وسیله اندازه‌گیری باید اصلاح کرد تا به جریان آرام کانال تبدیل شود.

۹-۴-۳- سطح ناهموار آب

هنگامی که نشان‌گر باید برای تعیین بارآبی یا مساحت سطح مقطع جریان قرائت شود، سطح ناهموار آب می‌تواند سبب بروز خطا در اندازه‌گیری آبدهی گردد. جایی که تلاطم سطح آب، مانع تعیین دقیق بارآبی شود خطاهای ۱۰ تا ۲۰ درصد متداول است.

برای به‌دست آوردن جریانی با سطح هموار، وسایل ویژه کاهش موج (سازه موج‌گیر) مورد نیاز است. در صورتی که طول سازه موج‌گیر چهار برابر عمق جریان باشد، می‌تواند تا ۹۳ درصد موج را کاهش دهد.



طول L	درصد کاهش موج
۱D – ۱/۵ D	۶۰ -۷۵
۲D – ۲/۵ D	۸۰- ۸۸
۳/۵D – ۴/۰ D	۹۰-۹۳

شکل ۹-۳- زیرگذر جلوگیری‌کننده از موج

۹-۴-۴- بارآبی نظیر سرعت در هنگام ورود جریان

هنگامی که جریان به یک سرریز نزدیک می‌شود، سطح آب به واسطه شتاب جریان ناشی از نیروی ثقل، افت می‌کند (شکل ۹-۱). افت ۳ سانتی‌متری سطح آب، درست در بالادست سرریز معمول است و نشان‌دهنده افزایش سرعت به مقدار ۰/۲۴۴m/s است. اگر بارآبی روی سرریز، کاملا نزدیک سرریز اندازه‌گیری شود، مقدار بارآبی می‌تواند به اندازه ۳ سانتی‌مترکوچک‌تر باشد. این مقدار اختلاف، خطایی بالغ بر ۳۵ درصد آبدهی گزارش شده است.

هر افزایشی در سرعت نسبت به شرایط استاندارد، منجر به اندازه‌گیری بارآبی کم‌تر از اندازه واقعی روی سرریز خواهد شد. بنابراین، آب بیش‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده، تحویل داده خواهد شد. دلایل بارآبی نظیر سرعت اضافی شامل؛ عمق نامناسب حوضچه بالادست سرریز، رسوب‌گذاری در حوضچه بالادست و توزیع نامناسب سرعت عرضی در بالادست سرریز می‌باشد.

۹-۴-۵- الگوهای جریان نامناسب

توزیع نامناسب جریان که در بالادست یک وسیله اندازه‌گیری وجود دارد را غالبا نمی‌توان به هیچکدام از عوامل یاد شده فوق، نسبت داد. پس بهترین راه‌حل، این فرض است که توزیع نامناسب علل متعددی دارد. کار را با عوامل آسان آغاز کنید و تمام فهرست علل را بررسی کنید و هر علت احتمالی ایجاد الگوی نامناسب جریان را تا حصول شرایط جریان مطلوب بررسی کنید.

دهانه‌های آبگیری که در نزدیکی و بالادست وسیله اندازه‌گیری واقع شده باشد، می‌تواند شرایط جریان ورودی نامناسب را ایجاد کند، به همین ترتیب پایه پل‌ها، انحناهای کانال، یا مقطع اریب در اندازه‌گیری موثرند. در چنین شرایطی جابه‌جایی وسیله اندازه‌گیری تنها راه‌حل ممکن می‌توانند باشد.

بین موانع و سازه آرام‌کننده و وسیله اندازه‌گیری باید کانال مستقیم بدون مانع به طول ۱۰ برابر عرض کانال وجود داشته باشد.

۹-۴-۶- شرایط جریان خروجی

به همان اندازه که شرایط جریان ورودی می‌تواند مشکل‌ساز باشد، شرایط جریان خروجی نیز می‌تواند سبب بروز خطا در اندازه‌گیری شود. اما با این شرایط در عمل زیاد با آن مواجه نمی‌شویم. به طور کلی اطمینان از این‌که برگشت آب، سازه‌ای را که برای شرایط آزاد طراحی شده مستغرق نکند یا به زیر آب نبرد، کافی است. گاهی اوقات فلوم در رقوم بسیار پایینی کار گذاشته می‌شود و برگشت آب، گلوگاه آن را به شدت مستغرق می‌کند، در این صورت خطاهای بزرگی در اندازه‌گیری آبدهی ایجاد می‌کند. افزایش ارتفاع کف فلوم، تنها راه بهبود چنین حالتی است مگر این‌که امکان حذف بعضی از موانع موضعی پایین‌دست برای کاهش برگشت آب، وجود داشته باشد. سرریزهای لبه تیز باید به طور آزاد تخلیه شود نه مستغرق، گرچه استغراق جزیی (برگشت آب می‌تواند به اندازه ۱۰ درصد بارآبی روی تاج، بالا آید) آبدهی را به مقدار قابل اغماض کاهش می‌دهد (کم‌تر از ۱ درصد).

ارتفاعی که آب در پشت سفره تحتانی یک سرریز بالا می‌آید، معیاری از خطای آبدهی است. برای مثال، اگر روی یک سرریز ۳ فوتی بدون فشردگی (هم عرض)، مقدار بارآبی برابر ۳۰/۵ سانتی‌متر باشد و بالا آمدگی سطح آب پشت سفره زیرین ۹ سانتی‌متر باشد، خطای اندازه‌گیری آبدهی حدود ۶/۵+ درصد خواهد بود. اگر سطح آب فقط تا ۳ سانتی‌متر بالا آید خطا برای همان سرریز و بارآبی، ۲/۵+ درصد خواهد شد.

اگر بارآبی بالادست سرریز به مقدار قابل توجهی پایین افتد در این‌صورت سرریز به اندازه کافی هوادهی نشده است. یک آزمایش ساده برای بررسی کافی بودن هوادهی، جدا کردن سفره آب از تیغه سرریز با دست یا با وسیله‌ای مانند بیل برای یک مدت زمانی است که به جریان کامل هوا اجازه داده شود زیر سفره آب وارد شود. بعد از برداشتن دست یا بیل، نباید سفره آب به تدریج به سمت تیغه سرریز متمایل شود (در مدت چند دقیقه یا بیش‌تر). اگر نیم‌رخ طولی فوقانی سفره آب به همان صورت زمان هوادهی کامل باقی بماند، سرریز دارای هوادهی کافی است.

اگر سفره آب به وجه پایین‌دست سرریز چسبید و به شکل واضحی برنخاست، ممکن است آبدهی سرریز به اندازه ۲۵ درصد از مقداری که توسط قرائت بارآبی تعیین می‌شود، بیش‌تر باشد. به طور کلی این مشکل در جریان‌های کم با بارهای آبی نزدیک به ۶ سانتی‌متر و کم‌تر نمایان می‌شود و در سرریزهای مثلثی بیش‌تر رخ می‌دهد. عملکرد خوب، مستلزم کنترل سفره آب، قبل و بعد از قرائت‌ها می‌باشد.

۹-۴-۷- شرایط اقلیمی و فرسودگی تجهیزات

تیغه‌های سرریز لبه تیز در وسایل قدیمی‌تر اندازه‌گیری آب غالبا دارای شرایط بدی هستند. عموما تیغه‌ها با لبه‌های کند و مضرس، جدا شده از دیواره‌های فرازبند، حفره‌دار و پوشیده شده از دانه‌های برجسته زنگار و غیر قائم هستند.گاهی تیغه‌های سرریز دارای فرورفتگی بوده و غیر افقی هستند. نشان‌گرهای اندازه‌گیری فرسوده بوده و قرائت آن‌ها مشکل است. ورودی‌های چاهک اندازه‌گیری در رسوبات دفن شده یا با آشغال و علف مسدود می‌شوند. سرریزهای لبه پهن و فلوم‌ها به علت یخ‌زدگی جابه‌جا و از تراز خارج می‌گردد. دریچه‌های اندازه‌گیر با شن یا آشغال از شکل هندسی اولیه خارج شده و صفحات دریچه، تاب و ترک برمی‌دارند. وقوع موارد فوق و سایر شکل‌های فرسودگی غالبا سبب ایجاد خطاهای جدی در اندازه‌گیری‌های آبدهی می‌شود.

۹-۵- بررسی اجمالی روش‌های عیب‌یابی و تعمیر تجهیزات مختلف

انواع عیوب احتمالی ابزارها و سازه‌های اندازه‌گیری:

- عیب تدریجی سازه یا ابزار در اثر فرسودگی قطعات به مرور زمان که موجب خارج شدن از رواداری مجازخارج شود و خطای اندازه‌گیری به مرور زمان افزایش یابد.
- عیوب سازه یا ابزار در اثر از کار افتادن یک یا چند جز، یا از کار افتادن سازه یا ابزار یا ارائه عددی کاملا غیر منطقی، که به راحتی قابل تشخیص است.

۹-۶- تجربیات قابل دسترس در مورد سوابق عملکرد سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری در شرایط ایران

بررسی‌های متعددی توسط محققین مختلف طی چندین سال بر روی عملکرد سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری صورت گرفته است که خلاصه استخراج نتایج این تحقیقات در پیوست یک ارائه شده است.

۹-۷- عملکرد سازه‌های استاندارد و غیراستاندارد

وسیله استاندارد واقعی وسیله‌ای است که به شکل کاملی توصیف شده، به‌درستی واسنجی شده، به‌درستی ساخته و نصب شده و به شکل مطلوبی نگهداری شده تا انتظارات اصلی را تامین کند. در این‌صورت است که به معادلات و جداول یا منحنی‌های استاندارد آبدهی، می‌توان اعتماد نمود تا اندازه‌گیری‌های دقیق آب را ارائه کنند. نگهداری وسیله استاندارد، فقط شامل کنترل ظاهری و اندازه‌گیری چند قطعه یا طول مشخص برای حصول اطمینان از آن‌که وسیله اندازه‌گیری از حالت استاندارد خارج نشده باشد، است.

۹-۸- بازرسی چگونگی نصب

در مقابل آن دسته از تجهیزات اندازه‌گیری که زمانی دقیق و قابل اعتماد بوده‌اند، اما خراب شده‌اند، تجهیزاتی وجود دارد که به دلیل عدم مهارت، هرگز به درستی نصب نشده‌اند. این دسته شامل ابزارهایی هستند که تراز نشده‌اند یا خارج از راستای قائم نصب شده‌اند، آن‌هایی که اریب یا خارج از تنظیم هستند، آن‌هایی که تحت فشار جریان عبوری دارای نشت از دیوارهای فرازبند یا اطرافشان هستند و آن‌هایی که برای شرایط جریان موجود، خیلی پایین یا خیلی بالا کار گذاشته شده‌اند. طول نادرست تیغه سرریز یا عرض نادرست گلوگاه پارشال فلوم، هوادهی ناکافی یا عدم هوادهی سفره آب، یا محل استقرار نادرست نشان‌گر برای اندازه‌گیری بارآبی یا عدم استحکام و شرایط پایدار محل نصب نشان‌گر و جابه‌جایی نشان‌گر، سبب خطاهای اندازه‌گیری می‌شود.

محور طولی سرریز باید عمود بر جهت جریان باشد. اگر از جعبه سرریز استفاده شود، خط مرکزی جعبه سرریز باید موازی با جهت جریان قرار گیرد. صفحه سرریز باید عمود و با زاویه درست با جهت جریان ساخته شود، در غیراین‌صورت و همچنین وجود یک شیب عرضی، روی تاج سرریز لبه تیز می‌تواند سبب خطا گردد، به ویژه اگر صفر نشان‌گر به یک انتهای لبه، ارجاع داده شده باشد. خطا می‌تواند با تعیین آبدهی بر اساس بارآبی در هر انتها و استفاده از جریان متوسط به حداقل رسانده شود. خطا در کارگذاری صفر نشان‌گر، مساوی با قرائت اشتباه بارآبی است. در بارهای آبی کم، خطای به نسبت کوچک کارگذاری، می‌تواند سبب خطای ۵۰ درصدی یا بیش‌تر در آبدهی گردد. فقط۰/۰۰۳ متر خطا در تعیین بارآبی، می‌تواند سبب خطای آبدهی از ۵ درصد در سرریز مثلثی ۹۰ درجه تا بیش از ۸ درصد در سرریز ذوزنقه‌ای ۴۸ اینچی شود (بارآبی ۰/۰۶۱ متر برای هر دو). برای بارهای آبی کم، همان مقدار خطای بارآبی در پارشال فلوم‌های ۶ و ۱۲ اینچی، به ترتیب می‌تواند به ۱۲ و ۶ درصد خطا منتج گردد.

اگر سرریز بیش از چند درجه از تنظیم خارج شده باشد، تیغه‌های اریب یا خارج از امتداد قائم سرریز، مقادیر خطاهای قابل توجه در اندازه‌گیری جریان را نشان خواهد داد. تیغه‌های سرریز زنگ‌زده یا حفره‌دار یا تیغه‌هایی با پیچ‌های بیرون زده یا انحرافات در بالادست، بسته به میزان شدت زبری، می‌تواند ۲ درصد خطا یا بیش‌تر ایجاد کند. هر نوع زبری باعث خواهد شد که سرریز، آب بیش‌تری نسبت به مقدار نشان داده شده، تخلیه کند. همچنین با گرد کردن

لبه سرریز یا برگرداندن وجه تیغه، گرایش به افزایش آبدهی پیدا می‌شود. در تاج‌های چوبی قدیمی، یک لبه کاملا گرد شده، می‌تواند باعث افزایش آبدهی بین ۱۵ تا ۲۵ درصد یا بیش‌تر شود. لبه کاملا گرد شده در سرریزی که روزی لبه تیز بوده است، جریان خیلی بیش‌تر از مقدار «استاندارد» عبور خواهد داد. فشارسنج باید با درستی و با دانایی چگونگی کارکردشان نصب شوند؛ در غیر این‌صورت مقادیر نشان داده شده فشار می‌تواند با خطا باشد.

همیشه از کوچک‌ترین قطر برای دهانه بازشدگی که احتمال عدم انسداد آن با مواد خارجی در نظر گرفته شده باشد، استفاده کنید.

اساسا شیرهای فشار باید عمود بر مرز جریان باشد و جریان باید موازی با مرز باشد. لبه‌های زبر با برآمدگی‌های نزدیک یا روی لبه‌های سوراخ پیزومترها، آب را به داخل یا خارج از پیزومتر منحرف می‌کند، در نتیجه مقادیر نادرست ارائه می‌شود. فرو رفتن لوله پیزومتر به درون جریان باعث انحنای جریان در زیر لوله شده که سطح آب را کاهش داده و به پایین می‌کشد. خطاهای ناشی از نصب اشتباه پیزومترها با افزایش سرعت، زیاد می‌شوند.

۹-۹- تکنیک های اندازه‌گیری

برای تعیین تراز آب یا ارتفاع نشان‌گر، دو قاعده اساسی (شامل اندازه‌گیری مستقیم و غیر مستقیم)، می‌تواند به کار برده شود. روش‌های مستقیم، مستلزم اندازه‌گیری ارتفاع از سطح آب تا خط مبنا می‌باشد و در روش غیر مستقیم، تراز آب از سایر مشخصات جریان مانند قرائت بارآبی توسط مبدل فشار، استنتاج می‌شود.

۹-۹-۱- نصب ثبات‌های تراز آب

مهم‌ترین ملاحظات در نصب یک ثبات تراز آب، اندازه و نصب مناسب چاهک اندازه‌گیری (در صورت استفاده) و برقراری یک سطح مبنای مرجع برای محل نصب می‌باشد. ثبات باید در برابر خطرات محیطی محافظت شود. سطح مبنای مرجع باید زیر پایین‌ترین تراز رودخانه یا سازه قرار گیرد و تجهیزات به کار رفته برای اندازه‌گیری تراز باید قابلیت پوشش کل دامنه تغییرات سطح آب را داشته باشد.

۹-۹-۲- ملاحظات چاهک اندازه‌گیری

قرائت بارآبی از روی نشان‌گری که به طور مستقیم روی دیواره داخلی کانال وصل شده باشد، به علت نوسانات امواج و تلاطم روی سطح درج، غالبا تخمینی است. اگر دیوار فلوم نسبتا نازک باشد کانال فلوم برای بهبود قرائت بارآبی به طور مستقیم با ایجاد روزنه‌ای در دیوار، به چاهک اندازه‌گیری متصل می‌شود.

لوله‌های گالوانیزه، پلی‌اتیلن و پلی‌وینیل کلراید، که در محل دهانه ورودی آب به داخل آن، آب‌بندی شده باشد، چاهک‌های مناسبی را تشکیل می‌دهد.

برای جلوگیری از تکان‌هایی که نوسانات به داخل چاهک وارد خواهد کرد، باید چاهک کاملا محکم مهار شده باشد.

اتصال لوله‌ای بین دیوار چاهک اندازه‌گیری و دیوار کانال جریان باید قائم و به دقت هم‌تراز با دیوار داخلی چاهک و کانال برش زده باشد. در غیر این‌صورت، جابه‌جایی ارتفاع سطح آب در چاهک به‌دلیل سرعت برخورد و تلفات نامتقارن بارآبی می‌تواند سبب انحراف قابل ملاحظه‌ای از ارتفاع متوسط واقعی در فلوم شود.

قبل از انجام اندازه‌گیری، برای اطمینان از عدم وجود رسوب، اجسام خارجی یا انسداد، چاهک‌ها باید با آب تمیز شستشو داده شوند، زیرا می‌تواند سبب بروز خطا در قرائت‌های بارآبی شود. تجهیزات ثبت اندازه‌گیری‌ها باید به طور منظم کنترل و سرویس شوند. کنترل‌های متقابل (دو طرفه) باید بین نشان‌گر دستی، نشان‌گر قلاب شکل، شاقول‌ها، مقادیر ثبات و سایر شاخص‌های آبدهی، برای آشکارسازی خطاهای سیستم انجام شود.

بنابراین، حتی هنگام استفاده از چاهک اندازه‌گیری، کماکان نشان‌گر دستی باید برای کنترل متقابل، روی دیوار داخلی فلوم‌ها به کار رفته باشد.

۹-۹-۳- کارگذاری نقطه مبنا

هنگام تنظیم ایستگاه اندازه‌گیری در یک نهر، رودخانه یا در یک سازه اندازه‌گیری، کارگذاری ارتفاع مبناء یا صفر، یکی از مهم‌ترین وظایف است. برای اطمینان باید دقت شود که خط مبناء زیر تراز جریان صفر باشد و به طور مستقل می‌تواند روی نقاطی خارج از سازه اندازه‌گیری واقع شده باشد. خطوط مبنا معمولا با استفاده از روش‌های نقشه‌برداری تعیین می‌شود. ارتفاع خط مبناء، اغلب به سطح متوسط دریا نسبت داده می‌شود. معمولا برای بررسی درستی عملکرد ایستگاه اندازه‌گیری، یک نشان‌گر دستی در نزدیکی آن کار گذاشته می‌شود. در مورد ارتفاع خط مبناء باید کنترل‌هایی به طور دوره‌ای انجام شود تا از عدم حرکت یا نشست چاهک یا سازه اندازه‌گیری اطمینان حاصل شود.

۹-۹-۴- اندازه‌گیری بارآبی در فلوم

بارآبی معمولا در خود کانال یا در چاهک اندازه‌گیری که در یک طرف کانال واقع شده است، اندازه‌گیری می‌شود. روش‌های زیادی می‌تواند برای تشخیص سطح آب در چاهک اندازه‌گیری با کانال فلوم استفاده شود. حس‌گرهای صوتی به تنظیم (زمانی) نوسانات صوتی منعکس شده از سطح آب وابسته هستند. اندازه‌گیری بارآبی همچنین می‌تواند با وسایل متنوع حس‌کننده فشار تعیین شود. متداول‌ترین روش‌های به کار رفته، نشان‌گرهای دستی نصب شده در ورودی فلوم یا در چاهک اندازه‌گیری یا ثبات‌های شناور نصب شده در چاهک اندازه‌گیری است.

۹-۹-۵- نصب نشان‌گر و تنظیم صفر در فلوم

مهم‌ترین عامل در به دست آوردن اندازه‌گیری‌های دقیق آبدهی در یک فلوم، تعیین دقیق بارآبی آستانه، h_1 است. بارآبی آستانه بالادست در صورتی می‌تواند با یک نشان‌گر یا ثبات، اندازه‌گیری شود که در مقطع کنترل، تراز آب مشاهده شده نسبت به تراز آستانه سرریز (یا تاج فلوم) معلوم باشد.

شیب‌های جانبی کانال معمولا فقط تقریبی از شیب مورد نظر (شیب طراحی) است. در نشان‌گرهایی که به صورت مایل در دیواره شیب‌دار کانال نصب شده‌اند، قرائت به علت انحراف جزئی شیب جانبی کانال از شیب طراحی، دچار خطا می‌شود. اگر این روش موجب جابه‌جایی صفر انتهایی نشان‌گر، بیش‌تر از ۳ میلی‌متر (۰/۰۱۵ فوت) شود شیب جانبی واقعی باید برای تنظیمات، با واسنجی تعیین شود.

چندین روش می‌تواند برای تنظیم کردن ثبات سطح آب استفاده شود، سه مورد از آن‌ها به طور خاص، مناسب هستند. ثبات زمانی می‌تواند تنظیم شود که:

۸- کانال خشک است.

۹- آب روی فلوم جمع شده باشد.

۱۰-آب در فلوم جریان داشته باشد. در این روش‌های تنظیم صفر، فرض شده است که ارتفاع آستانه می‌تواند در طول فرآیند اجرا تعیین شود. این نوع تعیین ارتفاع آستانه همیشه و مخصوصا روی سازه‌های عریض امکان‌پذیر نیست.

یک نشانه نقشه‌برداری ثابت و ماندگار، از قبیل یک کلاهک برنجی قرار گرفته در بتن باید در محلی قابل قبول و نزدیک سازه اندازه‌گیری، اضافه شود. ارتفاع آن باید از قبل نسبت به ارتفاع آستانه معلوم شده باشد.

