INSO
20570
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۵۷۰
چاپ اول
۱۳۹۴

هیدرومتری- اندازه‌گیری شارش مایع در کانال‌های باز با استفاده از جریان‌سنج‌ها یا شناورها

Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels using currentmeters or floats

ICS:17.120.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید.

سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . هم‌چنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمونگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«هیدرومتری- اندازه‌گیری شارش مایع در کانال‌های باز با استفاده از جریان‌سنج‌ها یا شناورها»

رئیس :	**سمت و/ یا نمایندگی**
زارع نیستاک، محمد (دکترای اقلیم‌شناسی)	عضو هیئت علمی پژوهشگاه شاخص پژوه
دبیر :	
نوریزاده دهکردی، اشکان (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت اندیشه فاخر شهرکرد
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدی مطلق، امیررضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	دفتر معیارها واستانداردهای وزارت نیرو
الیاسی، حسین (کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی)	شرکت مدیریت منابع آب
اوحدی، افشین (کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)	سازمان ملی استاندارد ایران
دایی جواد، حسین (کارشناسی مهندسی متالورژی)	اداره کل استاندارد استان چهارمحال و بختیاری
غلامی ارجنکی، زهرا (کارشناسی ارشد شیمی)	اداره آب وفاضلاب استان چهارمحال وبختیاری
فتوحی، رجبعلی (کارشناسی ارشد مهندسی آب‌های سطحی)	شرکت مدیریت منابع آب
قادری، مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی الکترونیک)	کارخانه صاایران اصفهان
محمودی‌نیا، مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)	دانشگاه علم وصنعت ایران

مردانی، محمد
(کارشناسی مهندسی عمران)
اداره کل استاندارد استان
چهارمحال‌وبختیاری

میرصالحی، سیدعلی
(کارشناسی ارشد متالورژی)
پژوهشگاه مواد و انرژی

نوریزاده دهکردی ، احسان
(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)
شرکت اندیشه فاخر شهرکرد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
	پیش گفتار	ه
	مقدمه	و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات وتعاریف	۲
۴	اصول مربوط به روش‌های اندازه‌گیری	۲
۵	انتخاب و نشانه‌گذاری مکان	۲
۵-۱	انتخاب مکان	۲
۵-۲	نشانه‌گذاری مکان	۴
۶	اندازه‌گیری مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی	۴
۶-۱	کلیات	۴
۶-۲	اندازه‌گیری عرض	۵
۶-۳	اندازه‌گیری عمق	۵
۷	اندازه‌گیری سرعت	۷
۷-۱	اندازه‌گیری سرعت با استفاده از جریان‌سنج‌ها	۷
۷-۱-۱	جریان سنج های چرخشی	۷
۷-۱-۲	جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی	۷
۷-۱-۳	روش اجرایی اندازه‌گیری	۸
۷-۱-۴	شارش مایل	۹
۷-۱-۵	تعیین سرعت متوسط در یک نشان عمودی	۱۰
۷-۱-۶	خطاها و محدودیت‌ها	۱۵
۷-۲	اندازه‌گیری سرعت با استفاده از شناورها	۱۵
۷-۲-۱	کلیات	۱۵
۷-۲-۲	انتخاب مکان	۱۵
۷-۲-۳	روش اجرایی اندازه‌گیری	۱۶

۴-۲-۷ انواع شناور ۱۶
۵-۲-۷ تعیین سرعت ۱۷
۶-۲-۷ منابع اصلی خطا ۱۸
۸ محاسبه تخلیه ۱۸
۱-۸ کلیات ۱۸
۲-۸ روش نموداری ۱۹
۱-۲-۸ انتگرال‌گیری- سرعت- عمق ۱۹
۲-۲-۸ روش انتگرال‌گیری مساحت- سرعت(روش سرعت- شماره‌انداز) ۲۰
۳-۸ روش‌های حسابی ۲۱
۱-۳-۸ روش مقطع متوسط ۲۱
۲-۳-۸ روش مقطع میانی ۲۲
۴-۸ روش نشان عمودی مستقل ۲۳
۵-۸ روش مقطع متوسط- صفحات افقی ۲۶
۶-۸ تعیین تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های سرعت شناور سطحی ۲۶
۷-۸ تعیین تخلیه مربوط به تغییرات سطح آب ۲۸
۱-۷-۸ کلیات ۲۸
۲-۷-۸ محاسبه تخلیه ۲۸
۳-۷-۸ محاسبه سطح آب متوسط ۲۸
۹ عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری شارش ۲۹
۱-۹ کلیات ۲۹
۲-۹ تعریف عدم‌قطعیت ۳۰
۳-۹ روش محاسبه عدم‌قطعیت در تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری سرعت توسط‌جریان‌سنج ۳۱
۱-۳-۹ کلیات ۳۱
۲-۳-۹ عدم‌قطعیت‌های مشارکتی ۳۱
۳-۳-۹ مثال ۳۲
۴-۳-۹ عدم‌قطعیت ترکیبی ۳۳
۴-۹ روش محاسبه عدم‌قطعیت تخلیه با اندازه‌گیری سرعت به وسیله شناورها ۳۳
۱-۴-۹ کلیات ۳۳
۲-۴-۹ عدم‌قطعیت‌های مشارکتی ۳۴
۳-۴-۹ عدم قطعیت ترکیبی در تخلیه ۳۴