۹-۹-۶- ساخت و نصب روزنه‌های مستغرق کاملا فشرده استاندارد

سازه روزنه‌های مستغرق اساسا باید از بتن، یا تحت شرایط محیطی مشخص از چوب ساخته شود. سازه برای جلوگیری از فرسایش در کانال‌های بدون پوشش باید بعد از دیوار روزنه به اندازه چندین برابر عرض مجرای پایین‌دست، امتداد یابد. کف و اضلاع محفظه مجرای پایین‌دست بعد از دهانه روزنه باید حداقل در فاصله‌ای به اندازه دو برابر کوچک‌ترین بعد روزنه به طرف خارج از دهانه کار گذاشته شود. برای تضمین نمودن استغراق روزنه ممکن است تخته‌های بالا آورنده تاج در پایین‌دست انتهای محفظه مجرای روزنه قرار داده شود؛ اما برای جلوگیری از اختلال در خروج آب از روزنه، تخته‌های بالا آورنده تاج باید به‌قدر کافی در پایین‌دست باشد. دیوار روزنه باید دقیقا عمود نصب شود و بالای دیوار فقط باید تا حداکثر تراز آب مورد انتظار، برسد.

۹-۹-۷- اندازه‌گیری بارآبی در CHO

در دهانه آبگیر CHO استاندارد، تفاضل بارآبی در سراسر روزنه یا دریچه بالادست از قرائت نشان‌گرهای دستی، درست در بالادست و پایین‌دست دیواره سراب تعیین می‌شود جایی که دریچه بالادست روی آن نصب شده است. وقتی که سطح آب در حوضچه آرامش پایین‌دست دهانه روزنه کاملا ناپایدار یا دارای نوسان باشد، خطای قرائت بارآبی می‌تواند موجب خطای قابل توجهی در درستی اندازه‌گیری جریان شود.

تمهیدات آرام‌سازی که در داخل سطح مقطع جریان ورودی و در عرض حوضچه آرامش نزدیک به نشان‌گر اندازه‌گیری، نصب شده باشد، برای کاهش نوسانات سطح آب در محل نشان‌گرهای دستی می‌تواند خطای اندازه‌گیری بار آبی را کاهش دهد. چاهک‌های اندازه‌گیری خارجی مرتبط شده به پیزومترهای بالادست و پایین‌دست دریچه روزنه، به‌شدت، پتانسیل درستی قرائت بارآبی و اندازه‌گیری‌های آبدهی را افزایش می‌دهد.

۹-۹-۸- استفاده از ایستگاه‌های جریان‌سنجی

ایستگاه‌های جریان‌سنجی، ایستگاه‌هایی دائمی یا نیمه دائمی هستند که در امتداد آبراهه و در جایی واقع می‌شوند که شرایط جریان، اجازه برقراری یک منحنی سنجه آبدهی بر اساس اندازه‌گیری‌های متعدد جریان‌سنجی را می‌دهد. بعد از این‌که منحنی سنجه برقرار شد، شدت جریان از روی منحنی، بر اساس عمق اندازه‌گیری شده جریان در ایستگاه تعیین می‌شود. اگر اندازه‌گیری‌هایی در نهرها یا کانال‌های کوچک موجود لازم باشد، ایستگاه‌های جریان‌سنجی می‌تواند با زحمت نسبتا کمی معمولا بدون نیاز به تغییر مقطع کانال ساخته شود.

در پروانه آبی خطاهای اندازه‌گیری سرعت در شرایط زیر افزایش می‌یابد:

- از ۱ تا ۲ برابر قطر روتور (قسمت چرخان) به مرز نزدیک‌تر باشد.
- برای اندازه‌گیری سرعت‌های کم‌تر از $0.15\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ یا خارج از دامنه، واسنجی شود. چرخش سریع روتور می‌تواند سبب آسیب‌دیدگی یاتاقان‌ها شود.
- در طی زمان اندازه‌گیری در یک موقعیت، ثابت نگه داشته نشود.
- در امواج قابل توجه به کار برده شود مانند امواجی که توسط باد ایجاد می‌شود.
- در جریانی استفاده شود که آب موازی محور پروانه جریان‌سنج نباشد یا نسبت به پلان جریان‌سنج مدل فنجانی مورب باشد.
- به‌وسیله علف‌های هرز یا آشغال ممانعت ایجاد شده باشد.

۹-۹-۹- دستورالعمل‌های کلی و اقدامات احتیاطی در سرعت‌سنج‌ها

درستی اندازه‌گیری می‌تواند با رعایت اقدامات زیر برای جریان‌سنج‌های پرایس (از جمله جریان‌سنج پیگمی که نوع اصلاح شده جریان‌سنج پرایس است) حفظ شود:

- جریان‌سنج باید قبل و بعد از تکمیل اندازه‌گیری‌ها، آزمایش چرخش شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ گونه آسیب دیدگی ندارد که منجر به خطا شود. با قرار دادن محور در وضعیت عمودی و محافظت فنجان‌ها از جریان هوا، فنجان‌ها باید یک دور سریع داده شود تا شروع به چرخش کنند. اگر جریان‌سنج تنظیم مناسبی داشته باشد و یاتاقان‌ها عاری از ذرات خارجی باشند، فنجان‌ها نباید کم‌تر از سه دقیقه به حالت سکون درآیند. اگر مدت چرخش فقط در حدود ۱۲ دقیقه باشد، (در صورتی که چرخش فنجان به تدریج ساکن شود)، تمام

جریان‌ها به غیر از سرعت‌های خیلی اندک می‌تواند اندازه‌گیری شود، اگر مدت چرخش فقط در حدود ۱ دقیقه باشد (درصورتی‌که چرخش فنجان به تدریج ساکن شود) جریان‌سنج باز هم می‌تواند برای اندازه‌گیری سرعت‌های بالای $0.3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ مورد استفاده قرار گیرد. اگر مدت چرخش کم‌تر از ۱ دقیقه باشد، جریان‌سنج باید تعمیر شود. تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی، چرخش باید به مدت ۴ دقیقه ادامه داشته باشد. وضعیتی که چرخش متوقف می‌شود به تعیین شرایط جریان‌سنج کمک خواهد کرد و باید مشاهده شود.

- سطح مقطع نهر باید به طور قائم به ۲۰ قسمت یا بیش‌تر تقسیم شود. مقاطع و نهرهای بسیار کوچک، با مرزهای ثابت و صاف، استثناء هستند و تقسیم سطح مقطع به تعداد کم، کافی خواهد بود. اگر فاصله بین عمودها کم‌تر از ۳۰ سانتی‌متر باشد تنها از یک قرائت قائم استفاده می‌شود. به طور کلی تقسیمات افقی طوری انتخاب می‌شوند که بین هر دو عمود مجاور، بیش‌تر از ۱۰ درصد آبدهی (و ترجیحا بیش‌تر از ۵ درصد) عبور نکند.
- کرونومتر باید به طور مکرر کنترل و در شرایط خوبی نگهداری شود.
- در سرعت‌های نامنظم و کم، برای به دست آوردن شمارش متوسط دقیق‌تر باید دوره مشاهده طولانی باشد.
- پروانه آبی باید بین قرائت‌های سرعت، از آب خارج شود، جهت اطمینان یافتن از این‌که چرخش به وسیله آشغال‌ها یا سایر علل، کند یا متوقف نشده باشد.
- جریان‌سنج قبل از شروع شمارش باید اجازه داده شود برای رسیدن به سرعت چرخش نهایی، حداقل ۱۰ تا ۲۰ ثانیه شروع به کار کند.
- عملکرد کلی جریان‌سنج در هر ارتفاعی از یک عمود باید شامل حداقل دو دوره متوالی حداقل ۴۰ ثانیه‌ای باشد. اگر اختلاف قابل ملاحظه‌ای در هر دوره مشاهده شود، باید قرائت‌های بیش‌تری انجام شود.

اندازه‌گیری‌ها باید به طرف ساحل، با استقراری درست، پایین‌دست خط نشانه، و حداقل تا فاصله ۴۶ سانتی‌متری از پهلوی جریان‌سنج انجام شود.

فصل ۱۰

بهسازی و نوسازی تجهیزات فرسوده

اندازه‌گیری در شبکه‌های در حال بهره برداری

۱۰-۱- کلیات

براساس آخرین یافته‌ها در مدیریت بهینه منابع آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی فرسوده، اقدامات نوسازی صرفا در بهبود فیزیکی شبکه خلاصه نمی‌شود. نوسازی به طور مشخص عبارت است از بهبود فنی، مدیریتی و سازمانی شبکه‌های آبیاری با هدف ارتقاء بهره‌وری از منابع (نیروی انسانی، آب، اقتصاد و محیط زیست). از این‌رو نوسازی علاوه بر پوشش کانال‌ها، تعمیر و نوسازی سازه‌ها و بهبود آن‌ها، بر جزییات سازمانی و فرآیندهای اقدامات از دریافت آب از منبع تا تحویل به قطعه زراعی و بازخورد آن توسط ذی‌نفعان و تامین مالی و ارتقا مداوم سامانه متمرکز می‌شود.

سامانه اندازه‌گیری یکی از ارکان مدیریت شبکه است و در یک سامانه اندازه‌گیری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، لایه‌های مختلفی از اقدامات وجود دارد که در انتقال، توزیع، تحویل آب و همچنین اقدامات مدیریتی دریافت آب‌بها و مدیریت واحد اندازه‌گیری، به هم وابسته‌اند و نوسازی آن‌ها باید مورد توجه باشد. واحدهای درگیر نیازمند ارزیابی و بازنگری، شامل؛ مجموعه سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری، تعداد و مهارت‌های مجموعه میراب‌ها، کارشناسان و کاردان‌های فنی عملیاتی و دفتری، مدیران برنامه‌ریز و برنامه‌های نرم‌افزاری و مجموعه دستورالعمل‌ها و روش‌های اقدام مختلف، می‌گردد.

۱۰-۲- شرایط موجود کنترل و توزیع شبکه‌های در دست بهره‌برداری

با توجه به امکان وجود شرایط متفاوت و متنوع در هر شبکه از نظر الگوی کشت، منبع آب و ابعاد شبکه، مدیر واحد اندازه‌گیری، با توجه به توضیحات زیر، وضعیت عمومی را برای جانمایی شبکه مشخص می‌نماید. مشخص شدن ابعاد شبکه و گستردگی آن و شناخت وضعیت واحدهای زراعی مشابه، کمک موثری به مدیریت واحد جهت بررسی وضعیت سامانه و سازه‌های اندازه‌گیر در هر شبکه نموده و بازنگری در ابعاد یا بهسازی این سازه‌ها و سامانه را به همراه خواهد داشت.

۱۰-۲-۱- شرایط موجود کنترل و توزیع از نظر نوع نبات

شبکه‌های آبیاری و زهکشی از دیدگاه چگونگی انتخاب سازه و تجهیزات اندازه‌گیری به قرار زیر قابل تقسیم‌بندی است:

الف- اراضی شالیزار

مزارع شالیزار، اصولا غرقابی است. مگر در مواقعی خاص از طول دوره رشد که برای چند روز مزارع غرقابی نیستند. محدوده‌های شالیزار معمولا به هم پیوسته و سطح نسبتا وسیعی را در بر گرفته و کشت دیگری مابین آن مزارع انجام نمی‌شود. در غالب مواقع و در واریته‌های یکسان که دارای دوران کشت مشابه هستند، در عرصه‌های گسترده کشت می‌شود. نحوه آبیاری این مزارع به قرار زیر است:

- آبیاری دائم و معمولا با جریان پیوسته بین چندین قطعه اراضی و گاهی در یک ناحیه گسترده
- آبیاری متناوب مشابه آبیاری دیگر اراضی مزروعی غیر برنج

البته در شرایطی که کشت برنج به صورت خشکه‌کاری باشد، راهکارهای مربوطه مشابه زراعت غیر برنج اعمال می‌شود.

ب- زراعت خشکه‌کاری و باغات

این نوع کشت نیز در دو گروه قابل تقسیم است:

- اراضی وسیع کشت تک محصوله مانند نیشکر، نخلستان‌ها و باغات در گستره بزرگ تک محصول

کشت و صنعت‌های نیشکر و نخلستان‌های آبادان و خرمشهر در این گروه قرار دارند. در این گروه از شبکه‌ها، می‌توان مدول آبیاری ثابتی را تدوین و سازه‌های اندازه‌گیری پیشنهادی با گام‌های متناسب با میزان مدول آبیاری پیشنهادی تنظیم و توزیع آب متعادل‌تری قابل حصول خواهد بود.

- الگوی کشت معین با تناوب زراعی متنوع

به خاطر نباتات الگوی زراعی، جابه‌جایی به جهت تناوب زراعی، عدم کشت به جهت مسائل مالی یا شرایط خاص کیفی، روش و نوع اندازه‌گیری نیاز به ابزار و ادوات با دامنه تغییرات معین و دقیق‌تری می‌باشد.

۱۰-۲-۲- شرایط موجود کنترل و توزیع به جهت شرایط آبگیری از منابع آب و توپوگرافی

الف- شبکه انتقال و توزیع آب تحت فشار با تامین آب از طریق پمپاژ

در این حالت عموما جریان آب ورودی به شبکه، حاصل کارکرد یک یا چند پمپ بوده و از این‌رو سازه‌های تقسیم، تحویل و اندازه‌گیری آب، باید تناسبی با این وضعیت تامین آب، داشته باشد.

ب- شبکه انتقال و توزیع آب تحت فشار ثقلی و تامین مستقیم از مخزن سد ذخیره‌ای یا تنظیمی

کنترل جریان در این شبکه، کنترل از پایین‌دست بوده و انتخاب سازه تحویل آب و اندازه‌گیر، می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد.

ج- شبکه ثقلی انتقال و توزیع آب و تامین از جریان طبیعی رودخانه

توزیع ماهانه جریان آب در این شبکه‌ها، تابعی از رژیم طبیعی رودخانه و میزان حقابه شبکه از آن دارد و عملا نمی‌تواند بر آبدهی‌های مورد انتظار با گام‌های معین استوار باشد. از این‌رو سازه‌های اندازه‌گیر باید بتواند آبدهی را در شرایط مختلف اندازه‌گیری نماید.

د- شبکه ثقلی انتقال و توزیع آب و تامین از سد مخزنی

در شرایطی که آبگیری بلافاصله بعد از سد باشد، آبگیری می‌تواند برنامه‌ریزی شده باشد و در شرایطی که حوضه میانی به آن اضافه شود، تقریبا شرایط رژیم طبیعی را خواهد داشت.

هـ- شبکه ثقلی و تحت فشار به صورت ترکیبی

در این حالت، هر یک از موارد بالا می‌تواند وجود داشته باشد.

۱۰-۲-۳- شرایط کانال‌ها و نهرهای سنتی و وضعیت شبکه موجود از نظر ابعاد آبدهی، شیب و در نهرهای سنتی مشخصات مکانیکی خاک در محل مورد نظر

- شبکه مدرن ثقلی فرسوده
- شبکه مدرن و سنتی دارای سازه‌های ساخته شده کنترل جریان
- نهرهای سنتی فاقد سازه کنترل جریان

۱۰-۲-۴- وضع موجود سامانه اندازه‌گیری و سامانه مورد نیاز شبکه

لازم است مدیریت واحد اندازه‌گیری با توجه به ویژگی‌های هر بخش شبکه (در صورت وجود تفاوت) عملکرد واحد اندازه‌گیری تشکیلات بهره‌برداری را در یک بازه زمانی حداقل ۵ سال گذشته را ارزیابی نماید. پیشنهاد می‌شود در این ارزیابی، مدیریت واحد بهره‌برداری، قبل از هر چیز، نقاط اندازه‌گیری ضروری با اهداف سازمان خود را در شرایط مطلوب تعیین نماید. این اهداف به تفصیل در فصل اول با عنوان ضرورت اندازه‌گیری بیان شده است. با توجه به این ضرورت‌ها و وزن هر یک به لحاظ ارتقا بهره‌وری از آب و بهبود شرایط اجتماعی و تسهیل در مدیریت شبکه و کنترل آب، واحد اندازه‌گیری قادر خواهد بود موقعیت‌های ضروری برای اندازه‌گیری و تناسب نوع سازه یا تجهیزات انتخابی در اندازه‌گیری را مشخص نموده و بر اساس آن قضاوت و تصمیم‌گیری نماید.

در این بررسی‌ها همچنین نحوه جمع‌آوری، ثبت و انتقال داده‌ها به مرکز، ارزیابی شده و ضرورت بازنگری یا در رابطه با حفظ روش موجود تصمیم‌گیری شود. در فصل ۱۱ روش عملیاتی کردن سامانه اندازه‌گیری ارائه شده است.

۱۰-۳- ارزیابی کلی سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری

۱۰-۳-۱- وضعیت فیزیکی سازه‌های قابل استفاده در اندازه‌گیری

مدیریت شبکه نیاز به شناسنامه به‌روز شده از تمامی سازه‌های موجود در شبکه که به نحوی می‌توانند به عنوان سازه اندازه‌گیر مورد استفاده باشند، دارد. بدین‌جهت توصیه می‌شود مطابق کاربرگ پیوست شماره دو تمامی سازه‌های موجود شبکه مستندسازی شوند. اهم مواردی که باید بازرسی و مستندسازی شود و همچنین توضیحات مربوط به هر کدام در کاربرگ ارائه شده است.

۱۰-۳-۲- شرایط محیطی سازه‌های مختلف اندازه‌گیری

در فلوم‌ها، سرریزها و مقاطع انتخابی با منحنی‌سنجه، شرایط زیر باید برقرار باشد:

- جریان عبوری باید به خوبی در مقطع کانال توزیع شده باشد و نسبتا بدون تلاطم، گرداب و امواج باشد. برای اصلاح الگوی جریان‌های ضعیف، تعمیق، تعریض یا ساخت موانع پریشان‌کننده و وسایل بهم ریختگی در مسیر جریان، ممکن است لازم گردد.
- یک سازه اندازه‌گیر باید در یک مقطع مستقیم از کانال روباز استقرار یابد. مقطع کانال بلافاصله در بالادست فلوم‌ها، باید فاقد آشغال و رسوب باشد. اگر فلوم به درستی نصب شده باشد، تجمع رسوبات به حداقل می‌رسد زیرا قسمت همگرای بالادست فلوم، سرعت جریان ورودی را زیاد کرده و بنابراین تجمع رسوبات را از بین می‌برد.
- پایداری فونداسیون و آب‌بند بودن بعد از عملیات لایروبی و اجرایی اطراف سازه و آسیب‌های ناشی از تردد ماشین‌آلات در حاشیه آن کنترل گردد.
- تناسب مقدار جریان عبوری و ظرفیت اسمی سازه به هنگام بهره‌برداری در شرایط عادی و حداقل آبدهی کنترل شود.
- تناسب سرعت جریان آب بالادست سازه اندازه‌گیری (اگر آب بلافاصله در بالادست، آرام و بدون حباب و موج باشد، دقت تحت تاثیر سرعت جریان قرار نمی‌گیرد. سرعت زیاد جریان در ورودی فلوم ممکن است خطایی به اندازه ۴ درصد مقدار جریان ایجاد نماید) کنترل شود.
- شیب حداقل در مقطع پایین‌دست برای حفظ جریان بحرانی در گلوگاه و اجتناب از استغراق فلوم، ضروری است. از شرایط استغراق باید اجتناب گردد زیرا دقت در این شرایط می‌تواند بسیار ضعیف باشد (بالای ۱۰ درصد)، از این‌رو هر آنچه باعث کاهش شیب پایین‌دست شده است، به نحوی تغییر داده شود که حداقل شیب مورد نیاز تامین شود.
- عدم گرفتگی یا کاهش مقطع لوله یا مجرای آب بعد از سازه اندازه‌گیر کنترل گردد.
- پا برجا بودن شکل هندسی مقطع کانال مقابل آبگیر، کنترل شود تا فاصله‌ای از سازه که شکستگی یا جابه‌جایی پوشش یا زوائد خارجی، باعث آشفتگی جریان نشده باشد.
- تاثیرات موج ناشی از بادهای شدید موسمی در کانال کنترل شود.
- در مدول‌های نیرپیک علاوه بر موارد فوق لازم است، به نوسانات آب بر روی سرریز در دامنه قابل قبول توجه شود و همچنین تجربه نشان داده است، که در ساخت این نوع دریچه‌ها دقت کافی به عمل نیامده است، از این‌رو واسنجی و اصلاح دامنه خطا ضروری است.
- وجود نشان‌گر نصب شده بر دیوار ما بین سرریز و مدول ضروری است.
- تاج سرریز و عدم وجود شکستگی بر روی آن تراز باشد.
- رسوب پشت سرریز وجود نداشته باشد.
- کنترل وجود حداقل سطح آب در دامنه قابل قبول ۰/۵± و در صورت عدم تامین بار هیدرولیکی لازم در دامنه تعیین شده، ضروری است. با نوبت‌بندی دریچه‌های بالادست و پایین‌دست شرایط متعادل برقرار شود.

۱۰-۳-۳- شرایط مدیریتی و اجرایی اندازه‌گیری

بدیهی است، سازمان اجرایی و مدیریتی در اندازه‌گیری نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای دارد. جهت روشن شدن این وضعیت لازم است تشکیلات موجود اندازه‌گیری، شرح وظایف مستند عوامل مرتبط، فرآیند قرائت جریان آب در سازه‌ها، ثبت اطلاعات و پردازش و گزارش‌دهی آن، مطابق نیازها و آنچه در این ضابطه پیشنهاد شده است کنترل و بازنگری شود.

به صورت خلاصه و در جهت مدیریت بهینه مصرف آب، لازم است سامانه‌ای پیاده‌سازی شود که اقدامات به هم پیوسته سنجش، ارسال، پایش، پردازش و کنترل را با توجه به ابعاد مختلف شبکه عملی سازد. از این‌رو موارد زیر با اهمیت هستند:

- سازمان واحد اندازه‌گیری، این سازمان در واحدهای بزرگ می‌تواند دفتر مستقلی باشد و در شبکه‌های کوچک سازمان اندازه‌گیری بخشی از واحد بهره‌برداری باشد.
- شرح وظایف و دستورالعمل‌های مرتبط
- زمان‌بندی اندازه‌گیری، ثبت اطلاعات و پردازش
- امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در فرآیند اندازه‌گیری با نتیجه نهایی
- برنامه‌ریزی واسنجی و ابزار و ادوات واسنجی اندازه‌گیری
- حد نهایت عوامل درگیر اندازه‌گیری و دوره‌های آموزشی لازم

سازه‌ها و ابزار و ادوات اندازه‌گیر، با توجه به عوامل تاثیرگذار مختلف، دقت متفاوتی خواهند داشت. از این‌رو مدیریت واحد بهره‌برداری می‌تواند با حذف عوامل محدود کننده، نقش بسیار با اهمیتی در رسیدن به رواداری مجاز هر سازه اندازه‌گیری را عملی نماید. به عنوان مثال در فلوم، عوامل زیر می‌تواند دامنه دقت اندازه‌گیری را از ۳ تا ۱۰ درصد تحت تاثیر قرار دهند.

- چگونگی نصب
- چگونگی ساخت فلوم
- موقعیت مناسب اندازه‌گیری سطح آب
- امواج متلاطم در کانال
- شرایط ضعیف خروجی

حتی در بهترین شرایط محیطی دلخواه، اندازه‌گیری مقدار آب، در معرض خطاهایی است. این خطاها باید و می‌تواند با برنامه‌ریزی دقیق در حداقل نگه داشته شوند، نگهداری و واسنجی مجدد کلیه وسایل اندازه‌گیری به صورت منظم، شرایط حداقل خطا را تضمین خواهد کرد.

۱۰-۴- چگونگی بهسازی و نوسازی سازه‌های موجود اندازه‌گیری

تشخیص مشکلات و نقایص در سازه‌ها بر اساس معیارهای ارائه شده در فصول ۴ تا ۷ عملیاتی می‌گردد. در زمینه سازه‌های مختلفی از جمله سرریزها، فلوم‌ها و مدول نیرپیک، اطلاعات مفیدی قابل دسترس است. اما از آنجایی که در مورد تجهیزات اندازه‌گیری الکترونیکی، منابع کم‌تری موجود است، در این زمینه توضیحاتی ارائه می‌شود.

به همان اندازه که انتظار دقت بالا از تجهیزات اندازه‌گیری الکترونیکی وجود دارد، به همان اندازه نیز ضروری است که در نگهداری این تجهیرات دقت عمل به کار بسته شود.

واحد بهره‌برداری و اندازه‌گیری، باید برنامه مدون و منطبق بر پیشنهادات سازنده تجهیزات برای نگهداری از آن‌ها داشته باشد. طبعا افزایش هزینه نگهداری از چنین تجهیزاتی در مقابل تجهیزات و سازه‌های معمول و به صورت دستی، کاملا قابل توجیه می‌باشد و به طور قطع عدم توجه به این موضوع باعث عدم کارایی آن‌ها شده و سرمایه‌گذاری انجام شده، از دست رفته خواهد بود. پیشنهاد می‌شود در شبکه‌هایی که از این تجهیزات استفاده شده است، به دقت دستورالعمل‌ها و الزاماتی که سازنده و مشاور اعلام نموده است به روشنی برای اپراتورها و نیروهای عامل در اندازه‌گیری آموزش داده شود و با بررسی میدانی هر کدام از این موقعیت‌ها مسائل و مشکلات، وجود خطاهای زیاد تعیین و نسبت به رفع نواقص اقدام شود.

حداقل استانداردها برای جریان‌سنج‌های مجاری بسته به قرار زیر است:

- حداقل دقت طراحی کارخانه‌ای برای قرائت جریان‌سنج ۲± درصد باشد.
- حداقل دقت نصب ۱۰± درصد قرائت باشد.
- جریان‌سنج پس از نصب، باید به وسیله یک ابزار اندازه‌گیری مستقل دیگری و حداقل ۱ بار در هر۴ سال پس از نصب، واسنجی شود.
- باید جریان لحظه‌ای را بخواند یا قادر به محاسبه آبدهی باشد.
- باید کل حجم جریان ضبط شود.
- حافظه غیر فرّار داشته باشد (در صورت قطع انرژی، نباید حجم جریان صفر خوانده شود)
- ارقام کافی برای اطمینان از عدم بازگشتن به مقدار ۰، در ۲ سال، داشته باشد.
- قرائت حجم نمی‌تواند به ۰ (صفر) بازنشانی (reset) شود.
- بر اساس مشخصات کارخانه سازنده نصب شده باشد.

عموما سازندگان جریان‌سنج مشخص می‌کنند که یک جریان‌سنج باید در بخشی مستقیم از لوله و حداقل ۱۰ برابر قطر لوله در پایین‌دست و ۵ برابر قطر لوله در بالادست هر شیرفلکه، زانویی، تنگ‌شدگی یا هر دخالتی که موجب تغییر الگوی جریان می‌شود، قرار داده شود. به عنوان مثال حداقل یک جریان‌سنج الکترومغناطیسی با فقط ۵ برابر طول لوله مستقیم بالادست اندازه‌گیر، دقت اندازه‌گیری عالی را فراهم می‌نماید.

ممکن است در بخش‌هایی از کانال‌ها، استفاده از سازه‌های غیر استاندارد (مانند آبگذر، مقطع کانال- منحنی‌سنجه و ...) برای اندازه‌گیری جریان استفاده شود. در چنین مواقعی باید شرایط ارائه شده در فصل چهارم بند ۴-۷ برای استفاده از سازه‌های غیر استاندارد اندازه‌گیری، رعایت گردد.

۱۰-۵- بررسی روش‌های مختلف اندازه‌گیری متناسب با شبکه

در شبکه‌هایی که فاقد سامانه اندازه‌گیری هستند:

- در شرایطی که آبگیرها، صرفا قطع و وصل جریان را به عهده دارند، پیشنهاد می‌شود از سازه «دریچه اندازه‌گیر» که در فصل چهارم به تفضیل توضیح داده شد، استفاده شود.
- در تمامی سازه‌های آب‌بند، نشان‌گر در محل مناسب نصب شود.
- در مسیر کانال‌هایی با پوشش بتنی و دارای جریان یکنواخت که دارای شرایط اندازه‌گیری هستند، نشان‌گر مایل در شیروانی کانال‌های ذوزنقه‌ای یا در دیواره عمودی کانال‌های مربع مستطیل نصب شود.
- در مسیر کانال‌های درجه ۲ در موقعیت‌های مناسب فلوم‌های جدید که در فصل چهارم ارائه شده، توصیه می‌شود.
- در تمامی محل‌های دارای پل عابر پیاده روش فلوم‌های جدید که در فصل چهارم، معایب و مزایا و شرایط آن ارائه شده، استفاده شود.
- سازه مقسم با دریچه کشویی صرفا در طول کانال‌های درجه ۳ توصیه می‌شود. انواع این سازه‌ها در فصل چهارم ارائه شده است.
- برای اندازه‌گیری جریان آب در لوله‌های تحت فشار صرفا روش آلتراسونیک یا روش الکترومغناطیسی پیشنهاد می‌شود. در شرایطی که امنیت حفاظت از تجهیزات وجود نداشته باشد، پیشنهاد می‌شود از جریان‌سنج آلتراسونیک قابل حمل و نقل که در فصل پنجم توضیح داده شده است، استفاده شود.

۱۰-۶- بررسی روند اجرایی تغییر و الزامات رعایت در آن‌ها

ضرورت و فرایند تغییر نیازمند شناخت دقیق و ارزیابی شرایط فیزیکی و محیطی سامانه اندازه‌گیری و نوع آن و چگونگی تغییرات به میزان اهمیت در کنترل و توزیع مصرف آب بستگی دارد. روند اجرایی در هر شبکه‌ای با توجه به میزان پایداری سازه‌ها یا فرسودگی آن‌ها دارد. اما توصیه عمومی برای هر شبکه با توجه به بودجه قابل دسترس به شرح زیر است:

۱۰-۶-۱- اقدامات کوتاه مدت

- پیشنهاد می‌شود در اولین گام، محدوده تاثیرگذار هر سازه شناسایی شده، علف‌زنی و لایروبی انجام شود.

- مقاطع بالا و پایین هر سازه اندازه‌گیر، در مسیر جریان که شکل هندسی خود را از دست داده، تا حد امکان به شکل هندسی مناسب هدایت جریان به سمت سازه اندازه‌گیر، تثبیت و پایدار شود.
- مشکلات فیزیکی سازه اندازه‌گیری از مسیر جریان برطرف شود. این اقدامات شامل ترمیم سازه‌های بتنی آسیب دیده یا تعویض یا تعمیر بخش فلزی سازه می‌گردد.
- بهسازی و تعمیر آب‌پخش‌ها یا سازه‌های مقسم در شبکه اصلی از اولویت برخوردار است.
- حفاظت سازه‌ها صرفا با حضور و مشارکت ذی‌نفعان عملی است. از این‌رو با توجه به شرایط اجتماعی و محیطی ضروری است مشارکت تشکل‌های موجود در امر حفاظت از سازه‌های اندازه‌گیری جدی گرفته شود. در صورت عدم وجود آن، ضروری است نسبت به جلب نظر شوراها یا معتمدین محلی، جهت پایش، کنترل و حفاظت استمداد گرفته شود.
- از حد دقت سازه‌های اندازه‌گیری آگاهی کسب شود و واسنجی گردد.
- کلیه کنتورهای اندازه‌گیری در آبیاری تحت فشار تعمیر و واسنجی گردد.

۱۰-۶-۲- اقدامات میان مدت و دوره‌ای

- لایروبی زهکش‌ها و کانال‌های آبیاری جهت ایجاد شرایط مناسب برای انتخاب روش‌های مختلف اندازه‌گیری
- تعمیر اساسی پوشش‌های کانال یا دیواره‌های آسیب‌دیده و زهکش در محل تاثیرگذار سازه‌های اندازه‌گیر
- شناسایی سازه‌های اندازه‌گیر با خطای زیاد و اقدام به بهسازی و تعمیر اساسی آن‌ها
- بهبود شرایط آبگیرهای قطع و وصل جریان آب[1] که عمر مفید بیش از ۵ ساله دارند. این اقدامات اصلاحی شامل:
  - آب‌بند کردن کامل دریچه
  - مدرج کردن محور دریچه با نصب نشان‌گر مناسب در کنار محور و حصول اطمینان از دامنه تغییر مجاز
  - ایجاد چاهک اندازه‌گیر بعد از دریچه اندازه‌گیر
  - بهسازی پایین‌دست سازه جهت ایجاد شرایط مناسب جریان آب بعد از مجرای خروجی
  - تنظیم جدول منحنی‌سنجه
- واسنجی مدول‌های نیرپیک و نصب نشان‌گر در محل مناسب سازه تنظیم سطح آب
- توسعه سامانه اندازه‌گیری در موقعیت‌های مناسب در مسیر کانال و زهکش و مجهز کردن آن‌ها به تجهیزات اندازه‌گیری آب

1- On-off Gate

- ساماندهی و ایجاد واحد مشخص در تشکل‌های آب‌بران و ارائه آموزش‌های لازم در مورد ضرورت حفظ و صیانت از سازه‌های اندازه‌گیر و آشنایی با فرآیند اندازه‌گیری و محاسبات بعدی

۱۰-۶-۳- اقدامات درازمدت

- برنامه‌ریزی یک‌پارچه و هماهنگ نمودن سامانه اندازه‌گیری در کل شبکه
- برنامه‌ریزی و تهیه سیستم یک‌پارچه خودکارسازی دریچه‌ها با توجه به حد دقت سازه‌های اندازه‌گیر موجود شبکه‌ها
- برنامه‌ریزی و تهیه سیستم مدیریت اندازه‌گیری دیجیتالی و جمع‌آوری و پردازش از راه دور
- برنامه‌های آموزشی و ترویجی در میان کشاورزان و ذی‌نفعان و جلب مشارکت گسترده آن‌ها در سامانه اندازه‌گیری و استقرار واحد مجهز و توانمند اندازه‌گیری در تشکل‌ها
- برنامه ترویجی در آگاهی از مدیریت مصرف و توانمندسازی آن‌ها در جهت مدیریت درخواست و مصرف آب در مزرعه و اهمیت و مزایای تحویل حجمی آب
- تدوین و مصوب نمودن موارد بازدارنده افراد متخلف و آسیب‌رسان به سامانه اندازه‌گیری و روش‌های عملیاتی نمودن آن با کمک مقامات محلی و تشکل‌ها
- قیمت‌گذاری منصفانه با توجه به حد دقت سازه‌های موجود اندازه‌گیر و ارزش افزوده خدمات ارائه شده به مصرف‌کنندگان
- جایگزینی سازه‌های مدرن اندازه‌گیری در شرایط مناسب اقتصادی و اجتماعی در شبکه

فصل ۱۱

ضوابط جانمایی و استقرار سامانه اندازه‌گیری جریان

۱۱-۱- کلیات

سامانه اندازه‌گیری آب، مجموعه سازه‌های اندازه‌گیری و ابزار و ادوات، تجهیزات نصب شده بر روی سازه‌ها یا مستقل (یا احیانا قابل جابه‌جایی) در نقاط و موقعیت‌های مختلف منتخب در گستره شبکه‌های آبیاری و زهکشی به همراه برنامه‌های نرم‌افزاری و مدیریتی است که با استقرار آن، داده‌ها و اطلاعات و گزارشات تولیدی مورد نیاز مدیریت تامین از منبع آبی مرتبط، مدیریت انتقال و توزیع و مصرف‌کننده آب شبکه، فراهم و تامین می‌گردد. جانمایی نقاط اندازه‌گیری جریان آب، تابع عواملی چون نوع و مشخصات ابزار اندازه‌گیری جریان آب وکارکرد آن در شبکه آبیاری و زهکشی است. در هر شبکه آبیاری و زهکشی، سه گروه ابزار اندازه‌گیری جریان آب قابل شناسایی و دسته‌بندی است:

گروه اول: دستگاه یا دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان آب نصب شده بعد از منبع آب و قبل از تحویل به شبکه آبیاری و زهکشی، متعلق به نهاد حاکمیت آب منطقه (منابع ملی) است. این ابزار اندازه‌گیری از لحاظ مدیریت بهره‌برداری و نگهداری، مدیریت قرائت، دوره‌های قرائت، نحوه پردازش و گزارش‌گیری، در صلاحیت فنی و حقوقی نهاد حاکمیت آب منطقه (منابع ملی) بوده و کارکرد این ابزار اندازه‌گیری جریان آب، کارکرد حاکمیتی است.

گروه دوم: ابزارهای اندازه‌گیری نصب‌شده در شبکه اصلی آبیاری و زهکشی با کارکرد کنترل آبدهی آب تحویلی به کانال‌های اصلی، درجه یک و درجه دو را شامل می‌شود. به بیان دیگر کارکرد این گروه از ابزارهای اندازه‌گیری، تولید داده‌هایی است که به بهینه‌سازی توزیع آب در درون شبکه آبیاری و مدیریت بهینه بهره‌برداری و نگهداری از شبکه منجر خواهد شد و می‌تواند در اختیار مدیریت شبکه یا شرکت‌ها یا تشکل‌های بهره‌برداری باشد.

گروه سوم: ابزارهای اندازه‌گیری حجمی جریان که بر روی کانال‌های آبیاری درجه دو نصب شده (آبگیرهای درجه ۳) و مسوولیت تولید داده آب تحویل شده به مصرف‌کنندگان آب (بهره‌برداران کشاورزی) را به عهده داشته و ملاک محاسبه آب مصرفی و دریافت آب‌بها برحسب قوانین موضوعه در شبکه آبیاری و زهکشی را به عهده دارد.

این سه گروه ابزار اندازه‌گیری علاوه بر نقش‌های ذکر شده، دارای نقش تولید داده برای حسابداری آب و اقتصاد آب در شبکه آبیاری و زهکشی و در سطح منبع آب و برخی مواقع در رودخانه و عملا در سطح حوضه آبریز را نیز بر عهده دارند.

تجهیزات و روش‌های اندازه‌گیری جریان آب بر حسب نوع و ساختمان شبکه‌های آبیاری و زهکشی متنوع هستند. در این ضابطه انواع تجهیزات، ملاحظات انتخاب و نحوه به کارگیری هر یک از تجهیزات و روش‌های اندازه‌گیری جریان آب به تفکیک برای شبکه‌های ثقلی و تحت فشار بیان شده است.

در انتخاب سامانه اندازه‌گیری آب در کانال‌های روباز شبکه‌های ثقلی در دست بهره‌برداری یا طراحی باید ملاحظات کلی زیر در نظر گرفته شود.

الف- مشخصه‌های فنی و هیدرولیکی

- استقرار یا حفظ شرایط بهینه مشخصات هیدرولیکی طرح

- حدود تغییرات آبدهی جریان آب
- پیوسته یا متناوب بودن جریان
- افت بار هیدرولیکی مجاز
- استاندارد بودن و واسنجی تجهیزات
- رسوب‌گذاری
- قابلیت عبور اجسام شناور از تجهیزات در صورت لزوم

ب – مشخصه‌های اجتماعی- مدیریتی

- دقت اندازه‌گیری مورد انتظار
- هزینه قابل تامین
- امنیت و حفاظت
- سهولت دسترسی (موجود بودن)
- سهولت به کارگیری
- سطح سادگی یا پیچیدگی نگهداری و تعمیرات
- حفظ شرایط بهره‌برداری

گروه اول عمدتا شرایط خاص هیدرولیکی و گروه دوم عمدتا الزامات و ضرورت‌های اجتماعی را شامل می‌شود.

دقت اندازه‌گیری مورد انتظار، ارتباط مستقیم با شرایط فیزیکی و هیدرولیکی سازه‌های انتخابی در شبکه دارد و همچنین تامین هزینه‌های مورد نیاز در شبکه‌های در دست بهره‌برداری دارد. در این مورد باید مشخص شود که ریسک نگهداری و حفاظت از تجهیزات به چه میزان است؟ آیا شرایط فیزیکی شبکه امکان دسترسی آسان به محل اندازه‌گیری را دارد؟ ابزارهای اندازه‌گیری جریان نصب شده تا چه حد از آسیب عوامل طبیعی و انسانی در امان است؟

بدیهی است کاهش ریسک حفاظتی نمی‌تواند به صفر برسد اما مدیریت واحد اندازه‌گیری جریان آب با انجام اقدامات زیر می‌تواند در جهت افزایش بهره‌وری از تجهیزات و کاهش ریسک حفاظتی حرکت نماید.

- آموزش عمومی اهمیت اندازه‌گیری جریان آب در بین جامعه هدف روستایی ذی‌نفع در شبکه آبیاری و زهکشی از طریق معتمدین، بهره‌برداران پیشرو مورد اعتماد جامعه روستایی، (تسهیل‌گران، آموزش‌گران) و مروجین آموزش‌دیده
- برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای کشاورزان ذی‌نفع و سرگروه‌های مزارع واقع در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی
- تقویت تشکل‌های آب‌بران (نهادهای حقوقی و جمعی مصرف‌کنندگان آب) و تعیین جایگاه مناسب واحد تخصیص، تحویل و قرائت دوره‌ای ابزار اندازه‌گیری جریان آب در تشکل (نهاد حقوقی جمعی مصرف‌کنندگان آب)

- تقویت مشارکت شوراها و نهادهای مدنی در محدوده طرح
- ایجاد یک نظام موثر حسابداری آب و نقش کلیدی آن در بهره‌وری از آب تخصیصی
- شفافیت در عملکرد توزیع و تحویل آب و درآمدهای به دست آمده
- توانایی محاسبه قیمت آب تمام شده در هر نقطه کلیدی از شبکه و انتشار اطلاعات برای ایجاد همدلی با ذی‌نفعان

۱۱-۲- ضوابط انتخاب موقعیت تجهیزات اندازه‌گیری

هر نظام اندازه‌گیری به‌طور کلی و از جمله نظام اندازه‌گیری جریان آب، از سه زیرسیستم زیر تشکیل یافته است:

- زیرسیستم سازه‌ای (ساختمان محل نصب و آسانی قابلیت دسترسی و ابزار اندازه‌گیری جریان)
- زیرسیستم نیروی انسانی
- زیرسیستم دستورالعمل اندازه‌گیری

- زیر سیستم سازه‌ای

در فصل‌های چهارم و پنجم این ضابطه مشخصات ساختمان و انواع ابزارهای اندازه‌گیری جریان آب ارائه شده است.

- زیر سیستم نیروی انسانی

در فصل ششم این ضابطه، تشکیلات و نیازمندی‌های نیروی انسانی بهره‌بردار از شبکه اندازه‌گیری جریان آب ارائه شده است.

- زیر سیستم دستورالعمل اندازه‌گیری

در فصل ششم این ضابطه، مشخصات دستورالعمل اندازه‌گیری جریان آب ارائه شده است.

با توجه به ضرورت‌های اندازه‌گیری جریان آب و تعیین نقاط نصب ابزارهای اندازه‌گیری جریان آب لازم است سه عنصر زیر در تعامل تنگاتنگ با یکدیگر قرار داشته باشند:

- طراح فیزیک شبکه
- کارشناسان صاحب‌نظر اجتماعی، اقتصادی و نظام بهره‌برداری
- ذی‌نفعان پروژه

ذی‌نفعان پروژه در دو دوره زیر متفاوت هستند:

الف- در دوره مطالعه، طراحی و اجرای شبکه تا تشکیل قانونی تشکل حقوقی مصرف‌کنندگان آب، در سطح شبکه آبیاری و زهکشی.

در این دوره بهره‌برداران دارای زمین و حقابه‌بران بدون زمین و سرگروه‌های مزارع منتخب بهره‌برداران دارای زمین و نمایندگان قانونی حقابه‌بران به عنوان ذی‌نفعان پروژه شناخته می‌شوند.

ب- در دوره بهره‌برداری و نگهداری

ارکان و کارکنان نهاد تشکل حقوقی مصرف‌کنندگان آب، به‌عنوان ذی‌نفعان شبکه مورد نظر هستند.