۹-۴-۴ مثال ۳۵
پیوست الف (اطلاعاتی) تصحیح برای خم‌شدن، کشیدگی، شیب و دما در اندازه‌گیری عرض مقطع عرضی به وسیله نوار یا سیم ۳۶
پیوست ب (اطلاعاتی) اندازه‌گیری فاصله در طی مقطع عرضی ۳۹
پیوست پ (اطلاعاتی) تصحیح‌های برای طول مرطوب‌شده سیم در زمان اندازه‌گیری عمق‌ها با استفاده از سیمی که بر سطح عمود نیست ۴۳
پیوست ت (اطلاعاتی) تصحیح‌های برای راندگی ۴۶
پیوست ث (اطلاعاتی) عدم‌قطعیت‌های برای اندازه‌گیری مساحت(سطح مقطع)- سرعت ۴۷
پیوست ج (اطلاعاتی) تعیین سرعت متوسط از اندازه‌گیری‌های شناور ۴۸
پیوست چ (اطلاعاتی) کتاب‌نامه ۵۵

پیش گفتار

استاندارد «هیدرومتری- اندازه‌گیری شارش مایع در کانال‌های باز با استفاده از جریان‌سنج‌ها یا شناورها» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت مهندسی اندیشه فاخر شهرکرد تهیه و تدوین شده است و در دویست و هفتاد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۰۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 748:2007, Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats

هیدرومتری- اندازه‌گیری شارش مایع در کانال‌های باز با استفاده از جریان‌سنج‌ها یا شناورها

۱ هدف ودامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی است که بر اساس آن‌ها سرعت و مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی آب شارش یافته در کانال‌های باز عاری از پوشش یخ تعیین و متعاقب آن تخلیه[1] محاسبه می‌شود.
این استاندارد روش‌هایی که در آن‌ها برای محاسبه سرعت‌ها از جریان‌سنج‌ها[2] یا شناورها[3] استفاده می‌شود را در بر می‌گیرد. هچنین بهتر است یادآوری شود که اگرچه در بعضی موارد این اندازه‌گیری‌ها به‌منظور تعیین رابطه تخلیه-تراز موجود در یک ایستگاه پایش[4] انجام می‌شوند، این استاندارد تنها با اندازه‌گیری‌های تکی مربوط به تخلیه ارتباط دارد؛ استانداردهای ISO 1100-1 وISO 1100-2 شامل ثبت پیوسته تخلیه‌ها در یک بازه زمانی هستند.

یادآوری- روش‌های تعیین سرعت و مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی آب شارش یافته در کانال‌های باز دارای پوشش یخ در استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۴، آورده شده‌اند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد،اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است.
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۹۶۷۹: هیدرومتری- جریان سنج های چرخشی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۰۵: هیدرومتری-کالیبراسیون جریان سنج ها در مخازن باز

2-3 ISO 772, Hydrometry — Vocabulary and symbols

2-4 ISO 1088, Hydrometry — Velocity-area methods using current-meters — Collection and processing of data for determination of uncertainties in flow measurement

2-5 ISO/TS 15768, Measurement of liquid velocity in open channels — Design, selection and use of electromagnetic current meters

1- Discharge
2- Current-meters
3- Floats
4- Gauging station

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف ارایه شده در استاندارد ISO 772 به کار می‌روند.

۴ اصول روش‌های اندازه‌گیری

۴-۱ اصول این روش‌های اندازه‌گیری شامل تعیین سرعت و مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی است. یک مکان اندازه‌گیری براساس الزامات تعیین‌شده (به بند۵ مراجعه شود)، انتخاب می‌شود؛ عرض این مکان بسته به اندازه آن، با استفاده از نوار فولادی یا سایر روش‌های نقشه‌برداری اندازه‌گیری می‌شود. هم‌چنین عمق در تعدادی نقطه(به‌صورت نشان عمودی مشخص شده‌اند) که در امتداد عرض قرار دارند و برای تعیین شکل و مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی مناسب هستند، اندازه‌گیری می‌شود(به بند۶ مراجعه شود).
مشاهدات سرعت با استفاده از جریان‌سنج‌ها، مخصوصاً در مورد بسترهای ناپایدار، ترجیحاً در زمان‌های مشابه با اندازه‌گیری عمق و در هر نشان عمودی انجام می‌شود.
هم‌چنین می‌توان مشاهدات سرعت را با استفاده از شناورهای سطحی یا میله‌های سرعت(به بند۷-۲ مراجعه شود)، انجام داد.

۴-۲ تخلیه را یا می‌توان به‌صورت محاسباتی، و یا با استفاده از جمع‌کردن محصولات سرعت و مساحت(سطح مقطع) که از یک سری مشاهدات منفرد انجام گرفته در مقطع عرضی به دست می‌آیند، به‌صورت نموداری محاسبه کرد.