۱۱-۲-۱- وظایف طراح (گروه طراحی)

- بررسی و ملحوظ نمودن مسایل اجتماعی و دریافت نظرات متخصصان اجتماعی در مورد تنوع قومی و قبیله‌ای و زمینه‌های همکاری و منازعات در شبکه
- ملحوظ نمودن ویژگی‌های قومی و منازعات ریشه‌دار تاثیرگذار در مشارکت کشاورزان را در نوع تجهیزات اندازه‌گیری و نقاط کلیدی از این دیدگاه در کنار ملحوظ نمودن توپوگرافی و دیگر عوامل فنی تاثیرگذار
- پیش‌بینی سازه و ابزار اندازه‌گیری جریان آب در کوچک‌ترین واحد مصرف آب قابل تفکیک
- پیش‌بینی ابزار اندازه‌گیری جریان آب در محل تحویل آب به هر واحد عمرانی که متشکل از چندین محدوده آبیاری است
- پیش‌بینی ابزار اندازه‌گیری جریان آب در محل تحویل آب موردیِ خاص مانند آبگیری از کانال اصلی به شبکه درجه سه
- تعیین ایستگاه‌های اندازه‌گیری کمکی در فاصله دو نقطه کلیدی اندازه‌گیری حجمی آب ذکر شده در بالا، با توجه به شرایط فنی و محیط طبیعی- اجتماعی محدوده طرح
- تهیه نقشه سامانه ابزارهای اندازه‌گیری جریان آب در شبکه و تعریف هدف از نصب هر یک از ابزارهای اندازه‌گیری، معرفی متصدی بهره‌برداری و نگهداری و معرفی متصدی قرائت مجموعه‌ای از ابزارهای اندازه‌گیری جریان آب نصب شده

۱۱-۲-۲- وظایف کارشناس بررسی مسایل اجتماعی، اقتصادی و نظام بهره‌برداری

- تعیین آبادی‌های واقع در محدوده طرح همراه با نقشه‌ای که محدوده اراضی هر آبادی بر روی آن مشخص باشد.
- تعیین طوایف و اقوام محدوده طرح، دریافت نقشه استقرار طوایف مستقر در محدوده طرح همراه با تعیین نقشه اراضی واقع در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی هر یک از طوایف

- تعیین و جمع‌آوری اطلاعات طوایف یا آبادی‌های هم‌جوار که بین آن‌ها تعارضات، تضاد و مناقشات اجتماعی احتمالی وجود دارد که امکان مشارکت اجتماعی و مدیریتی آن‌ها در بهره‌برداری از ابزار اندازه‌گیری در آینده، با چا لش روبرو خواهد نمود.
- تا حد امکان گروه‌های قومی و طایفه‌ای در یک واحد مزرعه و در گام بعد در واحد زراعی و به همین ترتیب در واحد عمرانی سازماندهی شوند تا در سامانه اندازه‌گیری آب تحویلی مشکلات کم‌تری در شبکه‌ها به وجود آید.
- انتخاب رسمی و آگاهانه سرگروه مزرعه (نماینده مصرف‌کنندگان آب در هر مزرعه در محدوده شبکه آبیاری) از طریق برگزاری انتخابات بین بهره‌برداران دارای زمین و تشکیل پرونده امور مشترکین برای هر مزرعه
- برگزاری دوره‌های آموزشی مورد نیاز برای سرگروه‌های مزارع در خصوص نحوه محاسبه آب‌بها، قرائت و بهره‌برداری و نگهداری از ابزار اندازه‌گیری جریان آب، آب مورد نیاز الگوی کشت با هماهنگی گروه طراحی و سایر کارشناسان مشاور طراح
- حصول اطمینان از فرهنگ مناسب جامعه روستایی و میزان پذیرش از نوع سازه

۱۱-۲-۳- وظایف ذی‌نفعان پروژه

وظایف ذی‌نفعان پروژه در دوره مطالعه و طراحی و اجرای شبکه تا ایجاد تشکل حقوقی مصرف‌کنندگان آب در سطح شبکه آبیاری و زهکشی شامل موارد زیر است:

- اعلام آمادگی مشارکت در تدوین طرح به خصوص در ارتباط با نحوه دریافت آب و پرداخت آب‌بها و تعیین سرگروه مزرعه به عنوان نماینده بهره‌برداران دارای زمین، به هنگام ساخت شبکه و در شبکه‌های در حال بهره‌برداری فاقد تشکل
- پذیرش مسوولیت توسط سرگروه مزرعه و چگونگی انجام تعاملات در دوره ساخت و نصب ابزار اندازه‌گیری
- مسوولیت‌پذیری تشکل‌ها و نهادهای مسوول در هر روستا که باید طرف مشورت باشند
- مشارکت در برنامه‌های ترویجی و آموزشی و مهارت آموزی در اجزای سامانه اندازه‌گیری
- متقاعد نمودن ذی‌نفعان برای حضور در در دوره‌های آموزشی، کارگاه‌های آموزشی مورد نیاز بهره‌برداری و نگهداری و نحوه قرائت ابزار نصب شده اندازه‌گیری جریان آب
- توجیه کشاورزان در مورد سازمان حاکمیتی آب و ضرورت‌های حفاظت از ابزار اندازه‌گیری جریان آب در محل تحویل آب به شبکه آبیاری و تاثیر دراز مدت آن در استفاده از این کالای اقتصادی با ارزش
- توجیه کشاورزان در مورد ضرورت مستندسازی احجام آب دریافتی از منبع و تحویلی به واحدهای مصرف‌کننده از جنبه بهینه‌سازی مصارف آب
- ارائه خدمات در زمینه حفاظت از حجم آب تحویلی و توزیع عادلانه آن از طرف تشکل‌ها و شوراهای روستا و معتمدین محلی

۱۱-۳- ضوابط و معیارهای جانمایی و استقرارسامانه اندازه‌گیری جریان آب

انجام کامل برنامه اندازه‌گیری جریان آب، مستلزم وجود شبکه اندازه‌گیری منظم و تجهیز شده و در برگیرنده تاسیسات و نقاط کلیدی آبگیری یا انشعاب آب در فرایند انتقال، توزیع، تحویل و مصرف آب می‌باشد. این سامانه (نقاط اندازه‌گیری) باید متناسب با مشخصات فیزیکی، فنی، دیدگاه‌ها و اهداف مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی و نیازهای کاربران باشد.

با تعیین نقاط کلیدی و استفاده از نتایج سامانه اندازه‌گیری مناسب، داده‌هایی دقیق‌تر برای مدیریت بهینه بهره‌برداری شبکه آبیاری و زهکشی فراهم می‌شود.

در تعیین ضوابط و معیارهای انتخاب سامانه اندازه‌گیری، شرایط تاثیرگذار به درجات مختلف، به شرح زیر است:

- نوع منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و انواع شبکه‌های آبیاری و زهکشی ثقلی، تحت‌فشار، مدرن، نیمه مدرن
- مشخصات فیزیکی و سازه‌ای تاسیسات آبی شبکه آبیاری و زهکشی
- نوع و مشخصات سامانه‌های کنترل تنظیم جریان و سطح آب، شرایط نگهداری و تعمیرات تاسیسات

۱۱-۳-۱- نقاط کلیدی اندازه‌گیری آب

بر اساس هدف اندازه‌گیری، نقاط الزامی برای نصب سازه اندازه‌گیری متفاوت خواهد بود.

افزایش تعداد نقاط اندازه‌گیری قطعا نتایج دقیق‌تری خواهد داشت. اما در مقابل و متناسب با آن، هزینه‌های سرمایه‌ای و جاری عامل تعیین‌کننده است. از این‌رو تعیین نقاط کلیدی بسیار با اهمیت بوده و هر طرح می‌تواند شرایط خاص خود را داشته باشد. اندازه‌گیری آب در نقاط کلیدی، نقش مهمی در بهبود بهره‌برداری از کانال، ارائه خدمات و مدیریت آب دارد. یک برنامه دقیق اندازه‌گیری آب در پروژه در موارد زیر راهگشا است:

- بهبود شفافیت در تحویل آب به صورت آبدهی لحظه‌ای و حجم آب به یک کشاورز منفرد یا گروهی از کشاورزان
- اطمینان از تخصیص و توزیع یکسان آب
- کنترل مقدار آب (بیلان آبی) برای حداقل کردن اثرات زیان‌آور زیست‌محیطی نظیر ماندآبی شدن و شوری
- بحث درباره قراردادهای خدمات‌رسانی
- صرفه‌جویی در آب با محدود کردن اضافه تحویل‌ها، که در نتیجه می‌توان از نفوذ عمقی و رواناب جلوگیری کرد.
- ارائه اطلاعات صحیح به کشاورزان تا بر اساس آن‌ها کشاورزان بتوانند در امور مهم کشاورزی خود نظیر الگوی زراعی، تناوب کشت، برنامه‌ریزی آبیاری، نیروی انسانی و غیره تصمیم بگیرند.
- توانایی کامل در تعیین هزینه آب مصرفی (در جایی که قیمت آب بر اساس حجم آب استفاده شده است، یا مدیرانی که مایل هستند قیمت‌گذاری بر اساس حجم باشد)

اگر هدف از اندازه‌گیری فقط حسابداری آب و حل مسائل اجتماعی و عدالت توزیع (یعنی تامین منافع بهره‌برداران) باشد، نصب آبگیر در محل تحویل به بهره‌برداران کفایت می‌کند. ولی اگر اهداف دیگر مانند اصلاح برنامه آبیاری، امکان برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب و برنامه‌ریزی کلان حوضه‌ای مدنظر باشد، نصب سازه اندازه‌گیر در تمامی نقاط شامل ورودی به شبکه اصلی، ابتدای تمامی کانال‌های درجه ۱، ۲، ۳ و ۴ ضروری است.

مهم‌ترین نقطه اندازه‌گیری، محل تلاقی منافع مدیریت بهره‌برداری با منافع بهره‌بردار (آبگیر مزرعه) است. برای تعیین محل تلاقی منافع مدیریت بهره‌برداری با منافع بهره‌بردار، ابتدا لازم است که انواع شبکه به لحاظ «نظام‌های بهره‌برداری» و واحدهای مستقل، مشخص شود.

در نتیجه چنانچه کل آب آبیاری که از یک آبگیر در زمان معینی تحویل می‌شود، تنها به یک مزرعه متعلق باشد، مناسب‌ترین محل برای نصب وسیله اندازه‌گیر، آبگیر مذکور است و در صورتی که قرار باشد که آب بین چندین کانال داخل مزرعه تقیسم شود، نصب یک وسیله اندازه‌گیری ساده در محل تحویل آب به هر یک از کانال‌های مذکور (درجه ۴) راه حل مناسب خواهد بود.

انتخاب سازه در سامانه کنترل و توزیع آب، باید تا حد امکان از تنوع کم‌تری برخوردار باشد. در عین حالی‌که جنبه‌های اقتصادی اهمیت دارد، همگنی و جنس آن‌ها در تخفیف خطا دارای اهمیت می‌باشد. در هر شبکه‌ای اساسی‌ترین نقاط کنترلی به قرار زیر است:

۱۱-۳-۱-۱- نقطه ابتدایی

در سامانه اندازه‌گیری، محل ورودی آب به شبکه آبیاری، اولین و مهم‌ترین نقطه است. در صورت وجود تجهیزات اندازه‌گیری مناسب در موقعیت‌های آبگیری شبکه آبیاری از مخارن و منابع تامین، این نقاط به عنوان مبدا بازه‌های اندازه‌گیری محسوب می‌شوند. غیر از این حالت باید نسبت به تجهیز نزدیک‌ترین محل خروجی آب از منبع یا تاسیسات رابط و وسایل اندازه‌گیری اقدام شود.

تحویل از منبع در شبکه‌های آبیاری ثقلی و تحت فشار در اشکال مختلف به صورت زیر وجود دارد:

- خروجی سد مخزنی (دریچه یا دریچه‌های آبگیر مکانیکی، الکترومکانیکی یا هیدرومکانیکی مستقر درخروجی مخزن)
- سد انحرافی (دریچه یا دریچه‌های آبگیر ابتدای کانال یا نهرهای سنتی)
- خروجی ایستگاه پمپاژ (آبگیری از رودخانه، مخازن، حوضچه آبگیری)
- خروجی از تاسیسات تامین فشار ثقلی برای شبکه آبیاری مستقل که دارای چنین سازه‌هایی باشند.
- تاسیسات انحراف آب در شبکه نهرهای سنتی یا شبکه نیمه مدرن
- دهانه آبگیر سنتی از آب‌بندان و تالاب در شبکه سنتی

طول کانال انتقال جریان آب دریافتی از منبع، بستگی به موقعیت استقرار و بعد مسافت منبع تا محدوده شبکه، دارد.

تعداد نقاط اندازه‌گیری ابتدایی با توجه به ابعاد شبکه، پراکندگی یا تمرکز واحدها، به شرایط کانال انتقال و اهداف کنترلی جریان، محدود به یک یا چند مورد است.

۱۱-۳-۱-۲- نقاط انتهایی (داخل مزرعه)

قابلیت اندازه‌گیری در تمامی آبگیرهای قطعات زراعی[1] وجود دارد که به طور متوسط به ازای هر ۵ تا ۱۰ هکتار، حداقل باید یک واحد کامل اندازه‌گیری را در نظر داشت. یعنی در یک شبکه حدود ۱۰۰۰۰ هکتاری ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ دستگاه از این سازه‌ها مورد نیاز است. از نظر تعداد سازه‌ها در یک شبکه مدرن اصلی و فرعی، نسبت آبگیرهای واحد مزرعه به کل شبکه، بیش‌تر از ۹۰ درصد است و عملا شبکه اصلی ۱۰درصد را شامل می‌شود. در شبکه‌های فرعی معمولا جعبه تقسیم با انعطاف‌پذیری و قابلیت تنظیم، کارآیی بیش‌تری دارد.

۱۱-۳-۱-۳- شبکه اصلی آبیاری

نقاط اندازه‌گیری درانشعابات درونی شبکه اصلی آبیاری ثقلی و تحت‌فشار با توجه به وسعت شبکه شامل استقرار سازه و تجهیزات اندازه‌گیری در ابتدای واحدهای مختلف به قرار زیر خواهد بود:

- نواحی تحت پوشش کانال‌ها و خطوط لوله تغذیه‌کننده یا کانال اصلی
- واحدهای عمرانی، تحت پوشش کانال‌ها و خطوط لوله تغذیه‌کننده یا کانال اصلی
- واحد مالکیت روستایی یا طایفه‌ای تحت پوشش کانال‌ها و خطوط لوله تغذیه‌کننده یا کانال اصلی یا درجه۱ و درجه۲
- واحد زراعی تحت پوشش کانال‌ها و خطوط لوله درجه ۲

آبگیرهای درجه ۳ برای تامین آب مزارع ۶۰ تا ۱۲۰ هکتاری است و عملا نقطه کلیدی و ارتباطی بین مدیریت شبکه اصلی و بخشی از تشکل آب‌بران مزرعه است. این آبگیرها بخشی از تاسیسات آبی شبکه اصلی بوده و تعداد آن‌ها در یک شبکه ۱۰۰۰۰ هکتاری بالغ بر ۱۰۰ تا ۲۰۰ آبگیر و آب‌بند خواهد بود.

پیشنهاد فائو این است که به جهت سهولت بهره‌برداری و نگهداری، هر واحد زراعی از مجموعه واحدهای مزرعه یک روستا تشکیل شود و بدیهی است در تصمیم‌گیری درمورد مساحت واحد زارعی شرایط توپوگرافی و هم‌چنین مالکیت اراضی روستایی مهم می‌باشد.

در شبکه اصلی آبیاری، بیش‌ترین تعداد آبگیرها که نیازمند سازه یا تجهیزات اندازه‌گیر هستند، آبگیرهای تحویل آب به واحد مزرعه یا کانال درجه ۳ را شامل می‌شوند و پس از آن آبگیرهای تامین آب کانال درجه ۲ و بعد از آن کانال‌های درجه ۱ می‌گردد.

1- Turn Out

از نظر تعداد سازه‌ها، به طور تقریبی در یک شبکه مدرن، نسبت آبگیرهای درجات ۱، ۲ و ۳ و به تبع آن نقاط اندازه‌گیری به ترتیب حدود ٪۱، ٪۹ و ٪۹۰ است.

۱۱-۳-۱-۴- نقاط خاص در انشعابات داخل شبکه

بدیهی است انشعابات مختلفی در شرایط آرایش شبکه‌ها الزامی است که باید مورد توجه قرار گیرد. مثلا گاهی آبگیری مستقیم مزارع از کانال‌های اصلی و درجه ۱ ناگزیر می‌شود. در چنین شرایطی ساخت آب‌بند برای کنترل سطح آب ممکن نبوده و ضروری است که از دریچه‌های C.H.O یا کشویی اندازه‌گیر استفاده شود.

۱۱-۳-۲- نقاط اندازه‌گیری در شبکه فرعی آبیاری ثقلی

آبگیر درجه ۳ که در امتداد کانال درجه ۲ و در محدوده معین آبگیری واحد مزرعه ساخته می‌شود، مهم‌ترین نقطه کنترل حجمی آب به شبکه فرعی یا مزارع است و عملا نقطه مشترک مصرف‌کننده جمعی در واحد مزرعه با مدیریت بهره‌برداری شبکه است. در شبکه فرعی، کانال درجه سه نقش توزیع‌کننده آب بین قطعات زراعی را دارد. تحویل آب به قطعات زراعی معمولا توسط سازه مقسم صورت می‌گیرد. با توجه به تعداد بسیار زیاد این سازه‌ها و لزوم داشتن حداقل آبدهی مناسب آبیاری قطعه آبیاری (مدول آبیاری) ترجیح داده می‌شود که آبدهی و حجم آب تحویلی به کانال درجه ۳ توسط آبگیری درجه ۳ با دقت قابل قبولی انجام شود و سازه‌های داخل شبکه فرعی تنها نقش تقسیم به نسبت یا قطع و وصل جریان را به عهده داشته باشد. از این‌رو اندازه‌گیری جریان آب داخل شبکه فرعی فقط جهت توزیع عادلانه و منطبق بر حق‌آبه هر قطعه زراعی و با مدیریت مستقیم نسبی آب صورت می‌گیرد و عملا در شبکه فرعی و در مدیریت سامانه اندازه‌گیری، رکوردگیری و ثبت اطلاعات با اهداف اعلام شده برای کل شبکه نبوده و تنها اطلاعاتی اقناعی و مدیریتی داخل هر مزرعه خواهد بود.

۱۱-۳-۳- نقاط اندازه‌گیری در شبکه فرعی آبیاری تحت‌فشار

دامنه سطوح اراضی در شبکه فرعی آبیاری تحت‌فشار، بسیار گسترده است و مدیریت واحد بهره‌برداری با توجه به واحد قابل تفکیک به شرح زیر می‌تواند، نقاط اندازه‌گیری را مشخص و مستقر نماید:

- آبیاری قطره‌ای تحت پوشش یک واحد فیلتراسیون
- دستگاه آبیاری مکانیزه بارانی (ماشین‌های آبیاری) شامل سنترپیوت‌ها و لینیرها و ...
- شبکه ثابت یا متحرک با آبپاش‌های متحرک یا لاترال‌های (لوله‌های فرعی جانبی) ثابت

اما در کل باید اذعان داشت که شبکه تحت‌فشار نیز مانند شبکه ثقلی جریان آزاد، داخل مزرعه، نیاز به اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات ندارد و فقط داشتن اطلاعات برای کارکرد دستگاه‌ها، بهبود مهارت آبیارها و برای توزیع عادلانه آب باید مدنظر باشد.

مثلا در شرایط کاری سنترپیوت، حجم آب مشخص توسط مجموعه آبپاش‌ها درکل سطح مزرعه مشخص پخش می‌شود. اما در یک مزرعه با سیستم ثابت، حجم آب تحویلی به تعداد مشخصی از آبپاش‌ها تحویل می‌شود و در صورت طراحی صحیح و مدیریت استفاده از آبپاش‌ها فشار متناسبی حاکم شده و حجم پاشش آبپاش‌ها مساوی و قابل محاسبه خواهد بود.

۱۱-۳-۴- نقاط ضروری اندازه‌گیری مازاد بر محل‌های انشعابی در شبکه اصلی آبیاری ثقلی و تحت‌فشار

در شرایطی که مسیرهای انتقال آب طولانی‌تر از حد معمول و نامتعارف بوده یا دسترسی برای کنترل منظم و موثر به‌سادگی امکان‌پذیر نباشد، برای اطلاع از میزان نشت آب از بدنه کانال و سرریز آب در موقعیت‌های پیش‌بینی شده و برداشت‌های غیر مجاز در طول این مسیرها ضرورت می‌یابد که سازه اندازه‌گیری مناسبی پیش‌بینی شود.

۱۱-۳-۵- ملاحظات خاص در جانمایی سازه‌های اندازه‌گیر

سنخیت تجهیزات و سازه‌های اندازه‌گیر و نقش کلیدی آن‌ها در موقعیت‌های مختلف شبکه و توجه به سازمان و برنامه جمع‌آوری اطلاعات و پردازش آن و چگونگی نگهداری از سازه‌ها، از جمله مواردی است که طراح شبکه ضروری است مدنظر داشته باشد.

انتخاب صحیح و متناسب سازه‌ها، باعث خواهد شد در دوره بهره‌برداری، اعمال مدیریت توزیع به سهولت انجام شده و اهداف طرح قابل دسترس باشد. طبعا ۱۰ درصد سازه‌های اندازه‌گیر یا مقسم در اختیار مدیریت شبکه انتقال و توزیع و ۹۰ درصد آن‌ها در اختیار بهره‌برداران است. اما دقت اندازه‌گیری، ثبت و پردازش اطلاعات حاصل از ده درصد سازه‌ها، نقش قاطع و بسیار تاثیرگذار در داشتن مدیریت صحیح آب، ارزیابی وضعیت مدیریت توزیع آب و تامین نظر و جلب اعتماد بهره‌برداران به همراه خواهد داشت.

از این‌رو موارد زیر اکیدا توصیه می‌شود:

- در آرایش شبکه تا حد امکان نواحی عمرانی و واحدهای زراعی شرایط یکسانی داشته باشند.
- در صورت امکان، تقسیم و توزیع آب بین کانال‌های درجه ۱ یا ۲، شرایط یکسانی باشند.
- برنامه اندازه‌گیری، قابلیت ثبت و انتقال داده‌ها را داشته باشد.
- دستورالعمل سامانه اندازه‌گیری، منطبق بر امکانات و شرایط شبکه با رویکرد دقت حداکثری در اندازه‌گیری باشد.
- سطوح دسترسی به اطلاعات و داده‌ها، برای بهره‌برداران و مدیریت انتقال و توزیع پیش‌بینی گردد.