۵ انتخاب و نشانه‌گذاری مکان

۵-۱ انتخاب مکان

بهتر است مکان انتخاب شده تا حد امکان مطابق با الزامات زیر باشد.

الف- به‌منظور حداقل کردن توزیع سرعت غیرطبیعی، بهتر است کانال مستقیم و مقطع عرضی و شیب آن یکنواخت باشد. زمانی که طول کانال محدود باشد، برای اندازه‌گیری‌های جریان‌سنجی بهتر است طول مستقیم جریان بالادست[1] حداقل دوبرابر جریان پایین‌دست[2] آن باشد.

ب- بهتر است جهت‌های شارش مربوط به تمامی نقاط نشان عمودی که در امتداد عرض کانال قرار دارند با یکدیگر موازی باشند و با مقطع اندازه‌گیری زاویه قائمه بسازند.

پ- به منظور تسهیل اندازه‌گیری درستی مقطع عرضی و کسب اطمینان از یکنواخت بودن شرایط در هنگام

1- Upstream
2- Downstream

و در بین الزامات تخلیه، بهتر است بستر و حاشیه کانال پایدار و در تمامی ترازها به خوبی تعریف شده باشند.

ت- بهتر است منحنی‌های توزیع سرعت‌ها در صفحات افقی و عمودی اندازه‌گیری، منظم باشند؛

ث- هم‌چنین بهتر است شرایط مقطع و اطراف آن به‌گونه‌ای باشند تا از تغییراتی که در طی بازه اندازه‌گیری و در توزیع سرعت ایجاد می‌شود، جلوگیری کنند.

ج- بهتر است از مکان‌های دارای گردابه‌ها، شارش معکوس یا آب راکد صرف نظر کرد.

چ- بهتر است مقطع اندازه‌گیری در امتداد عرض خود به خوبی قابل مشاهده باشد و توسط درختان، گیاهان آبزی و سایر موانع، مسدود نشود.

ح- اندازه‌گیری شارش پل‌ها می‌تواند مناسب باشد و در بعضی مواقع از نظر عرض، عمق و سرعت نمونه‌برداری مسیر ایمن‌تری است. در زمان پایش پل با استفاده از پایه‌های مجزا[1]، بهتر است هر مقطع کانال به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شود. زمانی که از دهانه پل مقدار آب اضافی عبورکند و یا مسدود شده باشد، بهتر است در تعیین توزیع سرعت به‌صورت ویژه احتیاط کرد.

خ- بهتر است عمق آب در مقطع و در تمامی ترازها به حد کافی زیاد باشد تا بتوان هر جریان‌سنج یا شناور مورد استفاده را به صورت موثر در آب غوطه‌ور ساخت.

د- اگر مکان به‌صورت یک ایستگاه دائمی باشد، بهتر است این مکان و تمامی تجهیزات اندازه‌گیری ضروری آن در هر زمان به راحتی قابل دسترس باشند.

ذ- در صورتی که پمپ‌ها، دریچه‌های تخلیه و دهانه‌های آبریز در هنگام اندازه‌گیری، با عمل‌کردن خود شرایطی شبیه به شارش ناپایدار ایجاد کنند، بهتر است مقطع مورد نظر در مکانی دور از این موارد باشد.

ر- بهتر است از مکان‌هایی که در آن‌ها شارش هم‌گرا یا واگرا وجود دارد، صرف‌نظر کرد.

ز- در آن مواردی که ضروری است اندازه‌گیری‌ها در اطراف پل انجام شود، ترجیحاً مکان اندازه‌گیری در جریان بالادست پل باشد. اما در موارد خاص و در مکانی که تجمع یخ، کُنده درخت‌ها و مواد زائد اتفاق می‌افتد، مورد قبول است که مکان اندازه‌گیری در جریان پایین‌دست پل باشد.

س- اندازه‌گیری شارش زیر پوشش یخ با استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۴ ارتباط دارد. در مورد جریان‌هایی که در معرض تشکیل پوشش یخ قرار دارند، در فصلی از سال که آب آزاد باشد، می‌توان از الزامات اندازه‌گیری تعیین شده در این استاندارد استفاده کرد.

ش- تحت شرایط خاص شارش یا سطح رودخانه، ممکن است انجام اندازه‌گیری‌ها با استفاده از جریان‌سنج و بر روی مقاطعی به‌غیر از مقاطع مربوط به مکان انتخاب شده اصلی، ضروری باشد. اگر در حاشیه تداخل‌کننده رودخانه هیچ‌گونه تلفات یا فواید اندازه‌گیری نشده قابل توجهی وجود نداشته باشد و تمامی اندازه‌گیری‌های شارش را بتوان به هریک از مقادیر تراز ثبت‌شده در مقطع مرجع اصلی مرتبط کرد، مورد ذکر شده در بالا کاملاً مورد پذیرش است.