۱۱-۳-۶- تعیین بازده انتقال[1]، در شبکه در دست بهره‌برداری

بازده انتقال شبکه آبیاری (ec) عبارت است از نسبت مقدار آب تحویلی به آبگیر مزارع به کل مقدار آبی که به منطقه آبیاری تحویل گردیده است. بازده انتقال متاثر از چند عامل مهم طول و پوشش کانال‌ها، تاسیسات اندازه‌گیری درشبکه، اندازه و تعداد واحدهای عمرانی و زراعی و مسائل مدیریت بهره‌برداری و نگهداری است. بازده انتقال آب با درنظر داشتن تمامی موارد فوق و در دو حالت دوره اوج (پیک) جریان و دوره مصرف کم، انتخاب و تعداد تکرار آن با درنظرگرفتن جنبه‌های اقتصادی و اهداف اندازه‌گیری، برنامه‌ریزی و انجام می‌شود. در صورت گستردگی شبکه و عدم وجود یکنواختی یا تفاوت‌های معنی‌دار در واحدهای زراعی و عمرانی از نظر شرایط فیزیکی و مدیریتی، ضروری است علاوه‌بر آبگیر ابتدایی، آبگیرهای ابتدای واحدهای عمرانی یا زراعی به مجموعه نقاط اندازه‌گیری افزوده شود.

در شرایط جدید شبکه‌های آبیاری که اصل تحویل حجمی آب رعایت می‌شود، اندازه‌گیری و ثبت جریان آبدهی عبوری در تمامی خروجی‌های منتهی به مزرعه باید انجام و ثبت شود. این اطلاعات برای تعیین بازده انتقال در سطح واحدهای عمرانی یا زراعی در زمان‌های معینی قابل استفاده است. برای تعیین بازده انتقال، باید یک نقطه ورودی ابتدایی و در صورت ضرورت تمامی آبگیرهای ابتدای کانال‌های درجه ۱ و ۲ نیز به برنامه اندازه‌گیری هم‌زمان و مترادف با تعدادی از اندازه‌گیری مزارع اضافه شود؛ این امر در یک بازه زمانی کوتاه که جریان آب دارای ثبات و استمرار باشد قابل قبول و دقیق خواهد بود.

چنانچه سازه‌های اندازه‌گیری در ابتدای شبکه و به ترتیب در هر انشعاب آبگیر از کانال وجود داشته باشد، با اندازه‌گیری هم‌زمان در کلیه سازه‌های اندازه‌گیر، تا آخرین انشعاب در سیستم انتقال، امکان تعیین بازده انتقال به صورت منفرد نیز فراهم می‌گردد. در شرایطی که بر اساس بازرسی‌های دوره‌ای، موردی ویژه و سالیانه، احتمال تلفات نشت شناسایی شود، اندازه‌گیری در همان محدوده انجام و در شرایطی که در آن محدوده فاقد سازه اندازه‌گیری باشد، در بالادست و پایین‌دست چنین محدوده‌هایی با نصب نشان‌گر و منحنی سنجه و با تواتر مشابه مورد قبل، اندازه‌گیری صورت گیرد.

در مواردی که احتمال نشت غیرمتعارف و نفوذ از بدنه و درزهای کانال وجود دارد و روش مورد اشاره عملی نباشد و در شرایطی که به‌دلیل جریان گردش آب در کانال‌ها یا خارج فصل آبیاری که آبگیری از هیچ انشعابی صورت نمی‌گیرد، از روش پایش تغییرات سطح آب متناسب با زمان و مقایسه آن با رواداری مجاز پوشش مجرا، میزان تلفات نشت روشن می‌گردد (بند ۱۰-۲-۴ و بند ۱۱-۳ ضوابط و معیارهای جانمایی و استقرار سامانه اندازه‌گیری).

1- Conveyance Efficiency

۱۱-۴- اقتصادی بودن تجهیزات خودکار یا مکانیزه اندازه‌گیری

اولین گام در امکان‌یابی ایجاد یک سیستم کنترل از راه دور، مشخص کردن هدف از انجام این کار است. در برخی موارد کنترل‌های از راه دور یا مکانیزه (اندازه‌گیری و تنظیم آبدهی انشعاب یا تحویل به مزرعه) را می‌توان برای کاهش نیروی کار لازم برای عملیات بهره‌برداری توصیف کرد. در عین حال معمولا چنین سیستمی، کنترل بهتر نسبت به زمانی است که فقط کنترل انسانی اعمال می‌شود، زیرا خطای انسانی در چنین سیستمی به حداقل می‌رسد.

در تحلیل اقتصادی بازنگری سامانه اندازه‌گیری پیشنهادی، باید هزینه سرمایه‌گذاری برای خرید تجهیزات سخت‌افزاری مورد نظر، عمر مفید کاری تجهیزات الکترونیکی و مکانیکی، بهبود کنترل آب و هزینه نگهداری از جمله مهارت‌های تخصصی مورد نیاز نیروی کار و هرگونه مزایایی برای مصرف‌کننده که در اثر اصلاح سیستم کنترل ایجاد می‌شود، ملحوظ گردد. لازم به ذکر است که منفعت نهایی یعنی مزایای به‌دست‌آمده برای مصرف‌کنندگان را به‌راحتی نمی‌توان ارزشیابی کرد و مشکل بتوان هزینه آن را بدون افزایش هزینه آب برای مصرف‌کننده جبران نمود.

در شرایطی که طراحی یک شبکه جدید مطرح باشد می‌توان استفاده از برخی وسایل تنظیم و اندازه‌گیری جدید آب را پیشنهاد کرد ولی در یک شبکه موجود که مدتی از شروع بهره‌برداری آن می‌گذرد، استفاده از چنین وسایلی نمی‌تواند بدون تحمیل مشکلات ناخواسته بر روی عملکرد تمام شبکه صورت گیرد. بنابراین باید سعی شود که پیشنهاد بهسازی وسایل موجود اندازه‌گیری اول، از نظر اقتصادی قابل توجیه باشد و دوم، دقت معقولی را در اندازه‌گیری و تنظیم جریان به دنبال داشته باشد. در این رابطه برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری و استقرار وسایل جدید باید گزینه‌ای را انتخاب کرد که کم‌ترین تغییر را در وضع موجود ایجاد نماید.

۱۱-۵- تشکیلات و نیازمندی‌های گروه اندازه‌گیری در نمودار سازمانی پیش‌بینی شده در مدیریت شبکه

تشکیلات بهره‌برداری از شبکه به عنوان عامل اجرایی مدیریت انتقال، توزیع و تحویل آب در شبکه، ناگزیر به انجام پاره‌ای فعالیت‌ها در قالب تعاملات و ارتباطات با تشکیلات بالادستی، پایین‌دستی و سایر سازمان‌های نظام بهره‌برداری منطقه دخیل در امر آب زراعی است.

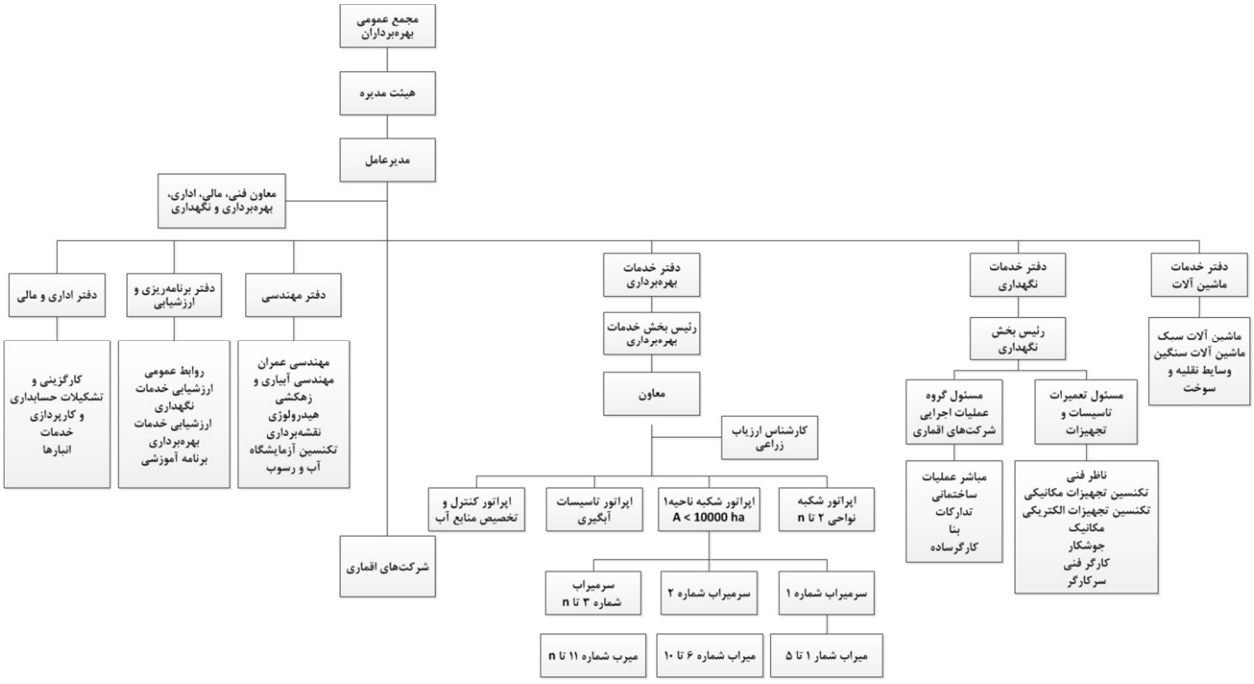
برخی از این ارتباطات از مبنای حقوقی برخوردار بوده و پاره‌ای دیگر خارج از این موازین و با هماهنگی تشکیلات کارفرمایی یا تشکیلات نظارتی و به منظور همکاری و پیشبرد اهداف کلان منطقه در بخش کشاورزی و شرب و زیست‌محیطی و ... صورت می‌گیرد.

می‌توان اذعان داشت تفویض فعالیت‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی به تشکیلات بهره‌برداری پس از تشخیص و احراز صلاحیت لازم و اطمینان از توانایی انجام این فعالیت‌ها از نظر نیروی انسانی و ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز، شرایط مناسب‌تری را در بهره‌برداری از آب داشته باشد که از الزامات اولیه

آن، سامانه یک‌پارچه اندازه‌گیری جریان آب می‌باشد. نمونه‌ای از نمودار تشکیلات بهره‌برداری جاری در سازمان‌ها، در شکل (۱۱-۱) ارائه شده است.

همچنان‌که ملاحظه می‌شود، تشکیلات ارائه شده بسیار گسترده و واحدهای آن کاملا تخصصی است. شبکه هر چه وسیع‌تر باشد، کارکنان تخصصی آن نیز نیازمند داشتن مهارت‌های خاص واحد مربوطه خواهد بود. اما در شبکه‌های کوچک‌تر، هیچ‌کدام از فعالیت‌های فوق قابل حذف نیست، اما به لحاظ تناسب هزینه‌ها و حصول اطمینان از درستی عمل در هر واحد، برخی واحدها در هم ادغام شده و در عمل یک فرد مسوولیت‌های مختلفی را عهده‌دار می‌گردد و در عین حال با توجه به وجود شرکت‌های تخصصی خدماتی، می‌توان برخی از فعالیت‌های تخصصی را برون‌سپاری کرد.

اما آنچه مسلم است، ضروری است در شرح وظایف میراب‌ها و سرمیراب‌ها، امر اندازه‌گیری، ثبت و ارائه اطلاعات آب تحویلی، بازرسی از شرایط کاری سازه‌ها و حفاظت از درستی عملکرد آن‌ها گنجانده شود. اما پردازش داده‌ها و گزارش‌گیری در دفتر مهندسی انجام گیرد. دفتر برنامه‌ریزی و ارزش‌یابی، مسوولیت عملکرد سامانه و امور مالی و پیگیری دریافت آب‌بها به عنوان واحد امور مشترکین، عمل نمایند.



شکل ۱۱-۱- نمونه‌ای از نمودار تشکیلات بهره‌برداری

۱۱-۶- روش ثبت، جمع‌آوری و نگهداری آمار دوره‌ای

۱۱-۶-۱- کلیات

مدیریت کارآمد بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری، مستلزم پیاده‌سازی یک سامانه سنجش، ارسال، ثبت و پردازش رقوم و آبدهی در نقاط کلیدی، به همراه ایجاد قابلیت اعمال کنترل سریع روی دریچه‌های مختلف شبکه به‌منظور توزیع (رقوم و آبدهی) آب می‌باشد.

در صورت پیاده‌سازی چنین سامانه‌ای، قابلیت تحویل حجمی آب در شبکه از طریق پردازش اطلاعات در دسترس، فراهم خواهد گردید.

با توجه به فناوری در دسترس، توصیه می‌شود که اطلاعات پایه مربوط به رقوم سطح آب و آبدهی به صورت الکترونیکی در قالب سازگار با سخت‌افزارهای رایانه‌ای متداول، گردآوری و در اختیار قرار گیرند تا نسبت به پردازش آن‌ها مطابق با نیاز و ویژگی‌های شبکه و مدیریت مربوطه، اقدام گردد.

۱۱-۶-۲- چگونگی سنجش

سنجش به معنی برداشت و ذخیره اطلاعات معنی‌دار در خصوص پارامترهای مورد نظر است. علاوه بر قرائت مستقیم، امروزه با در دسترس بودن فناوری رایانه‌ای، مطلوب‌ترین و موثرترین سیستم‌های سنجش به طریقی که اطلاعات مورد نظر با فواصل زمانی کوتاه و عملا بدون وقفه در اختیار قرار گیرد نیز روز به روز گسترش می‌یابد.

در حال حاضر امکانات تکنولوژیک مربوط به رقوم‌سنج‌های آلتراسونیک و همچنین دستگاه‌های اندازه‌گیری الکترومغناطیسی مورد نیاز در داخل کشور موجود است و نمونه ثبات آن مناسب برای اندازه‌گیری و تحویل حجمی آب توسط متخصصان داخلی ساخته شده و در دسترس است.

۱۱-۶-۳- سامانه ارسال اطلاعات

لازم است که اطلاعات خام سنجش شده در زمان‌های تعیین‌شده در اختیار سامانه پایش، پردازش و کنترل قرار گیرد. هر چه فواصل بین زمان‌های تعیین‌شده کوتاه‌تر باشد، تصویر دقیق‌تری از بیلان آب شبکه حاصل می‌گردد. در این صورت لازم است که از طریق فرستنده‌ها (رادیویی یا ماهواره‌ای) یا کابل به مرکز شبکه متصل باشد.

یکی از قابلیت‌های سامانه اطلاعات، ذخیره‌سازی اطلاعات است. در این صورت لازم است که کلیه حس‌گرهای سنجش، مجهز به واحدهای ذخیره اطلاعات موسوم به داده‌نگار باشند، به طریقی که بتوان اطلاعات هر یک را در زمان‌های مشخص به مرکز مدیریت شبکه ارسال نمود. اطلاعات حاصل از شبکه سنجش به سامانه پایش، پردازش و کنترل منتقل گردد.

۱۱-۶-۴- سامانه پایش، پردازش و کنترل

نقش این سامانه، دریافت و نمایش مستمر اطلاعات رسیده از شبکه سنجش، تحلیل اطلاعات به صورت سیستماتیک و اصولی و تبدیل نتایج مربوطه به یک گزارش کاربردی و در شرایط خودکار بودن، کنترل جریان یک سری دستور کارهای مشخص و معین، به منظور بهینه‌سازی عملکرد شبکه آبیاری است. درصورتی‌که شبکه سنجش در حداقل زمان ممکن و اقتصادی عمل نماید، سیستم پایش، پردازش و کنترل شبکه نیز می‌تواند متناسب با آن عمل نموده، به گونه‌ای که بتوان تاثیرات ناشی از اقدامات اصلاحی را بر روی عملکرد شبکه در کوتاه‌ترین مدت مشاهده و ارزیابی نموده، نسبت به اقدامات بعدی تصمیمات بهینه گرفته شود.

واحد اندازه‌گیری شبکه وظیفه دریافت اطلاعات حاصل از شبکه سنجش (به صورت مستمر یا توسط کارکنان شبکه در قالب یک نظام مشخص)، نمایش اطلاعات (در قالب گراف‌ها، نمودارها، جداول، یا به صورت زمان واقعی بر روی نمایش‌گر کامپیوتر)، پردازش و تحلیل اطلاعات (بر اساس الگوریتم‌های مشخص با مقاصد معین، و تعیین دستور کار و اقدامات مدیریتی لازم در راستای بهینه‌سازی بهبود عملیات اندازه‌گیری شبکه آبیاری و تسهیل در تصمیم‌گیری به موقع مدیریت آن (به صورت آنی، روزمره، میان مدت و دراز مدت) را دارد. امکانات این مرکز شامل یک یا چند رایانه مناسب با کارکرد نرم‌افزارهای مورد نیاز و تجهیزات مرتبط، نرم‌افزارهای اختصاصی کلیه مراحل کار از مرحله قرائت تا وضعیت امور مشترکین و بیلان آب به‌همراه امکانات ارتباط با شبکه سنجش و نظام کنترل شبکه (شامل گیرنده و فرستنده رادیویی) است.

پایش و ارزیابی دائمی عملیات اندازه‌گیری و ثبت و نگهداری اطلاعات برای گرفتن تصمیم‌های صحیح در بهره‌برداری، لازم بوده و برای ارزیابی خدمات واقعی ارائه شده به مصرف‌کنندگان حیاتی است.

۱۱-۶-۵- برنامه پایش

مدیریت بهره‌برداری یا واحد ویژه اندازه‌گیری باید یک برنامه پایش و ارزیابی مناسب تهیه کند و به طور روزمره به آن عمل کند. توصیه می‌شود که عملکرد سالانه سامانه اندازه‌گیری شبکه به طور مستمر با عملکرد سال قبل مقایسه شود. برنامه پایش سامانه توسط سرپرستی واحد اندازه‌گیری به گونه‌ای تهیه می‌شود که برای ارزیابی متناوب قابل استفاده و کاربردی باشد. از اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توان برای تعیین مناطق با عملکرد بالا یا پایین و علت پایین بودن عملکرد و ارزیابی تاثیر تغییرات به عمل آمده در سیستم و ارج نهادن به عملکردهای خیلی خوب در اندازه‌گیری‌ها استفاده کرد.

برنامه پایش و ارزیابی بسته به وسعت ناحیه و گستردگی سامانه اندازه‌گیری شبکه از یک ناحیه تا ناحیه دیگر متفاوت است. برنامه پایش برای ارزیابی عملکرد اندازه‌گیری جریان آب باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- استمرار اندازه‌گیری، ارزیابی قابلیت‌های سازه و تجهیزات اندازه‌گیری، ارزیابی شرایط محیطی الزامی برای اندازه‌گیری با دقت مجاز
- آمار اندازه‌گیری مقدار آب تحویلی به آبگیر مزارع
- آمار اندازه‌گیری مقدار آب تحویلی از کانال‌ها و خطوط لوله اصلی به هر یک از کانال‌های درجه دو

- آمار اندازه‌گیری مقدار آب وارد شده به کانال‌ها و خطوط لوله اصلی از آبگیر سیستم انتقال
- تغییرات در میزان ذخیره آب سطحی در داخل شبکه و همچنین در صورت لزوم تغییرات در میزان ذخیره آب
- آمار اندازه‌گیری میزان زه‌آب‌ها که به وسیله زهکش‌ها یا آبروها از ناحیه آبیاری خارج می‌شوند.

همه آمار و اطلاعات باید تا حد امکان ساده و به راحتی قابل درک باشد. در این خصوص سه اصل عمومی زیر به صورت فایل‌های رایانه‌ای یا کاغذی مد نظر قرار می‌گیرد:

- سند اصلی آمار صحرایی میرآب، باید در دفتر سازمان بایگانی شود تا برای بررسی و کنترل در دسترس باشد.
- آمار روزانه که جزییات مقدار آب تحویل داده شده به هر مصرف‌کننده را نشان می‌دهد، باید نگهداری شود.
- باید دفتر و فایل محاسباتی تحویل آب به هر یک از مصرف‌کنندگان آب نگهداری شود تا بتوان در زمان لازم با دسترسی سریع، از مقدار آب مصرفی اطمینان حاصل کرد.

۱۱-۷- الزامات حفاظتی

۱۱-۷-۱- کلیات

سامانه‌های اندازه‌گیری آب شامل سه گروه کلی تجهیزات با اولویت آسیب‌پذیری به قرار زیر است که هر کدام الزامات ایمنی و حفاظتی خاص خود را دارد:

- تجهیزاتی مانند حس‌گرها، سامانه‌های تله‌متری و نرم افزارهای دفتری
- تجهیزات و ادوات فلزی نصب‌شده برای اندازه‌گیری جریان آب
- سازه‌های بتنی

اقدامات لازم جهت ایمن‌سازی تجهیزات اندازه‌گیری شبکه‌های آبیاری و زهکشی باید به عنوان بخشی تفکیک‌ناپذیر از اجزای واحد بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری و زهکشی مورد توجه قرار گیرد و اقدامات لازم در مرحله طراحی و ساخت شبکه‌ها مدنظر باشد. از جمله این اقدامات تدوین ضوابط و دستورالعمل‌های لازم جهت ایمن‌سازی به صورت استاندارد می‌باشد.

۱۱-۷-۲- حفاظت و نگهداری از تجهیزات اندازه‌گیری

تداوم و اثربخشی استفاده از مناسب‌ترین و بهترین تجهیزات و سازه‌های اندازه‌گیری، در صورت عدم وجود ایمنی و حفاظت مناسب، با شکست مواجه می‌گردد.

نگهداری و حفظ سامانه در شرایط بهره‌برداری مطلوب در تمامی اوقات، از طریق اقدامات برنامه‌ریزی شده جهت حصول عمر مفید کاری و سهولت قرائت و انتقال اطلاعات با کم‌ترین هزینه ممکن خواهد بود.

به روز بودن امر نگهداری برای تمامی تجهیزات اندازه‌گیری یک شبکه و تاسیسات مرتبط با آن، کلید موفقیت یک واحد اندازه‌گیری در دستیابی به اهداف تعریف شده می‌باشد. نگهداری پیشگیرانه از اهمیت زیادی برخوردار است. نگهداری سیستمی که به خوبی و به راحتی کار می‌کند، نه فقط بهره‌های اقتصادی خود را در حسابداری آب نشان می‌دهد بلکه به مفهوم ایجاد تداوم اعتماد مصرف‌کنندگان و دقت در محاسبه حجم آب مصرفی و تداوم ارائه خدمات آب برای مصرف‌کنندگان یا تحویل آب با کم‌ترین هزینه است.