1- Divide piers

۵-۲ نشانه‌گذاری مکان

۵-۲-۱ اگر مکان به‌صورت یک ایستگاه دائمی باشد و یا احتمالا در اندازه‌گیری‌های آینده به‌صورت مداوم استفاده شود، بهتر است مقطع عرضی و تعیین تراز آن نشانه‌گذاری شود. در جایی که مکان موردنظر تنها یک‌بار، یا به‌صورت غیرمداوم، استفاده شود بهتر است برای کسب اطمینان از این‌که سطح آب و/یا شارش در طی بازه اندازه‌گیری تغییر نکند، احتیاط کرد.

۵-۲-۲ موقعیت هر مقطع عرضی، عمود بر جهت متوسط شارش، باید با استفاده از نشان‌گرهایی که به وضوح قابل رویت و به راحتی قابل تشخیص باشند، بر روی دو کناره کانال تعریف شود. در جایی که مکان در معرض پوشش برف قابل‌توجه قرار دارد، برای اشاره به موارد دیگر مانند توده سنگ‌های صخره‌ای[1] می‌توان از نشان‌گرهای خطی مقطع عرضی استفاده کرد.

۵-۲-۳ تراز باید در فاصله‌های زمانی سرتاسر بازه اندازه‌گیری از دستگاه پایش، قرائت و سطح مبنای دستگاه پایش به میزان دقیقی به سطح مبنای استاندارد ارتباط داده شود.

۵-۲-۴ در جایی که بین سطح رویه آب در دو کناره احتمال اختلاف وجود داشته باشد، در کناره مقابل باید یک دستگاه پایش کمکی نصب کرد. این امر به‌خصوص در مورد رودخانه‌های بسیار پهن حایز اهمیت است. متوسط اندازه‌گیری‌های به‌دست آمده از دو دستگاه پایش باید به عنوان سطح متوسط رویه آب و پایه‌ای برای پروفیل مقطع عرضی جریان، استفاده شود.

۶ اندازه‌گیری مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی

۶-۱ کلیات

برای ایجاد شکل بستر، باید پروفیل مقطع عرضی کانال باز ایستگاه پایش در نقاط با تعداد مناسب تعیین شود.
مکان هر نقطه با استفاده از اندازه‌گیری فاصله افقی آن نقطه نسبت به نقطه مرجع تثبیت‌شده، روی یک کناره کانال و در امتداد مقطع عرضی، تعیین می‌شود. این امر به نوبه خود در مکان‌هایی که سرعت‌ها محاسبه می‌شوند، امکان محاسبه مساحت(سطح مقطع) قسمت‌های منفرد که توسط نشان‌های عمودی متوالی، جدا می‌شوند را فراهم می‌آورد.

۶-۲ اندازه‌گیری عرض

۶-۲-۱ اندازه‌گیری عرض کانال و عرض قسمت‌های منفرد را می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری فاصله افقی از نقطه مرجع تثبیت‌شده که باید در سطح مشابه با مقطع عرضی مکان اندازه‌گیری باشد، انجام داد.

1- Rock cairns

۶-۲-۲ در جایی که عرض کانال اجازه دهد این فاصله‌های افقی باید با استفاده از وسایل مستقیم، به‌عنوان مثال یک نوار مدرج یا سیمی که به‌صورت مناسب نشانه‌گذاری شده، اندازه‌گیری شود و هم‌چنین در هنگام اعمال تصحیح‌های ارائه شده در پیوست الف، احتیاط شود. فاصله‌های بین نشانه‌های عمودی، یعنی عرض قسمت‌ها، باید به‌صورت مشابه اندازه‌گیری شوند.

۶-۲-۳ در جایی که کانال بسیار پهن‌تر از آن است که با استفاده از روش‌های اشاره شده در بالا اندازه‌گیری شود، و از قایق استفاده می‌شود، فاصله افقی را می‌توان با استفاده از فاصله‌سنج‌های الکتریکی یا اپتیکی و یک سامانه موقعیت‌یاب جهانی[1] یا یکی از روش‌های نقشه‌برداری ارائه شده در پیوست ب، تعیین کرد.

۶-۳ اندازه‌گیری عمق

۶-۳-۱ عمق باید در فاصله‌هایی اندازه‌گیری شود که این فاصله‌های برای تعریف دقیق مقطع عرضی، مناسب باشند. بهتر است تعداد نقاطی که در آن‌ها عمق باید اندازه‌گیری شود مشابه با تعداد نقاطی باشد که در آن‌ها سرعت اندازه‌گیری می‌شود(به بند ۷-۱-۳ مراجعه کنید).

۶-۳-۲ عمق را باید با استفاده از میله‌های عمق‌یاب[2] یا خط‌های عمق‌یاب[3] یا سایر وسایل مناسب، اندازه‌گیری کرد. جایی از کانال که عمق مناسب باشد، می‌توان از یک ژرف‌یاب آوایی[4] استفاده کرد. درصورتی که سرعت زیاد و کانال به اندازه کافی عمیق باشد ترجیحاً از ژرف‌یاب آوایی یا سایر وسایلی که نیاز به تصحیح‌های وسیع ندارند استفاده می‌شود. هنگام تلاش برای اندازه‌گیری عمق در مرتبه‌های سرعت بالا، ممکن است مشکل پدید آید. پیوست پ این استاندارد روش‌های جایگزین را ارائه می‌دهد.

۶-۳-۳ هنگام استفاده از یک میله عمق‌یاب یا خط عمق‌یاب، مناسب است که در هر نقطه حداقل دو قرائت انجام و مقدار متوسط آن در محاسبات مورد استفاده قرار گیرد و اگر اختلاف بین دو مقدار بیش از ٪۵ باشد در این صورت باید دو قرائت دیگر انجام شود. در صورتی که اختلاف این دو قرائت در محدوده ٪۵ باشد، باید در محاسبه، پذیرفته و دو قرائت اولیه نادیده گرفته شوند. در صورتی که اختلاف این دو قرائت، دوباره بیش از ٪۵ باشد نیاز به قرائت بیشتری نیست اما متوسط چهار قرائت باید در محاسبه استفاده شود؛ البته درستی این اندازه‌گیری کاهش می‌یابد.

1- Global Positioning System
2- Sounding-rods
3- Sounding-lines
4- Echo-sounder

هنگام استفاده از ژرف‌یاب آوایی، همیشه باید از چندین قرائت در هرنقط، میانگین گرفت. دستگاه باید به‌طور منظم و تحت شرایط دمایی و شوری[1] مشابه با آبی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود، تحت کالیبراسیون قرار گیرد.
در جایی که امکان انجام بیش از یک قرائت از عمق وجود نداشته باشد، ممکن است عدم‌قطعیت اندازه‌گیری افزایش یابد.
۶-۳-۴ جایی که اندازه‌گیری‌های عمق از سرعت، جدا و سطح آب ناپایدار باشد، سطح آب باید در هر بار اندازه‌گیری عمق، مشاهده شود. اگر انجام چنین کاری ممکن نباشد، سطح آب باید در فاصله‌های زمانی مناسب با زمان مربوط به هر بار تعیین عمق که توسط درون‌یابی به دست می‌آید، مشاهده شود.

۶-۳-۵ هنگام ایجاد تغییرات محسوس پروفیل بستر در طی تعیین تخلیه، بهتر است اندازه‌گیری عمق به این صورت انجام شود که در آغاز از هر نقطه یک قرائت عمق انجام شود و در پایان اندازه‌گیری سرعت در هر نشان عمودی نیز یک قرائت دیگر انجام شود و در نهایت مقدار متوسط این دو اندازه‌گیری باید به‌عنوان عمق موثر در نظر گرفته شود. هنگام تکرار عملیات عمق‌یابی باید احتیاط کرد تا بستر آشفته نشود.

۶-۳-۶ عدم‌درستی‌های موجود در عمق‌یابی به احتمال زیاد ناشی از موارد زیر است:
الف- انحراف خط یا میله عمق‌یاب از حالت عمودی، به خصوص در آب عمیق، هنگامی که سرعت زیاد است؛
ب- ایجاد سوراخ در بستر توسط میله یا وزنه عمق‌یاب؛
پ- ماهیت بستر در زمان استفاده از ژرف‌یاب آوایی.
خطاهای ناشی از مورد الف را می‌توان با استفاده از یک ژرف‌یاب آوایی یا وسیله اندازه‌گیری فشار،در جایی که قابل کاربرد هستند، به حداقل مقدار رساند. اثر مقاومت خط عمق‌یاب را می‌توان با استفاده از قرار دادن یک وزنه سربی ساده در انتهای یک سیم نازک، کاهش داد. در صورتی که سیم به سطح آب عمود نباشد، طول مرطوب شده باید تصحیح شود. از نظر عدم‌درستی‌های موجود، بهتر است زاویه انحراف خط عمق‌یاب بیشتر از 30° نباشد. دو روش جایگزین مربوط به تصحیح کردن در پیوست پ ارائه شده است.
خطاهای ناشی از مورد ب را می‌توان با استفاده از نصب کردن یک صفحه مبنا به انتهای پایینی میله عمق‌یاب یا با تثبیت یک دیسک به انتهای خط عمق‌یاب، کاهش داد، با این شرط که این سطح یا دیسک در سرعت‌های زیاد سبب ایجاد سایش بیشتر مواد بستر نرم نشوند.
خطاهای ناشی از مورد پ را می‌توان با انتخاب یک فرکانس ژرف‌یاب آوایی مناسب که فصل مشترک آب- بستر را به‌خوبی نمایش دهد، کاهش داد.

1- Salinity

۶-۳-۷ در موارد خاص، به عنوان مثال سیلاب‌ها، ممکن است تعیین یک پروفیل مناسب از مقطع عرضی در طی اندازه‌گیری غیرممکن باشد. در این موارد، پروفیل کامل باید با استفاده از روش‌های نقشه‌برداری در قبل یا بعد از اندازه‌گیری، تعیین شود. اما، بهتر است مشخص شود که این روش در معرض خطاهای ناشی از فرسایش یا رسوب‌گذاری ممکن در مقطع عرضی و در بین زمان تعیین پروفیل و اندازه‌گیری تخلیه، قرار دارد.