تجهیزاتی که در دسترس عموم قرار دارند، می‌توانند هدف اصلی برای خراب‌کاری باشند. در هنگام ضرورت و با توجه به ارزش تجهیزات، باید تصمیم‌گیری نمود و تا حد امکان دسترسی به آن را مشکل و در شرایط خاص آن را در یک اتاقک حفاظت شده، قرار داد تا امکان دیدن و دستیابی به آن‌ها به حداقل برسد.

کابل‌های برق و مخابرات و حس‌گرها و دستگاه‌های الکترونیکی و مغناطیسی از جمله تجهیزاتی است که مورد توجه افراد غیر مسوول بوده و آسیب‌پذیرتر می‌باشند. بهتر است این ابزار در محوطه‌های حفاظت شده و دور از دسترس نصب گردد یا کابل‌ها کاملا مدفون و پوشانده شده و در معرض دید نباشد.

تمامی سازه‌ها و تاسیسات با درجات مختلفی در معرض فرسودگی هستند. اما نگهداری برنامه‌ریزی شده، می‌تواند عمر مفید مورد انتظار را محقق سازد. بدیهی است که فرسودگی در سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری، باعث افزایش خطا در محاسبات توزیع و تحویل آب بوده و خسارت‌های مالی و اجتماعی و مدیریتی آن به مراتب زیان‌بارتر از دیگرسازه‌های موجود شبکه می‌باشد. از این‌رو برای تشخیص درست شرایط غیر ایمن و نامطلوب و نامطمئن در شبکه، نیاز به هوشیاری و دقت دائمی می‌باشد و این الزاما به معنای افزودن به نیروهای موظف نیست. در نتیجه تعداد زیادی کارکنان در امر نگهداری، نیازمند هزینه‌های جاری بالاتر است. در یک سامانه آبیاری، وظایف مرتبط با نگهداری سازه‌های اندازه‌گیری به عنوان بخشی از وظایف کلی نگهداری از شبکه و سازه‌های آن می‌باشد.

۱۱-۷-۳- الزامات ایمنی و حفاظتی

- کلیه تاسیسات در شرایط ایده‌آل در چارچوب ضوابط و مقررات سازمان و میزان بودجه پیش‌بینی شده نگهداری شود.
- اقدامات پیشگیرانه از سامانه اندازه‌گیری به درستی اجرا شود. به طوری‌که قطع استمرار مستندسازی جریان آب در موقعیت‌های کلیدی تعیین شده در شبکه، به حداقل رسد.
- توصیه‌های مهندسی و مشخصات فنی برای تاسیسات و تجهیزات اندازه‌گیری تهیه و قابل دسترس بوده و کاربردی باشد تا به کارکنان نگهداری این امکان را بدهد تا تمامی تاسیسات اندازه‌گیری را در یک وضعیت مناسب نگهداری کند.
- برنامه نگهداری باید اطمینان کافی از حفظ دقت قابل قبول وسایل اندازه‌گیری را، فراهم نماید.
- نگهداری پیشگیرانه به مقدار بسیاری زیادی قابلیت اعتماد وسایل اندازه‌گیری را افزایش می‌دهد.

- برای ایمن‌سازی شبکه‌ها، ضروری است استانداردها و قوانین لازم تهیه شود تا مراجع قضایی بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری نماید.
- سامانه اندازه‌گیری شبکه‌های آبیاری و زهکشی در شرایط استفاده از ابزار و ادوات حساس بیمه گردد.
- در شبکه‌های وسیع، توجه شود ابزار ادوات مصرفی جایگزین، دوره‌ای یا دیگر تجهیزات و مصالح مورد نیاز در انبار موجود بوده و در زمان نیاز و در مدت زمان مناسب قابل دسترس باشد.
- دستورالعمل جامع و کامل در خصوص نحوه حفاظت از سازه‌ها و تجهیزات در شبکه‌های آبیاری و زهکشی تدوین شود.

۱۱-۸- برنامه آموزشی و توانمندسازی کارکنان واحد اندازه‌گیری

آموزش، به منظور توانمندسازی افراد موظف برای فعالیت در واحد اندازه‌گیری شبکه با کیفیت قابل قبول انجام می‌شود. آموزش بابت توسعه مهارت‌ها، بهره‌گیری از دانش روز، تغییر در نوع نگرش صورت گرفته و باید باعث ارتقای عملکرد افراد و زمینه تسلط بر فرایند حساس ایجاد بیلان آب از مبدا تا مقصد باشد.

۱۱-۸-۱- مخاطبین آموزش در سامانه شبکه‌های آبیاری و زهکشی

مخاطبین آموزش در سامانه اندازه‌گیری آبیاری و زهکشی، بخشی تفکیک‌ناپذیر از آموزش عمومی در این زمینه است. اما به جهت اهمیت بیلان آب، لازم است مدیریت شبکه با توجه به اهداف مورد نظر نسبت به انتخاب مخاطبین دقت لازم را اعمال نماید. اما در کلیت موضوع، کشاورزان مصرف‌کننده آب به صورت کلی و افراد درگیر در توزیع و تحویل آب و تشکل‌های آب‌بران و همچنین دیگر ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان، مخاطب این آموزش‌ها در سطوح مختلف قرار دارند.

۱۱-۸-۲- محتوا موارد آموزشی

محتوای موارد آموزشی در مدیریت واحد اندازه‌گیری، متناسب با نوع و سطح تحت پوشش هر شبکه به صورت کلی در برگیرنده موارد زیر است:

- آموزش برنامه‌ریزی (در سطح شبکه اصلی و مزرعه)
- آموزش چگونگی خواندن، ثبت، انتقال، ویرایش و پردازش داده‌ها
- آموزش عملیات نگهداری
- آموزش عملیات حفاظت از سازه‌ها و تاسیسات و تجهیزات
- آموزش ایمنی و اقدامات پیشگیرانه

۱۱-۸-۳- شیوه های آموزش

ارائه مطالب آموزشی از طریق شیوه‌های گوناگون انجام می‌شود. انتخاب شیوه صحیح آموزش در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بستگی به ماهیت موضوع آموزش، سطح مسوولیت، نوع وظایف و همچنین زمان انجام فعالیت آموزشی (فصل زراعی یا غیر زراعی) دارد. شیوه‌های آموزش در شبکه‌های آبیاری و زهکشی به ترتیب زیر می‌باشد:

- آموزش بدون اشتغال در یک پست سازمانی
- برگزاری کلاس‌های آموزشی
- شرکت در کارگاه‌های آموزشی و گردهمایی‌های علمی و فنی
- آموزش و تربیت سازمانی هنگام کار
- تهیه جزوات آموزشی کم حجم و در اختیار قرار دادن برای مطالعه
- آموزش از طریق گردهمایی و مباحثات گروهی
- تدارک برنامه‌های بازدید از شبکه‌های در حال بهره‌برداری و بهره‌گیری از تجربیات آنان

۱۱-۹- ضوابط انتخاب نیروی انسانی، تجهیزات و ابزار و ادوات اندازه‌گیری

طراح پروژه یا مدیر واحد شبکه در دست بهره‌برداری با در نظر گرفتن سطح و گستردگی شبکه، ارزش اقتصادی آب در منطقه، اهداف مورد نظر و نوع سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری، چگونگی خواندن، انتقال، ثبت، پردازش و گزارش‌دهی، در مورد تعداد نیروی انسانی، سطح تحصیلات، سازمان و گردش کار، امکانات مورد نیاز، دسترسی به محل و ابزار و ادوات مورد نیاز تصمیم‌گیری می‌کند. به طبع اندازه‌گیری بخشی تفکیک‌ناپذیر و یکی از ارکان عملیات بهره‌برداری است. در سطح کارهای میدانی و در شرایطی که اندازه‌گیری مکانیزه نباشد، به طبع باید عملیات اندازه‌گیری و تحویل و توزیع آب توسط یک میراب یا آبیار انجام شود، اما در کارهای دفتری، این امر در عمل دو وظیفه مستقل و دارای ویژگی‌های منحصر به خود است.

الف- شبکه‌های مدرن غیرمکانیزه

- برای ثبت و انتقال، با آموزش‌های لازم به میراب‌های دارای سواد خواندن و نوشتن، می‌توان ضمن صرفه‌جویی عمومی، نسبت به عملیات یکپارچه نیز مطمئن بود.
- پردازش اطلاعات دریافتی به طور قطع به نیروی انسانی با مهارت‌های در حد فرد تحصیل‌کرده درسطح کاردان فنی آبیاری و مسلط به نرم‌افزارهای معمول در این زمینه، نیاز خواهد بود. قطعا با توجه به پیچیدگی کار و گستردگی آن می‌توان در مورد استخدام کارشناس مجرب در این زمینه یا به صورت مشترک با واحد تحویل و توزیع آب اقدام نمود.
- در شبکه‌هایی که اندازه‌گیری نیازمند حضور افراد در محل است، لازم است نسبت به داشتن امکانات اولیه اقدام شود. این امکانات به قرار زیر است:

- وسیله نقلیه سبک موتوری متناسب با شرایط دسترسی به نقاط اندازه‌گیری
- داده‌نگار مجهز به برنامه‌های تعریف شده
- امکانات ضروری تمیزکاری یا تعمیرات جزئی دستگاه‌ها
- امکانات مخابراتی
- دوربین عکاسی برای ثبت اطلاعات

ب- شبکه‌های مکانیزه و قرائت مرکزی

در چنین شبکه‌هایی سطح دانش و مهارت‌های فنی واحد اندازه‌گیری بسیار خاص بوده و توصیه می‌شود در صورت امکان از کارشناس IT و رایانه که دوره‌های مهارت آموزی لازم و مشخصی را طی‌کرده باشد، استفاده گردد. در سیستم‌های مکانیزه قرائت از راه دور، بازدیدهای میدانی در حداقل خود بوده و گاهی در شرایط خاص فقط باید به سرکشی از نظر قرارداشتن تجهیزات در محیط مناسب و مطمئن اقدام نمود. به‌طبع نیروی انسانی از نظر کمی در حداقل خود بوده و کارشناسان با مهارت‌های بالا، مسوولیت هدایت و مدیریت واحد را بر عهده خواهند داشت.

پیوست ۱

مشکلات هریک از سازه‌های کانال‌های روباز در شبکه‌های ایران (خلاصه نتایج استخراج شده از تحقیقات مختلف)

پ.۱-۱- سازه دو روزنه با بار ثابت (CHO)

دلایلی که مامورین اداره آبیاری نتوانند کنترل صحیحی بر تنظیم جریان در آبگیرهای CHO واقع بر کانال‌های درجه ۴ داشته باشند:

- تعداد زیاد آبگیرها و ناکافی بودن کارکنان
- زارعین بر حسب شرایط و فصل کاشت به مقادیر متفاوت آب احتیاج دارند و بنابراین کنترل و اندازه‌گیری و تحویل مقدار مشخص آب در هر زمان امری مشکل است.
- مسوولین کانال‌ها در هر ۲۴ ساعت به تعداد خیلی محدود می‌توانند در محل کانال‌ها حاضر شوند و از طرف دیگر ارائه خدمات آن‌ها تنها در وقت اداری بوده و افراد کشیک فقط برای وضعیت‌های خاص هستند و فقط تعداد کمی از افراد در بعدازظهرها کشیک هستند. درحالی‌که کنترل آبگیرهای مزارع در تمام شبانه‌روز لازم است.
- آبگیرهای CHO خودکار نبوده و برای تنظیم آبدهی باید دریچه‌های کشویی دائما باز و بسته و تنظیم شوند.
- این دریچه‌ها به خوبی آب‌بندی نمی‌شوند.
- به علت فقدان نشان‌گر، تکنسین‌های اداره آبیاری به وسیله مولینه آبدهی عبوری در کانال‌ها را محاسبه و بر اساس مدت استفاده کشاورزان از آب، آب‌بها دریافت می‌کنند.

پ.۱-۲- آلتراسونیک

مطابق دلایل عدم موفقیت جریان‌سنج‌های آلتراسونیک در چند سال گذشته در ایران، اعلام شده در نشریه ۱۷۵ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، این‌گونه ابزارها با توجه به دقت بالا و عدم تداخل در جریان آب در بسیاری از شبکه‌های آبیاری دنیا کاربرد داشته است ولی عدم توجه به برخی از محدودیت‌ها و خصوصیات ویژه ابزار جریان‌سنجی آلتراسونیک،کاربرد این قبیل تجهیزات را با شکست مواجه می‌سازد. بنابراین شناخت هر چه بیش‌تر این موارد، باعث می‌گردد که استفاده از آن با دید جامع‌تری صورت گیرد. عواملی که سبب شکست جریان‌سنجی با ابزار الکتروسونیک می‌گردد به شرح زیر می‌باشد:

- عدم انتخاب صحیح نوع ابزار، متناسب با شرایط حاکم بر جریان و کانال
- عدم توجه به خدمات پشتیبانی، بهره‌برداری و نگهداری
- تخریب عمدی تجهیزات
- به سرقت رفتن تجهیزات
- عدم آموزش صحیح کاربران و متصدیان

- مهم‌ترین پارامتری که باید در انتخاب یک سامانه جریان‌سنجی مدنظر قرار گیرد، پایداری روش است. استفاده از بهترین و دقیق‌ترین روش‌ها، در صورت عدم پایداری، به معنی هدر دادن هزینه و زمان است. از این‌رو صرف استفاده از روش‌های نو و پیشرفته، تضمین‌کننده موفقیت یک سامانه جریان‌سنجی نخواهد بود و درصورتی که همه پیش‌شرط‌های کاربرد این ابزارها فراهم نباشد، استفاده از همان روش‌های قدیمی شایسته‌تر است. روش‌های ارزان‌تر و قدیمی، نظیر منحنی سنجه (با و بدون مقطع کنترل) با وجود قدمت زیاد استفاده از آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دارای دقت مناسب و پایداری زیاد است. این قبیل روش‌های اندازه‌گیری آبدهی، کاربر دوست بوده و متصدیان آشنایی کامل با آن دارند، پس این استدلال که روش‌های جدید جریان‌سنجی به اجبار بهتر از روش‌های معمول گذشته است، استدلال صحیحی نمی‌باشد. بنابراین باید در انتخاب ابزار جریان‌سنجی آلتراسونیک، تمام جوانب آن را بررسی نمود و با دید باز و در نظر گرفتن همه عوامل دخیل، نسبت به استفاده از این ابزار اقدام نمود.

پ.۱-۳- سازه هیدرولیکی مانند تندآب با کارکرد اندازه‌گیری

پیشنهاد شده است این سازه هیدرولیکی که بر اساس اصول صحیح هیدرولیکی طراحی شده باشد، با به‌کار بردن روش سرعت- مساحت واسنجی شود. برای این کار باید از مولینه‌ای دقیق جهت تایید ضریب بده در فرمول جریان و نیز تعیین رابطه آبدهی- ارتفاع در دامنه تغییرات ارتفاع آب روی تاج سرریز، استفاده و بدین ترتیب، جداول سنجه برای این ایستگاه تهیه شود. برای سهولت کار بهتراست یک چاهک در بالادست تاج و نزدیک دیواره تبدیل چپ برای نصب نشان‌گر ساخته شود. صفر این نشان‌گر باید با تراز تاج در یک سطح قرارداده شود تا اندازه‌گیری صحیح ارتفاع امکان داشته باشد.

پ.۱-۴- فلوم گلوبلند

فلوم گلوبلند یکی از سازه‌های اندازه‌گیری است که به دلیل سادگی، هزینه کم ساخت، افت انرژی کم و امکان ساخت در کانال‌های موجود، جایگزین مناسب برای سازه‌های پارشال فلوم، سرریزها و غیره شده است:

- جدول سنجه می‌تواند با خطای کم‌تر از ۲± درصد محاسبه شود.
- فلوم‌های گلوبلند تقریبا می‌توانند هر شکل سطح مقطع مطلوبی داشته باشند.
- فلوم‌های گلوبلند می‌توانند قابل حمل ساخته شوند.
- در فلوم‌ها و سرریزها برای به دست آوردن یک منحنی سنجه با درستی قابل قبول، اختلاف ارتفاع سطح آب دو طرف سرریز یا گلوگاه فلوم (بارآبی) از اهمیت خاصی برخوردار است. بارآبی که به دلیل پدیده انسداد ایجاد می‌شود، در برخی سازه‌ها بسیار زیاد است؛ از این‌رو برای جلوگیری از استغراق جریان بالادست، ایجاد افت در

پروفیل طولی کانال اجتناب‌ناپذیر است. در سازه فلوم گلوبلند مقدار بارآبی مورد نیاز نسبت به دیگر سازه‌های اندازه‌گیری متداول کم‌تر می‌باشد.

- فلوم می‌تواند برای عبور دادن رسوبات انتقال یافته توسط کانال با جریان زیر بحرانی، طراحی شود.
- به شرط آن‌که گلوگاه در جهت جریان افقی باشد، جدول سنجه می‌تواند بر اساس ابعاد پس از ساخت، تولید شود.
- تحت شرایط هیدرولیکی مشابه و سایر شرایط مرزی، فلوم گلوبلند معمولا اقتصادی‌ترین سازه است.
- قابلیت انتخاب، طراحی و واسنجی فلوم‌های گلوبلند به وسیله روش‌های ریاضی و کامپیوتری وجود دارد.
- بعضی از شکل‌های سرریز لبه‌پهن نسبت به سرریزهای لبه‌تیز، اجسام شناور رسوبات را بهتر عبور می‌دهند، به ویژه آن‌هایی که دارای دماغه مدور یا تبدیل‌های ورودی باسطح شیب‌دار هستند.
- در صورت وجود یک شیب‌شکن قائم یا یک تبدیل شیب‌دار در پایین‌دست سرریز لبه پهن، وجود استغراق بر روی سرریز به ترتیب تا حدود ۸۰ درصد و تا حدود ۹۰ درصد برای دو سازه، اثری بر عملکرد سرریز ندارد.
- مشکل سازه در اندازه‌گیری آبدهی‌های کم، است.
- سازه فلوم گلوبلند با مقطع سرریز لبه پهن ساده در شرایط شبکه درودزن و شبکه‌های مشابه در آبدهی‌های پایین در اندازه‌گیری جریان، خطایی بین ۱۲ تا ۲۱ درصد دارد. نتایج نشان داد، دقت اندازه‌گیری این سازه در محدوده آبدهی‌های متوسط تا آبدهی حداکثر در حدود ۲/۵ درصد و در محدوده آبدهی‌های حداقل، حدود ۱۵ درصد است.

پ.۱-۵- دریچه قطاعی

- در شبکه آبیاری درودزن از تعداد ۱۵ دریچه انتخابی هیچکدام دارای دستگاهی که نشان‌گر بازشدگی باشد نبوده و در کلیه دریچه‌ها، مشکل نشت از اطراف دریچه وجود داشته است. با توجه به بررسی‌های لازم در خرابی واشرهای لاستیکی بغل و زیر دریچه‌ها و همچنین تجمع آشغال در پشت بعضی از دریچه‌ها، از عوامل موثر در اختلاف بین آبدهی واقعی و آبدهی عبوری می‌باشند.
- جهت افزایش دقت توزیع و تنظیم جریان، نصب وسایل جهت اندازه‌گیری میزان درصد بازشدگی دریچه‌های قطاعی ضروری است. اگرچه امکان بالا و پایین بردن این دریچه‌ها با دست وجود دارد، ولی به دلیل کندی کار و مشکلات جانبی، برقی کردن آن‌ها الزامی است و اگر سطح شبکه بسیار گسترده باشد، ساخت خطوط انتقال نیروی برق در سرتاسر شبکه، مقرون به صرفه نمی‌باشد.
- تجهیز این دریچه‌ها به نشان‌گر در بالادست آن بر روی سازه تنظیم‌کننده و مدرج کردن آن، ضروری است.

پ.۱-۶- دریچه کشویی

- اختلاف آبدهی‌های اندازه‌گیری و محاسباتی در اکثر موارد با افزایش بازشدگی افزایش می‌یابد.
- یکی از پیش نیازهای واسنجی وجود نشان‌گرها می‌باشد. ضرورت دارد در محل‌هایی که نشان‌گر نداشته یا نشان‌گر آن‌ها معیوب گشته‌اند، نشان‌گر مناسب با رعایت نکات فنی نصب گردد. همچنین در برخی سازه‌ها، محل نصب نشان‌گر مناسب انتخاب نگردیده است. لازم است با بررسی، محل مناسب انتخاب و نشان‌گر نصب گردد.
- از جمله دلایل دقت کم اندازه‌گیری دریچه‌های کشویی، می‌توان به عدم سرویس مناسب آن‌ها اشاره کرد. تعویض دریچه‌های فرسوده، واشرهای لاستیکی از ضروریات است.

پ.۱-۷- لیمنیگراف

- آمار رقوم سطح آب کانال که در ایستگاه به‌طور دائم ثبت می‌شود، دقیق‌ترین وسیله برای تعیین آبدهی متوسط روزانه جریانی است.
- بازدید و کنترل لیمنیگراف باید طبق یک برنامه منظم انجام گیرد.

پ.۱-۸- دریچه‌های مدول نیرپیک (دریچه‌های پیمانه‌ای)

- بر طبق اظهارنظر مسوولین در امور بهره‌برداری شبکه، هیچ‌گونه دست‌کاری تاکنون بر روی دریچه‌های نیرپیک صورت نگرفته است.
- بر اساس بازدیدهای میدانی از شبکه‌های درودزن و زاینده‌رود، مدول‌های نیرپیک با دریچه‌های کشویی و قوسی به عنوان اندازه‌گیرهای مناسب و دریچه‌های آمیل و سرریزهای نوک مرغابی به عنوان برترین تنظیم کننده‌های سطح آب معرفی می‌شوند. البته به لحاظ افت زیادی که این دریچه‌ها در مسیر جریان آب ایجاد می‌کنند، کاربردشان فقط در اراضی پرشیب توصیه می‌شود.
- گیرکردن کشوی این دریچه‌ها در محل رفت و برگشت به علت زنگ‌زدگی، موجب خوب عمل نکردن این دریچه‌ها می‌شود.
- محور ضامن دریچه‌ها، گاهی توسط زارعین کنار زده شده و در نتیجه آنان قادر خواهند بود دریچه را برداشته و با خود ببرند و کنترل جریان را دچار اختلال کنند.
- با وجود این‌که جریمه‌هایی از قبیل چهار برابر کردن نرخ آب و خرید ده عدد قفل اعمال می‌شود، قفل‌های موجود بر روی دریچه‌ها توسط کشاورزان شکسته می‌شود.