۷ اندازه‌گیری سرعت

۷-۱ اندازه‌گیری سرعت با استفاده از جریان‌سنج‌ها

۷-۱-۱ جریان سنج های چرخشی[1]

جریان‌سنج‌های چرخشی باید مطابق استانداردهای ملی ایران شماره ۹۶۷۹ و ۱۱۴۰۵، تولید، کالیبره و نگهداری شوند. بهتر است این جریان‌سنج‌ها تنها در گستره کالیبره شده مربوط به خود مورد استفاده قرار گیرند و بر روی تجهیزات معلق مشابه با موارد مورد استفاده در طی کالیبراسیون، نصب شوند.

عدم‌قطعیت مربوط به تعیین سرعت، در اطراف پایین‌ترین سرعت پاسخ‌گویی، زیاد است. هنگام اندازه‌گیری سرعت‌های نزدیک به پایین‌ترین سرعت پاسخ‌گویی، بهتر است احتیاط کرد.

در مورد جریان‌سنج‌های پروانه‌ای یا در جاهایی که ضریب کاهشی موجود است، به منظور اندازه‌گیری صحیح بیش‌ترین سرعت به وسیله شمارنده گردشی باید از پروانه استفاده کرد.

در جایی که عمق نقطه اندازه‌گیری از هریک از دو مورد زیر یعنی چهاربرابر قطر پروانه یا خود بدنه جریان‌سنج، که بزرگ‌تر است، کمتر باشد، نباید از جریان‌سنج چرخشی استفاده کرد. هیچ مقطع جریان‌سنج نباید سطح آب را بشکند. مورد استثنا در جایی است که مقطع عرضی در یک سمت بسیار کم‌عمق باشد ولی در همان سمت بهترین دسترسی را دارد.

۷-۱-۲ جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی

جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی برای اندازه‌گیری‌های سرعت نقطه‌ای، مورد قبول هستند. مزیت این جریان‌سنج‌ها این است که دارای مقطع‌های متحرک نیستند و در نتیجه عدم‌قطعیت مربوط به اصطکاک و مقاومت در مورد آن‌ها وجود ندارد. بهتر است این جریان‌سنج‌ها در سرتاسر گستره سرعتی که در آن مورد استفاده قرار می‌گیرند، کالیبره شوند و هم‌چنین بهتر است الزامات درستی مشابه با جریان‌سنج‌های چرخشی را تامین کنند. بهتر است این جریان‌سنج‌ها در خارج از گستره کالیبراسیون، استفاده نشوند. ممکن است جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی قادر به انجام عملیات در عمق‌های کمتر از جریان‌سنج‌های چرخشی باشند و شارش برگشتی را تشخیص و اندازه‌گیری کنند.

1- Rotating-element current-meters

در جایی که عمق نقطه اندازه‌گیری از سه برابر ضلع عمودی کاوش‌گر(به استاندارد ISO/TS 15768 مراجعه شود) کوچک‌تر باشد، نباید از جریان‌سنج الکترومغناطیسی استفاده کرد. مورد استثنا در جایی است که مقطع عرضی در یک سمت بسیار کم‌عمق باشد ولی در همان سمت بهترین دسترسی را دارد.

۷-۱-۳ روش اجرایی اندازه‌گیری

مشاهدات سرعت معمولاً در زمان‌های مشابه با اندازه‌گیری‌های عمق، انجام می‌شود. این روش به ویژه باید در مورد بسترهای ناپایدار استفاده شود. اما در جایی که دو اندازه‌گیری در زمان‌های متفاوت انجام شود، مشاهدات سرعت باید در تعداد مناسبی مکان انجام شود و فاصله افقی بین مشاهدات باید مطابق آن‌چه که در بندهای ۶-۲-۲ و ۶-۲-۳ شرح داده شده، اندازه‌گیری شود.

برای قضاوت در مورد n تعداد معین نشان عمودی در کانال‌های کوچک(۵m >) که به‌منظور تعیین شارش در موقعیت ویژه تعریف می‌شود، ضوابط زیر باید به کار برده شوند. این ضوابط باید دارای کمترین الزام باشد و بهتر است کاهش این اعداد تنها منجر به محدودیت‌های عملی زمان، هزینه‌ها یا شرایط مکانی شوند.

- عرض کانال < ۰٫۵m ۵ تا ۶ =n
- عرض کانال > ۰٫۵m و < ۱m ۶ تا ۷ =n
- عرض کانال > ۱m و < ۳m ۷ تا ۱۲ =n
- عرض کانال > ۳m و < ۵m ۱۳ تا ۱۶=n
- عرض کانال > ۵m n ≥۲۲

تعداد نشان‌های عمودی مربوط به کانال‌ها با عرض > ۵m، باید به نحوی انتخاب شود که تخلیه در هر قسمت، تا آن‌جا که ممکن است، کمتر از ٪۵ مقدار کل باشد و بهتر است در هیچ موردی از ٪۱۰ تجاوز نکند.