- گرفتگی لوله‌های آبگیر از دیگر مشکلات آبگیرهای مدول نیرپیک است. این لوله‌ها هرچند سالی یک‌بار باید لایروبی شوند ولی قطر این لوله‌ها به اندازه‌ای نیست که کارگران بتوانند داخل آن‌ها شده و این عمل به دشواری به وسیله ابزار و ادوات کشاورزی موجود در محل انجام می‌شود.
- نشت آب از دریچه بسته شده و سرریز آب از روی دریچه نیز از دیگر مشکلات دریچه‌های نیرپیک است.
- در مقایسه با دریچه استاندارد، به دلیل بالاتر بودن لبه پایینی تیغه اول نسبت به تاج سرریز، دریچه تولید داخل حدود ۰/۵ لیتر جریان بیش‌تری را عبور می‌دهد.
- عرض دهانه آبرو در دریچه تولید داخل به میزان ۰/۵ سانتی‌متر کم‌تر از دریچه استاندارد است.
- این سازه در صورت ساخت دقیق و نصب صحیح نسبت به تغییرات سطح آب حساسیت کمی داشته و قادر است در دامنه مشخصی از تغییرات سطح آب، آبدهی نسبتا ثابتی را عبور دهد.
- توصیه می‌شود تا شرکت‌های سازنده با کسب امتیاز ساخت از شرکت اصلی، اطلاعات و جزییات کامل‌تر دریچه را دریافت و مطابق آن تولید نمایند.
- دریچه‌های نیرپیک در اثر فرسودگی و عدم کارکرد صحیح سازه‌های تنظیم، توانایی عبور جریان مورد انتظار را ندارند.
- فقدان اطلاعات فنی صحیح، بی‌دقتی در تنظیم سازه‌های مورد مطالعه، عدم تعمیر و نگهداری مناسب سازه‌های فرسوده، کنش و تاثیرات هیدرولیکی متقابل سازه‌ها و اختلاف بین سطح تکنیک سازه‌های مدرن و شرایط موجود مدیریتی در کشور از مهم‌ترین عواملی هستند که بر عملکرد سامانه‌های توزیع و انتقال تاثیر می‌گذارند.
- دریچه‌های مدول نیرپیک با خطای نسبتا پایین در شبکه‌های جدید قابل توصیه هستند.
- سرریزهای نوک اردکی ضمن سادگی در بهره‌برداری، از نظر امور اجرایی هم احتیاج به دقت بالایی ندارند و از ایجاد تلاطم جلوگیری می‌کنند.
- سازه‌های نیرپیک موجود در شبکه ورامین به ویژه سازه‌های انتهایی، نسبت به عمق بالادست حساسیت بالایی دارند. به این معنا که به علت قرار گرفتن در قسمت‌های انتهایی و میانی کانال‌ها، عمق آب در کانال کم شده و جریان عبوری از مقطع سازه از قسمت سرریز سازه عبور کرده و این سازه به عنوان سرریز عمل می‌کند. یعنی عمق جریان به حدی نرسیده است که تیغه‌های این مدول، موجب کنترل جریان عبوری و کاهش تاثیر عمق آب در کانال شود.
- عدم آب‌بندی مناسب نیرپیک‌ها موجب اتلاف حجم زیادی از آب می‌شود.
- در مواردی نصب دریچه‌ها در تراز نامناسب موجب اخلال در فرآیند آبگیری شده است.
- در مواردی اختلاف آبدهی واقعی با محاسباتی نشان از مشکلات طراحی سازه دارد.

منحنی مشخصه ارائه شده توسط شرکت سازنده غالبا با وضعیت فعلی سازه‌ها تطابق ندارد. مجموعه این عوامل باعث شده که این سازه‌ها به طور متوسط در این مطالعه، ۲۲ درصد آب بیش‌تری عبور دهند.

پیوست ۲

پرسش‌نامه بررسی سازه‌ها

در این پیوست، کاربرگ بازدید و بازرسی سازه‌های مرتبط با اندازه‌گیری ارائه شده است. توصیه می‌شود دستگاه بهره‌بردار، قبل از هر اقدامی نقاط کلیدی و ضروری اندازه‌گیری را مشخص نموده و شناسنامه سازه‌ها را به تفکیک نوع آن‌ها مشخص نماید. هر نوع سازه با هدف اندازه‌گیری پوشه مستقلی برای خود خواهد داشت. در ابتدای هر فایل یا پوشه توضیحات هر سازه ارائه و سپس به تعداد سازه‌ها، جداول مربوطه تنظیم شود.

نوع سازه: آبگیر اصلی (یا تنظیم کننده بار آبی)

۱- آیا هیچ دریچه‌ای در سیستم، گم شده است (مفقود شده است)؟	آری☐ ☐ خیر
۲- آیا باز و بسته کردن کامل هیچ یک از دریچه‌ها، مشکل دارد؟	آری☐ ☐ خیر
۳- آیا هیچ یک از دریچه‌ها خوردگی یا پوسیدگی جدی دارند؟	آری☐ ☐ خیر
۴- آیا در هیچ قسمتی از سازه، ترک خوردگی یا جابه‌جایی جدی وجود دارد؟	آری☐ ☐ خیر
۵- آیا قسمتی از سازه توسط رسوب، مسدود شده است؟	آری☐ ☐ خیر
۶- آیا نشت از اطراف سازه، رخ داده است؟	آری☐ ☐ خیر
۷- آیا پیش‌بند[1] پایین‌دست سازه به طور جدی، آسیب دیده یا شکسته شده است؟	آری☐ ☐ خیر
۸- آیا خواندن نشانه اندازه‌گیر، مشکل است؟	آری☐ ☐ خیر
۹- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟	آری☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- نبودن دریچه

تنها زمانی که دریچه در سازه نباشد، پاسخ آری دهید. زمانی که دریچه شکسته شده است ولی هنوز وجود دارد، پاسخ خیر و پاسخ سوال ۲ آری خواهد بود.

۲- کاربرد دریچه

زمانی پاسخ آری دهید که شرایط مکانیزم بالابردن، گم شدن اجزا یا سایر عوامل، استفاده موثر از دریچه را ممکن می‌نماید. اگر دریچه وجود نداشته باشد، پاسخ به سوال ۱ آری و به این سوال خیر خواهد بود.

۳- شرایط دریچه

جایی پاسخ آری دهید که خوردگی و پوسیدگی، قدرت آب‌بندی دریچه را کم کرده باشد. خوردگی سطحی یا پوسیدگی اندک (جزئی) هر دریچه را نادیده بگیرید.

1- Apron

۴- ترک/ آسیب یا حرکت

جایی پاسخ آری دهید که ترک خوردگی‌ها بر اثر حرکت ناهمگون سازه یا بار زیاد بر روی سازه باشد. حرکت‌های عمودی، افقی و چرخشی ممکن است قابل مشاهده باشد. ترک‌های سطحی، باریک یا آسیب اندک را که بر روی عملکرد سیستم تاثیری ندارد، نادیده بگیرید.

۵- گرفتگی

جایی پاسخ آری دهید که تجمع رسوب به طور جدی باعث کاهش سطح بازشدگی برای عبور آب شود. گرفتگی توسط گیاهان شناور و دیگر خرده‌های آشغال را که به سرعت عبور می‌کنند، نادیده بگیرید.

۶- نشت

پاسخ آری دهید اگر، شسته شدن ذرات ریزدانه خاک، سطوح خیس شده زیاد در خاکریز یا شواهدی از جریان آب در اطراف سازه، وجود دارد.

۷- پیش‌بند پایین‌دست

جایی پاسخ آری دهید که پیش‌بند یا سایر حفاظت‌های بستر، به دلیل نشست جدی، شکسته یا ناپایدار شده است. ساییدگی اندک یا فرسایش کناره یا بستر را اگر پایدار به نظر می‌رسد و پایداری سازه را تهدید نمی‌کند، نادیده بگیرید. اگر شما نمی توانید پیش‌بند را ببینید یا اطلاعات منطقی از کاربر سازه به دست بیاورید، پاسخ «شناخته شده نیست»دهید.

۸- نمایش اندازه‌گیری

زمانی که اندازه‌گیر نصب نشده باشد، پاسخ خیر بدهید.

۹- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا ریسک شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

نوع سازه: تنظیم‌کننده دریچه‌دار

۱- آیا هیچ دریچه‌ای در سیستم، گم شده است (مفقود شده است)؟ آری ☐ ☐ خیر

۲- آیا باز و بسته کردن کامل هیچ یک از دریچه‌ها، مشکل دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۳- آیا هیچ یک از دریچه‌ها خوردگی یا پوسیدگی جدی دارند؟ آری ☐ ☐ خیر

۴- آیا در هیچ قسمتی از سازه، ترک خوردگی یا جابه‌جایی جدی وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۵- آیا نشت از اطراف سازه، رخ داده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۶- آیا پیش‌بند پایین‌دست سازه به طور جدی، آسیب دیده یا شکسته شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۷- آیا خواندن نمایش اندازه‌گیر، مشکل است؟ آری ☐ ☐ خیر

۸- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟ آری ☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- نبودن دریچه

تنها زمانی که دریچه در سازه نباشد، پاسخ آری دهید. زمانی که دریچه شکسته شده است ولی هنوز وجود دارد، پاسخ خیر و پاسخ سوال ۲ آری خواهد بود.

۲- کاربرد دریچه

زمانی پاسخ آری دهید که شرایط مکانیزم بالابردن، گم شدن اجزا یا سایر عوامل، استفاده موثر از دریچه را ممکن می‌نماید. اگر دریچه وجود نداشته باشد، پاسخ به سوال ۱ آری و به این سوال خیر خواهد بود.

۳- شرایط دریچه

جایی پاسخ آری دهید که خوردگی و پوسیدگی، قدرت آب‌بندی دریچه را کم کرده باشد. خوردگی سطحی یا پوسیدگی اندک هر دریچه را نادیده بگیرید.

۴- ترک/ آسیب یا حرکت

جایی پاسخ آری دهید که ترک خوردگی‌ها بر اثر حرکت ناهمگون سازه یا بار زیاد بر روی سازه باشد. حرکت‌های عمودی، افقی و چرخشی ممکن است قابل مشاهده باشد. ترک‌های سطحی، باریک یا آسیب اندک را که بر روی عملکرد سیستم تاثیری ندارد، نادیده بگیرید.

۵- نشت

پاسخ آری دهید اگر، شسته شدن ذرات ریزدانه خاک، سطوح خیس شده زیاد در خاکریز یا شواهدی از جریان آب در اطراف سازه، وجود دارد.

۶- پیش‌بند پایین‌دست

جایی پاسخ آری دهید که پیش‌بند یا سایر حفاظت‌های بستر، به دلیل نشست جدی، شکسته یا ناپایدار شده است. ساییدگی اندک یا فرسایش کناره یا بستر را اگر پایدار به نظر می‌رسد و پایداری سازه را تهدید نمی‌کند، نادیده بگیرید. اگر شما نمی‌توانید پیش‌بند را ببینید یا اطلاعات منطقی از کاربر سازه به دست بیاورید، پاسخ «شناخته شده نیست» دهید.

۷- نمایش اندازه‌گیری

زمانی که اندازه‌گیر نصب نشده باشد، پاسخ خیر بدهید.

۸- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا ریسک شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

نوع سازه: مقطع سازه‌ای کانال

۱- آیا کانال در هیچ جایی توسط سرریزهای غیر قانونی و آشغال، مسدود شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۲- آیا در هیچ موقعیتی به طور جدی رسوب تشکیل شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۳- آیا در هیچ موقعیتی، علف‌های هرز رشد داشته‌اند؟ آری ☐ ☐ خیر

۴- آیا کشاورزان یا کارکنان گزارش می‌کنند که تامین آب با محدودیت مواجه شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۵- در بازه‌ای که در خاکریزی است، آیا سطح آب در هیچ نقطه‌ای به طرز خطرناکی نزدیک لبه بالایی کانال بوده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۶- آیا مشکلات جدی فرسایش و لغزش دیواره کانال وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۷- اگر (کانال) پوشش‌دار است، آیا آسیب مهمی در پوشش وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۸- آیا هیچ آبگیر غیرمجازی وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۹- آیا نشت، به عنوان یک مشکل در بازه است؟ آری ☐ ☐ خیر

۱۰- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟ آری ☐ ☐ خیر

یادداشت‌ها

۱- سرریزهای غیر مجاز یا آشغال‌ها

پاسخ آری دهید اگر کشاورزان مصالحی را برای بالا آوردن سطح آب در محدوده بازه گذاشته‌اند یا جایی که لغزش زمین یا تجمع آشغال به گونه‌ای ایجاد می‌شود که ظرفیت انتقال بازه را کاهش می‌دهد.

۲- رسوب

تجمع ناچیز و موضعی رسوب را که باعث کاهش ظرفیت کانال و ارتفاع سطح آزاد نمی‌شود، نادیده بگیرید؛ اگر خیلی مطمئن نیستید، به این سوال، پاسخ آری دهید.

۳- علف هرز

اگر سطح کمی را علف هرز دربرگرفته باشد که باعث کاهش ظرفیت کانال و ارتفاع سطح آزاد نمی‌شود آن را نادیده بگیرید، اگر خیلی مطمئن نیستید، به این سوال پاسخ آری دهید.

۴- ظرفیت انتقال

از کشاورزان و کارکنان بپرسید که آیا بر این باورند که تامین آب، به دلیل یک مشکل در این بازه، محدود شده است، اگر چنین است پاسخ آری بدهید.

۵- ارتفاع آزاد آب

در جایی که، ریسک سرریز کردن که ممکن است موجب شستگی کناره و آسیب جدی سازه گـردد، پاسـخ آری دهید.

نقاط کم اهمیت در جایی‌که کانال در خاک‌برداری است، را نادیده بگیرید،

یا

شرایط هنوز خطرناک نیست اما از بین رفتن ارتفاع آزاد آب ادامه داشته و ممکن است تا قبل از بازرسی بعـدی، خطرناک شود.

۶- لغزش یا فرسایش کناره (دیواره)

پاسخ آری دهید اگر، فرسایش یا لغزش تهدید به مسدود کردن کانال می‌کند، یـا جـایی کـه کانـال در خـاکریز است، کناره‌ها را تضعیف می‌کند. فرسایش اندک مقطع کانال را نادیده بگیرید مگر این‌که تهدیدی برای تمامیت بازه باشد.

۷- آسیب پوشش

آسیب‌های تکه‌ای[1] یا سیمان مجزا را نادیده بگیرید. پاسخ آری دهید جایی که بیش‌تر از ۱ تا ۱۰ عدد از قطعات پوشش یا ۱۰ درصد از سطح در یک بازه، به طور جدی آسیب دیده باشد.

۸- آبگیرهای[2] غیرمجاز

در جستجوی بریدگی‌های خطرناک یا لوله‌های مستغرق و غیره در کناره‌های کانال باشید.

۹- نشت

در جستجوی آب راکد، شسته شدن ذرات ریزدانه از کناره، پدیدار شدن جریان آب از پای خاکریز، تپه یا تجمـع نمک روی زمین کنار خاکریز کانال باشید. اگر هر کدام از آن‌ها به طور گسترده وجود دارد، پاسخ آری دهید.

۱۰- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجـود دارد کـه توسـط هـیچ سـوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده و ممکن است با سرعت پیشـرفت نمایـد و باعـث افـت قابـل توجهی در عملکرد یا خطر شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

1- Panel
2- Offtake

نوع سازه: سازه اندازه‌گیری جریان

۱- آیا گل و لای، علف هرز و زباله‌هایی در ۵ متری بالادست و پایین‌دست سازه وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۲- آیا سازه اندازه‌گیری مستغرق است؟ آری ☐ ☐ خیر

۳- آیا آسیب جدی به هیچ قسمتی از سازه وارد شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۴- آیا نشت اطراف سازه، رخ داده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۵- آیا پیش‌بند پایین‌دست به طور جدی آسیب دیده یا از پایین دچار برش یا ضربه شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۶- آیا خواندن نشان‌گر اندازه‌گیر بالادست و پایین‌دست مشکل است؟ آری ☐ ☐ خیر

۷- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟ آری ☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- گرفتگی کانال

پاسخ آری دهید در جایی که گل و لای یا خرده زباله‌ها، جریان عبوری آب را از میان سازه اندازه‌گیر نفوذ می‌دهند و موجب تلاطم‌های جدی در جریان می‌گردند. رشد علف هرزی را که به راحتی قابل تمیز کردن است، نادیده بگیرید.

۲- سازه مستغرق

سازه اندازه‌گیر مستغرق، در جایی است که سطح آب پایین‌دست روی سطح آب بالادست اثر می‌گذارد. سازه‌ها به حداقل اختلاف بار هیدرولیکی[1] برای اندازه‌گیری دقیق نیاز دارند.

برای سرریزهای لبه پهن و فلوم‌ها، $H(d/s)/H(u/s)$ باید تقریبا ۰/۶ باشد.

برای سرریزهای لبه تیز $H(d/s)$ (ارتفاع پایین‌دست) باید زیر سطح تاج باشد.

۳- آسیب سازه

جستجو کنید هر آسیبی را که بر اندازه‌گیری جریان یا پایداری سازه اثر دارد. مثال‌های رایج از این نوع آسیب‌ها، آسیب به تاج سرریز یا دیگر مقاطع کنترل، ترک خوردگی‌های جدی یا جابه‌جایی سازه خواهد بود.

۴- نشت

پاسخ آری دهید اگر، شسته شدن ذرات ریزدانه خاک، سطوح خیس شده زیاد در خاکریز یا شواهدی از جریان آب در اطراف سازه، وجود دارد.

۵- پیش‌بند پایین‌دست

1- Head

پاسخ آری دهید، در جایی که پیش‌بند یا سایر حفاظت‌های بستر در حال شکستن یا ناپایداری ناشی از بریدگی زیرین جدی باشد. ساییدگی‌های سطحی کوچک، یا فرسایش کم کف یا کناره که درحال حاضر پایدار است و تهدیدی برای پایداری سازه محسوب نمی‌شود را نادیده بگیرید. پاسخ بی‌اعتبار دهید اگر شما نمی‌توانید پیش‌بند را ببینید یا اطلاعات قابل قبول از بهره‌بردار سازه به دست بیاورید.

۶- نمایش اندازه‌گیر

پاسخ آری دهید اگر اندازه‌گیرها مفقود شده یا قابل خواندن نیستند.

۷- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا خطر شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

نوع سازه: آبگیر دریچه‌دار[1]

۱- آیا هیچ دریچه‌ای در سیستم، گم شده است (مفقود شده است)؟	آری ☐ ☐ خیر
۲- آیا باز و بسته کردن کامل هیچ یک از دریچه‌ها، مشکل دارد؟	آری ☐ ☐ خیر
۳- آیا هیچ یک از دریچه‌ها خوردگی یا پوسیدگی جدی دارند؟	آری ☐ ☐ خیر
۴- آیا در هیچ قسمتی از سازه، ترک خوردگی یا جابه‌جایی جدی وجود دارد؟	آری ☐ ☐ خیر
۵- آیا قسمتی از سازه توسط رسوب، مسدود شده است؟	آری ☐ ☐ خیر
۶- آیا نشت از اطراف سازه، رخ داده است؟	آری ☐ ☐ خیر
۷- آیا پیش‌بند پایین‌دست سازه به طور جدی، آسیب دیده یا شکسته شده است؟	آری ☐ ☐ خیر
۸- آیا خواندن نشان‌گر اندازه‌گیر بالادست یا پایین دست، مشکل است؟	آری ☐ ☐ خیر
۹- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟	آری ☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- نبودن دریچه

تنها زمانی که دریچه در سازه نباشد، پاسخ آری دهید. زمانی که دریچه شکسته شده است ولی هنوز وجود دارد، پاسخ خیر و پاسخ سوال ۲ آری خواهد بود.

1- Gated Offtake

۲- کاربرد دریچه

زمانی پاسخ آری دهید که شرایط مکانیزم بالابردن، گم شدن اجزاء یا سایر عوامل، استفاده موثر از دریچه را ممکن می‌نماید. اگر دریچه وجود نداشته باشد، پاسخ به سوال ۱ آری و به این سوال خیر خواهد بود.

۳- شرایط دریچه

جایی پاسخ آری دهید که خوردگی و پوسیدگی، قدرت آب‌بندی دریچه را کم کرده باشد. خوردگی سطحی یا پوسیدگی اندک هر دریچه را نادیده بگیرید.

۴- ترک/ آسیب یا حرکت

جایی پاسخ آری دهید که ترک خوردگی‌ها بر اثر حرکت ناهمگون سازه یا بار زیاد بر روی سازه باشد. حرکت‌های عمودی، افقی و چرخشی ممکن است قابل مشاهده باشد. ترک‌های سطحی، باریک یا آسیب اندک را که بر روی عملکرد سیستم تاثیری ندارد، نادیده بگیرید.

۵- گرفتگی

جایی پاسخ آری دهید که تجمع رسوب به طور جدی باعث کاهش سطح بازشدگی برای عبور آب شود. انسداد توسط گیاهان شناور و دیگر خرده‌های آشغال را که به سرعت عبور می‌کنند، نادیده بگیرید.

۶- نشت

پاسخ آری دهید اگر، شسته شدن ذرات ریزدانه خاک، سطوح خیس شده زیاد در خاکریز یا شواهدی از جریان آب در اطراف سازه، وجود دارد.

۷- پیش‌بند پایین‌دست

جایی پاسخ آری دهید که پیش‌بند یا سایر حفاظت‌های بستر، به دلیل نشست جدی، شکسته یا ناپایدار شده است. ساییدگی اندک یا فرسایش کناره یا بستر را اگر پایدار به نظر می‌رسد و پایداری سازه را تهدید نمی‌کند، نادیده بگیرید. اگر شما نمی‌توانید پیش‌بند را ببینید یا اطلاعات منطقی از کاربر سازه به دست بیاورید، پاسخ «شناخته شده نیست» دهید.

۸- نمایش اندازه‌گیری

پاسخ خیر بدهید زمانی که اندازه‌گیر نصب نشده باشند.

۹- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا خطر شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

نوع سازه: آبگذر زهکش متقاطع

۱- آیا ترک‌خوردگی یا جابه‌جایی جدی در نقطه‌ای از سازه وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۲- آیا نشت قابل مشاهده کانال به درون آبگذر وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۳- آیا کشاورزان و کارکنان می‌گویند که آبگذر نمی‌تواند بیشینه جریان را به طور موثری عبور دهد؟

آری ☐ ☐ خیر

۴- آیا به نظر می‌رسد که آبگذر، دچار گرفتگی شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۵- آیا فرسایش جدی اطراف داخل و خارج آبگذر وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۶- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟ آری ☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- ترک خوردگی/ آسیب یا جابه‌جایی

پاسخ آری دهید جایی که ترک خوردگی‌ها بر اثر اختلاف حرکت یا بارگذاری زیاد بر روی سازه باشد. حرکت‌های عمودی، افقی و چرخشی ممکن است قابل مشاهده باشد. ترک خوردگی‌های سطحی و با عمق کم و آسیب اندک را که بر روی عملکرد سیستم تاثیری ندارد، نادیده بگیرید.

۲- نشت به درون آبگذر

پاسخ آری دهید، اگر تلفات آب از کانال به درون آبگذر قابل مشاهده است. نشت‌های اندک را نادیده بگیرید.

۳- ظرفیت آبگذر

پاسخ آری دهید، اگر کشاورزان، سرریز کردن زهکش در بالادست آبگذر را گزارش می‌کنند.

۴- گرفتگی

پاسخ آری دهید، در جایی‌که بیش‌تر از یک چهارم مساحت ناحیه باز، گرفته به نظر می‌رسد. مقادیر کم رسوب یا علف هرز در کف آبگذر را نادیده بگیرید.

۵- فرسایش

پاسخ آری دهید اگر، فرسایشی در حال ایجاد شدن است که می‌تواند موجب بریدگی زیری سازه گردد.

۶- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا خطر شکست سازه، قبل از بازرسی بعدی گردد.

نوع سازه: سیفون

۱- آیا ترک خوردگی یا جابه‌جایی جدی در قسمتی از سازه وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۲- آیا جدایی جدی خاکریز از سازه وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۳- آیا علائمی از نشت در سیفون وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۴- آیا بلافاصله بالادست سیفون، سرریز اتفاق افتاده یا می‌افتد؟ آری ☐ ☐ خیر

۵- آیا بخشی از سیفون به طور اندک یا کامل دچار گرفتگی شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۶- آیا فرسایش مهمی در پایین‌دست مقطع تبدیل وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۷- آیا فرسایش یا رسوب جدی در مقطعی که سیفون قطع می‌کند، وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۸- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟ آری ☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- ترک‌ها

ترک خوردگی‌های سطحی و کم عمق را نادیده بگیرید. پاسخ آری دهید جایی که ترک‌ها به نظر می‌رسد بر اثر اختلاف جابه‌جایی سازه یا بارگیری زیاد بر روی سازه باشد.

۲- جدایی از خاکریز

پاسخ آری دهید جایی که شکاف‌ها می‌توانند اجازه نشت دهد.

۳- نشت از سیفون

جستجو کنید برای تکه‌های مرطوب خاک یا نشت از سطح خاک در نقاط پایینی.

۴- سرریز در بالادست سیفون

بالاترین خط سطح آب را نگاه کنید.

۵- گرفتگی

امکان بازرسی سیفون وجود ندارد. گرفتگی به وسیله ارتفاع زیاد سطوح آب بالادست، نشان داده خواهد شد.

۶- فرسایش در تبدیل پایین‌دست

پاسخ آری دهید اگر فرسایش بستر یا کناره‌های کانال، پایداری سازه یا بازه کانال را تهدید می‌کند. آب شستگی یا فرسایش ناچیز سواحل را اگر به نظر پایدار می‌رسند، نادیده بگیرید.

۷- فرسایش کانال/ زهکش

پاسخ آری دهید اگر سیفون درجایی که آبراهه یا جاده را قطع می‌کند، در معرض (فرسایش) قرار دارد. اگر سیفون یک خط زهکشی را قطع می‌نماید، پاسخ آری دهید اگر کف زهکش، پایداری هر قسمتی از سیفون را تهدید می‌کند.

۸- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا خطر شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

نوع سازه: سرریز جانبی/ فرار آب

۱- آیا بخشی از سازه، گرفته شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۲- آیا ترک خوردگی یا جابه‌جایی جدی در قسمتی از سازه وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۳- آیا نشتی در اطراف سازه رخ داده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۴- آیا جدایی جدی بین خاکریز و سازه وجود دارد؟ آری ☐ ☐ خیر

۵- آیا حفاظت پایین‌دست به طور جدی، آسیب دیده یا دچار برش شده است؟ آری ☐ ☐ خیر

۶- آیا شرایط کلی، شما را نگران می‌کند؟ آری ☐ ☐ خیر

توضیحات

۱- گرفتگی

پاسخ آری دهید اگر گرفتگی، مانع عبور آب از سرریز در سطح تاج طراحی شده، می‌شود یا از تخلیه مطمئن آب پایین‌دست سرریز، جلوگیری می‌کند.

۲- ترک خوردگی/ آسیب یا جابه‌جایی

پاسخ آری دهید جایی که ترک‌ها به‌نظر می‌رسد بر اثر اختلاف جابه‌جایی سازه یا بارگذاری زیاد بر روی سازه باشد. حرکت‌های عمودی، افقی و چرخشی ممکن است قابل مشاهده باشد. ترک خوردگی‌های سطحی و با عمق کم و آسیب اندک که بر روی عملکرد سیستم تاثیری ندارد را نادیده بگیرید.

۳- نشت

پاسخ آری دهید اگر، شسته شدن ذرات ریزدانه خاک، سطوح خیس شده زیاد در خاکریز یا شواهدی از جریان آب در اطراف سازه، وجود دارد.

۴- جدایی از خاکریز

پاسخ آری دهید در جایی که شکاف‌ها اجازه نشت می‌دهند.

۵- حفاظت پایین‌دست

پاسخ آری دهید در جایی که حفاظت پایین‌دست، به دلیل نشست[1] جدی که حاصل شده، شکسته یا ناپایدار شده است. فرسایش کمی را که هم اکنون پایدار بوده و تهدیدی برای پایداری سازه نیست، نادیده بگیرید.

۶- وضعیت کلی

پاسخ آری است اگر، یک سری عیب‌ها، خرابی یا شکست جدی در عملکرد وجود دارد که توسط هیچ سوال دیگری پوشش داده نمی‌شود. یا خرابی شروع شده که ممکن است با سرعت پیشرفت نماید و باعث افت قابل توجهی در عملکرد یا خطر شکست سازه قبل از بازرسی بعدی، گردد.

1- Undercutting

منابع و مراجع

1- Water Measurement Manual: A Guide to Effective Water Measurement Practices for Better Water Management, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 2001.
2- Casey, Thomas Joseph., Open Channel Flow Measurement Structures, Water and Wastewater Engineering Hydraulics, Oxford University Press, 2004.
3- Chaudhry, M. Hanif., Open-Channel Flow, Springer Science & Business Media, 2007.
4- Committiee, Cwc., Handbook for Hydrometeorological Observations, Central Water Commission, India, 2017.
5- Crabtree, Mike, Flow Handbook, 2000.
6- DHV Consultants and Delft Hydraulics., Design Manual: Hydrometry. Vol. 4, 2003.
7- Shrestha, Rajesh R., and Slobodan P., Simonovic. A Fuzzy Set Theory Based Methodology for Analysis of Uncertainties in Stage-Discharge Measurements and Rating Curve, Department of Civil and Environmental Engineering, the University of Western Ontario, 2009.
8- SSCAFCA. "Hydraulic Design", Development Process Manual (DPM), 2010, pp. 111–212.
9- Adkins, Gertrudys B., Flow Measurment Devices, 2006.
10- Ankum, P., Design of Open-Channels and Hydraulic Structures, Collegedictaat CT3410, TU Delft, 2002.
11- Bodhaine, G. L., Measurement of Peak Discharge At Culverts By Indirect Methods, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, 1988, p. 69.
12- Brouwer, C., et al., Irrigation Water Management□: Introduction to Irrigation, Training Manual, no. 1, 1985, p. 152.
13- Burt, Charles M., and Daniel J. Howes., Improving Flow Measurement Accuracy at Farm Delivery Gates in California (ITRC Report No. R 15-002), 2015.
14- Practical Guide for Metergates (ITRC Report No. R 15-001), 2016.
15- Volumetric Flow Measurement Devices: A Practical Guide to Help Meet SB X7-7 Standards (ITRC Report No. R 17-002), September, 2017.
16- Clemmens, A. J., et al., Water Measurement with Flumes and Weirs, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 2001.
17- Cunningham, William L., and Charles W. Schalk., Groundwater Technical Procedures of the US Geological Survey, US Geological Survey Techniques and Methods 1–A1, 2011.
18- Fischer, Sebastian., Transit Time Flow Measurement in Open Channels Optimization of Measurement Accuracy by Using Optimized Path Positions, Wasserkraft Mehr Wirkungsgrad Mehr Ökologie Mehr Zukunft, no. 45, 2011, pp. 207–17.
19- Geer, Evan, and Charles Burt., SBx7 Flow Rate Measurement Compliance for Agricultural Irrigation Districts, 2012.
20- Hyquest Solutions PTY LTD., Instruction Manual Absolute Shaft Encoder, 2017.
21- Irrigation District Turnouts, ITRC report no. R 10-002, 2010.
22- Lotfi Kolavani, et al., Flow Measurement Using Circular Portable Flume, Flow Measurement and Instrumentation, vol. 62, 2018, pp. 76–83.
23- Samani, Zohrab, et al., A Simple Flow Measuring Device for Farms, Southern Regional Water Program, SR-IWM-6, 2006.
24- Samani, Zohrab, Three Simple Flumes for Flow Measurement in Open Channels, Vol. 143, no. 2, 2017, pp. 2–5.

25- Shayan, H. Khalili, et al., Estimation of Flow Discharge under the Sluice and Radial Gates Based on Contraction Coefficient, Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering, vol. 38, no. C2, 2014, pp. 449–63.
26- Thomas, Charles W., World Practices in Water Measurement and Control at the Farm Turnout, Washington, D. C. Convention of the American Society of Civil Engineers, 1959, p. 48.
27- USDA., Stage Discharge Relations: Part 630 Hydrology, National Engineering Handbook, United States Department of Agriculture, 2012.
28- Van Den Bosch, B. E., Structures for Water Control and Distribution, Chap.8, Food & Agriculture Org., 1993.
29- Vatankhah, Ali R., Simplified Procedure for Determining of Drop and Stilling Basin Invert Elevations, Ain Shams Engineering Journal, vol. 5, no. 1, Faculty of Engineering, Ain Shams University, 2014, pp. 1–6.
30- Vlotman, Willem F., Discharge Measurement Structures, Edited by Marinus Gijsberthus Bos, 3rd ed., Ilri, 1989.
31- White, Bryce., Non-Standard Structure Flow Measurement Evaluation Using Flow Rate Indexing Procedure-QIP. ITRC report no. 06-003, 2006.
32- Boman, Brian, and Sanjay Shukla., Water Measurement for Agricultural Irrigation and Drainage Systems, Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, 2009.
33- Frenzel, F., et al., Industrial Flow Measurement Basics and Practice, ABB Automation Products Gmbh, 2011, p. 290.
34- Gill, Tom, et al., Venturi Meters Constructed with Pipe Fittings: An Under-Appreciated Option for Measuring Agricultural Water, Emerging Challenges and Opportunities for Irrigation Managers Albuquerque, New Mexico, 2011, pp. 26–29.
35- LSU AgCenter, Irrigation Flow Measurement (#3082), 2008.
36- Merkley, G. P., Irrigation Conveyance & Control Flow: Flow Measurement & Structure Design BIE 5300/6300, Utah State University, 2004, p 312.
37- Prettyman, Johnny B., et al., Comparison of Selected Differential Producing, Ultrasonic, and Magnetic Flow Meters, Journal American Water Works Association, Wiley Online Library, 2016.
38- Replogle, J. A., B. Wahlin., Venturi Meter Constructions for Plastic Irrigation Pipelines, Applied Engineering in Agriculture, vol. 10, no. 1, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1994, pp. 21–26.
39- Weaver, Mat., Executive Summary of the Department's Performance Evaluation of Un-Calibrated Packaged Continuous Doppler Flow Meter Systems in a Variety of Water Diversion Scenarios, 2010.
40- Liptak, Bela G., Instrument Engineers' Handbook, Volume One: Process Measurement and Analysis. 4th ed., Taylor & Francis, 2003.
۴۱- بهمنش‌فر، ناصر، تحویل حجمی آب و مشکلات فراروی شرکت‌های بهره‌برداری، اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری، زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی، ۱۳۸۳.
۴۲- پورزند، احمد. بهبود مدیریت مصرف آب اولین گام برای دستیابی به امنیت غذایی، یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۱.

۴۳- مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی (شماره ۱۱۳)، مترجم محمدصادق جعفری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۷.
۴۴- راهنمای تحویل حجمی آب در شبکه های آبیاری و زهکشی (۳۸۴)، دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۶.
۴۵- راهنمای اندازه‌گیری جریان آب، مترجمان: مهرداد اسدی، صلاح کوچک‌زاده، عباس ستوده‌نیا، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۹۰.
۴۶- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی آب و آبفا، دستورالعمل تعیین بازده آبیاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری (نشریه ۶۹۲)، وزارت نیرو، معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، ۱۳۹۴.
۴۷- دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، دستورالعمل آماربرداری از منابع آب- وسایل و روش‌های اندازه‌گیری (نشریه ۳۳۰)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت نیرو، ۱۳۸۴.
۴۸- مبانی ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری (آبیاری ثقلی) (نشریه ۱-۳۴۶)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵.
۴۹- کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی. فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی، وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۷۶.
۵۰- معاونت حفاظت و بهره‌برداری، راهنمای سامانه یکپارچه مدیریت تاسیسات آبی (سیمتا) (درحال ویرایش و تکمیل)، وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب، ۱۳۹۱.
۵۱- مهاب قدس، دستورالعمل‌ها و استانداردهای مطالعاتی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، وزارت نیرو، ۱۳۷۳.
۵۲- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی آب و آبفا، مشخصات فنی تجهیزات هیدرومکانیک سدهای انحرافی و سامانه‌های آبیاری (ضابطه ۶۹۹)، وزارت نیرو، معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، ۱۳۹۵.
۵۳- دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی: اندازه‌گیری جریان (نشریه ۱۰۶)، چاپ سوم، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۳.
۵۴- دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال‌های روباز (نشریه شماره ۲۸۲)، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۳.
۵۵- دهقانیان، سید ابراهیم، اندازه‌گیری دبی عبوری آب در لوله‌ها و سامانه‌های آبیاری تحت فشار (نشریه فنی، شماره ۳۷)، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، ۱۳۹۵.
۵۶- مددکن، حمید، طراحی و ساخت دبی‌سنج نوسانی به منظور اندازه‌گیری دبی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۰.
۵۷- مدنی، حسن، مکانیک سیالات و هیدرولیک، انتشارات جهاددانشگاهی، ۱۳۷۵.
۵۸- بهره‌دار، داریوش، تکمیل و بهسازی سیستم اندازهگیری جریان آب در شبکه آبیاری و زهکشی دشت مغان، ۱۳۸۰.

۵۹- حقوقی اصفهانی، مرتضی، نظام بهره‌برداری از آب در کشاورزی ایران، نشر سمر، جامعه مهندسان مشاور ایران، ۱۳۹۲.

۶۰- دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از تاسیسات و تجهیزات شبکه‌های آبیاری و زهکشی (نشریه ۱۵۸)، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۵.

۶۱- گروه کار و توسعه و مدیریت سامانه‌های آبیاری، آموزه‌های بهره‌برداری برای طراحی و اجرای بهتر سامانه‌های آبیاری و زهکشی ـ کارگاه دوم با موضوعات حریم ـ ایمنی و حفاظت ـ دبی‌سنج اولتراسونیک. کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۹۵.

۶۲- دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی درحال بهره‌برداری(نشریه۳۱۳)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، ۱۳۸۴.

۶۳- گروه کار و توسعه و مدیریت سامانه‌های آبیاری، آموزه‌های بهره‌برداری برای طراحی و اجرای بهتر سامانه‌های آبیاری و زهکشی (نشریه ۱۷۵)، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۹۵.

۶۴- نوسازی مدیریت آبیاری- نگرش ماسکاته، مترجمان: امیری تکلدانی، ا و صمدی، نشریه آبیاری و زهکشی فائو ۶۳. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۰۰۷.

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

Ahmad Mohseni	Abyar Noavar Sahra Consulting Engineers	Ph. D., Agricaltural Extension Engineering
Mohammad Javad Monem	Tarbiat Modares University	Ph. D., Water Resources Engineering
Arash Nejati	Ministry of Energy	Ph. D., Irrigation Structures Engineering
Maryam Yousefi	Iran Water Resource Management Organization	Ph. D., irrigation and Drainage Engineering

Steering Committee:

Alireza Toutounchi	Deputy of Technical and Executive Affairs Department
Farzaneh Agharamezanali	Head of Water & Agriculture Group, Technical and Executive Affairs Department
Seyed Vahidedin Rezvani	Expert in Irrigation and Drainage Engineering, Technical and Executive Affairs Department

Selection and Operation Criteria for Water Measuring Equipment in Irrigation and Drainage Networks [No. 833]

Executive Body:	Parahoom Consulting Engineers Co.
Project Adviser:	Ahmad Jafari

Authors & Contributors Committee:

Ahmad Jafari	Parahoom Consulting Engineers Co.	BSc., in Irrigation and Reclamation Engineering
Sussan Rezai Gharabolagh	Parahoom Consulting Engineers Co.	BSc., in Irrigation and Reclamation Engineering
Farideh Gharabigli	Parahoom Consulting Engineers Co.	M. Sc., Irrigation and Drainage Engineering
Reza Kiani	Parahoom Consulting Engineers Co.	M.Sc., in Civil Engineering
Fatemeh Nayebloie	Parahoom Consulting Engineers Co.	Ph.D., in Irrigation and drainage Engineering

Supervisory Committee:

Jalal Abolhasani	Ministry of Agriculture Jihad	M. Sc., Irrigation Structures Engineering
Mohammad Sadegh Jafari	Mahab Ghodss Consulting Engineers Co.	M.Sc., in Irrigation Engineering
Fathollah Dehkordi	Freelance Expert	M.Sc., in Water Structures Engineering
Encieh Mehrabi	Ministry of Energy- Water and Wastewater Standards and Projects Bureau	M.Sc., in Water Structures Engineering

Confirmation Committee:

Jalal Abolhasani	Ministry of Agriculture Jihad	M. Sc., Irrigation Structures Engineering
Ahmad Jafari	Parahoom Consulting Engineers	B. Sc., Irrigation and Reclamation Engineering
Seyed Mojtaba Razavi Nabavi	Absou Consulting Engineers	Ph. D., Irrigation Structures Engineering
Mohammad Kazem Siahi	Pandam Consulting Engineers	M. Sc., irrigation and Drainage Engineering and MSc Civil Engineering
Encieh Mehrabi	Ministry of Energy- Water and Wastewater Standards and Projects Bureau	M. Sc., Irrigation Structures Engineering

Abstract:

This technical publication provides the necessary knowledge on how to select and operate flow regulators and measurement structures, as well as data recording and processing, and various forms of reporting in irrigation and drainage networks.

This guideline introduces the basic principles of flow measurement relationships, and clearly defines the layout of measurement nods and points, type and arrangement of equipment and structures. Also, the overall organization, tasks, and responsibilities of the individuals in addition to relative instructions are specified. Limitations and potentials of the measurement structures and equipment, criteria for selection and utilization of these pieces of equipment in gravity-fed and pressure piped irrigation networks are presented for all the design, construction and operation stages. Furthermore, the criteria for the inspection of the equipment, diagnosing problems and finding the solution, for each measuring instrument, during operation or construction, are described. In addition to the introduction of several types of new measurement structures with wide application in irrigation networks, some conventional measurement structures used in Iran's networks and their specifications have been presented.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Selection and Operation Criteria for Water Measuring Equipment in Irrigation and Drainage Networks

No. 833

Last Edition: 02-13-2021

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs
Department of Technical & Executive Affairs,Consultants and Contractors
nezamfanni.ir

Ministry of Energy
Water and Wastewater Standards and Projects Bureau
seso.moe.org.ir

2021

این ضابطه

چگونگی انتخاب و نحوه بهره‌برداری از سازه‌های تنظیم و اندازه‌گیری جریان، ثبت و نگهداری و پردازش داده‌ها و اشکال مختلف گزارش‌دهی را در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ارائه می‌کند.

در این ضابطه اصول کلی و اطلاعات پایه‌ای روابط تجربی اندازه‌گیری جریان به صورت کلی توضیح داده می‌شود، شبکه نقاط اندازه‌گیری، نوع و ترکیب تجهیزات و سازه‌ها به روشنی تعریف‌شده و سازمان کلی و وظایف و مسوولیت‌های افراد و دستورالعمل‌های لازم مشخص می‌گردد. امکانات و محدودیت‌های سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری و ضوابط انتخاب و نحوه بهره‌برداری از این تجهیزات در شبکه‌های آبیاری ثقلی و تحت فشار در مراحل مطالعه و طراحی، ساخت و بهره‌برداری ارائه می‌شود. همچنین ضوابط و معیارهای بازرسی تجهیزات سامانه اندازه‌گیری و راهکارهای تشخیص مشکلات هریک از سازه‌های اندازه‌گیری در دست بهره‌برداری و یا ساخت، تشریح می‌شود. در عین حال در کنار معرفی چند نوع سازه اندازه‌گیری کاربردی مورد استقبال در شبکه‌ها، انواع و مشخصات تکامل یافته چند نوع سازه اندازه‌گیری مرسوم در شبکه‌های کشور معرفی می‌شود.