در تمام موارد، علاوه بر موضوعات بالا، عمق بر روی لبه آب نیز اندازه‌گیری می‌شود. بهتر است اولین و آخرین نشان عمودی تا آن‌جا که از نظر عملی امکان‌پذیر است، به لبه آب نزدیک باشند.

علاوه براین توصیه می‌شود که مکان نشان‌های عمودی پس از انجام بررسی مقطع عرضی، انتخاب شود.

در مورد کانال‌های کم‌عمق باید جریان‌سنج را با استفاده از میله آب‌انداز[1] در هر نشان عمودی با موقعیت مناسب نگه‌داشت یا در مورد کانال‌های عمیق‌تر آن را با استفاده از کابل یا میله معلق کرد. جریان‌سنج باید به نحوی نگه‌داشته شود که تحت تاثیر آشفتگی‌ها شارش قرار نگیرد.

در سرعت‌هایی پایین، به‌عنوان مثال سرعت‌های کم‌تر از ۰٫۱۵m/s، بهتر است از شمارنده‌های جریان‌سنج یا نماشگرهای سرعت با صفحه نمایش دیجیتالی دارای قدرت تفکیکی پایین استفاده نشود.

هنگامی که جهت‌یابی جریان‌سنج قابل کنترل باشد، به عنوان مثال زمانی که دستگاه پایش آب‌انداز همراه با میله باشد، بهتر است جریان‌سنج نسبت به مقطع عرضی اندازه‌گیری در زوایای قائمه قرار گیرد. در جایی که شارش مایل اتفاق بیافتد، یا مقطع عرضی نسبت به جهت شارش در زوایای قائمه نباشد(به بند ۷-۱-۴ مراجعه شود) و

1-Wading rod

جریان‌سنج معلق باشد، جریان‌سنج خودش را با جهت شارش هم‌تراز می‌کند. در این موارد باید اجازه داد که جریان‌سنج قبل از آغاز کردن قرائت‌ها، با شارش تنظیم شود.
برای کسب اطمینان از این‌که مشاهدات جریان‌سنج تحت تاثیر امواج سطحی و باد اتفاقی قرار نگیرد، بهتر است احتیاط کرد.
هنگامی که تعدادی از نقاط مربوط به نشان‌های عمودی اندازه‌گیری شوند، برای اندازه‌گیری سرعت‌های متناظر می‌توان از تعدادی جریان‌سنج تثبیت شده به میله یا کابل مشابه، به صورت هم‌زمان استفاده کرد در حالی که باید مطمئن شد این کار سبب ایجاد تداخل دوطرفه نمی‌شود.
اگر در کابلی که جریان‌سنج از آن معلق شده انحراف محسوسی به وجود آید، عمق نقطه اندازه‌گیری شده باید تصحیح شود. در این مورد هیچ عامل تصحیح قابل کاربرد کلی نمی‌توان ارائه کرد اما کاربر باید تصحیح مناسب دستگاه مخصوص یا شرایط اندازه‌گیری را تعیین کند(به پیوست پ مراجعه شود).

یادآوری- انتخاب و استفاده از تجهیزات تعلیق مناسب در استانداردهای ملی ایران به شماره ۹۶۷۹ و ۱۱۴۰۵ شرح داده شده است.

سرعت هر نقطه انتخاب شده باید به این صورت مشاهده شود که جریان‌سنج برای مدت حداقل ۳۰s در معرض دید قرار گیرد.
جایی که سرعت در معرض نوسانات دوره‌ای بیشتر از ۳۰s قرار دارد، متعاقباً زمان در معرض دید قرار گرفتن هم باید افزایش پیدا کند(به استاندارد ISO 1088 مراجعه شود).
جریان‌سنج را معمولاً زمانی که از یک نشان عمودی به نشان دیگر انتقال می‌دهند باید در فاصله‌های زمانی مربوط به آزمایش چشمی، از آب بیرون و یا به روی سطح آن بیاورند.
بهتر است برای کسب اطمینان از عمل‌کردن آزادانه سازوکار جریان‌سنج، آزمون چرخش را در جای مناسب خود و قبل و بعد از هر اندازه‌گیری تخلیه انجام داد(به استاندارد ملی ایران شماره ۹۶۷۹ مراجعه شود).
در کانال‌هایی که شارش ناپایدار است، نه تنها با مشاهده تغییر تراز بلکه با اندازه‌گیری مداوم سرعت در تعدادی نقطه انتخاب شده مناسب در جریان اصلی نیز می‌توان تغییرات مربوط به تخلیه در طی بازه زمانی اندازه‌گیری را تصحیح کرد.

۷-۱-۴ شارش مایل

اگر شارش مایل اجتناب‌ناپذیر باشد، باید زاویه بین جهت شارش و راستای عمود بر مقطع عرضی را اندازه‌گیری کرد و سرعت اندازه‌گیری شده نیز تنظیم شود. به‌منظور اندازه‌گیری هم‌زمان زاویه و سرعت در یک نقطه، از دستگاه‌های ویژه‌ای که به این منظور ساخته شده‌اند، استفاده می‌شود. اما در جایی که این دستگاه‌ها در دسترس نیستند و باد قابل توجهی هم نمی‌وزد، می‌توان فرض کرد که زاویه شارش در سرتاسر نشان عمودی مشابه با زاویه مشاهده شده در سطح آب است. درصورتی که اپراتور بالای نشان عمودی اندازه‌گیری قرار بگیرد، این زاویه

را می‌توان با استفاده از تجهیزات مناسب، اندازه‌گیری کرد. اگر کانال بسیار عمیق یا پروفیل بستر موضعی به سرعت در حال تغییر باشد، بدون تاییدیه نمی‌توان فرض را مانند بالا تصور کرد.

اگر زاویه اندازه‌گیری شده بین جهت شارش و راستای عمود بر مقطع عرضی، θ باشد، سرعت مورد استفاده برای محاسبه تخلیه شارش باید به صورت زیر باشد:

$$\gamma_{corrected} = \gamma_{measured} \cos\theta \qquad (۱)$$

یادآوری- تعدادی جریان‌سنج مجهز می‌شوند تا زمانی که در شارش مایل، جهت سرعت در حالت عمود بر مقطع عرضی اندازه‌گیری قرار گرفته، جزء عمود جهت سرعت را اندازه‌گیری کنند.

۷-۱-۵ تعیین سرعت متوسط در یک نشان عمودی

۷-۱-۵-۱ انتخاب و طبقه‌بندی

انتخاب روش برای تعیین سرعت، وابسته به عوامل خاصی است. این عوامل عبارتند هستند از: زمان دسترسی، عرض و عمق کانال، شرایط بستر در مقطع اندازه‌گیری و حاشیه جریان پایین‌دست، سرعت تغییر سطح، درجه درستی مورد نظر و تجهیزات مورد استفاده.

این روش‌ها به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

الف- روش توزیع سرعت(به بند ۷-۱-۵-۲ مراجعه شود)؛

ب- روش‌های نقطه کاهش یافته(به بند ۷-۱-۵-۳ مراجعه شود)؛

پ- روش انتگرال‌گیری (به بند ۷-۱-۵-۴ مراجعه شود).

۷-۱-۵-۲ روش توزیع سرعت

با استفاده از این روش، مقادیر سرعت از مشاهدات انجام گرفته بر روی تعدادی نقطه مربوط به نشان‌های عمودی بین سطح آب و بستر کانال، به دست می‌آیند. بهتر است تعداد و فاصله نقاط به نحوی تعیین شوند که توزیع سرعت مربوط به هر نشان عمودی را با دقت تعیین کنند تا اختلاف قرائت بین دو نقطه مجاور با در نظر گرفتن مقدار بالاتر، بیش‌تر از ٪۲۰ نباشد. بهتر است مکان قرائت‌های بالایی و پایینی انتخاب شوند و در محاسبه مشخصه تحت بندهای ۷-۱-۱ و ۷-۱-۲، مورد استفاده قرار گیرند(هم‌چنین به استاندارد ISO 1088 مراجعه شود).

سپس مشاهدات سرعت هر موقعیت به‌صورت نموداری رسم و یکای تخلیه عرض یا سرعت متوسط با استفاده از مساحت‌سنج، دیجیتایزر[1] یا روش معادل، تعیین می‌شود.

1- Digitizer

یادآوری۱- به این دلیل که ممکن است افزایش آشکار در دقت با خطاهای حاصل از تغییر تراز در طی باز زمانی طولانی مورد نیاز برای اندازه‌گیری، متوقف شود، این روش ممکن است برای استفاده در تخلیه عادی، مناسب نباشد.

یادآوری۲- اگرچه این بند در درجه اول با تعیین سرعت متوسط در نشان عمودی ارتباط دارد، ممکن است استفاده از اصول مشابه در تعیین سرعت متوسط نزدیک به دیواره یا گوشه عمودی کانال، ضروری باشد. منحنی سرعت را می‌توان با استفاده از

آخرین نقطه اندازه‌گیری شده بستر یا گوشه عمودی کانال و با محاسبه v_x از معادله(۲)، برون‌یابی کرد:

$$v_x = v_a\left(\frac{x}{a}\right)^{1/m} \quad (۲)$$

که در آن:

v_x سرعت نقطه باز در ناحیه برون‌یابی شده با فاصله x از بستر یا گوشه عمودی؛

v_a سرعت در آخرین نقطه اندازه‌گیری شده با فاصله a از بستر یا گوشه عمودی؛

m یک توان است.

سرعت متوسط، $\bar{v}$، بین پایین(یا گوشه عمودی) کانال و نزدیک‌ترین نقطه اندازه‌گیری(جایی که سرعت اندازه‌گیری v_a است) را می‌توان مستقیماً از معادله(۳)، محاسبه کرد:

$$\bar{v} = \left(\frac{m}{m+1}\right)v_a \quad (۳)$$

به طور کلی، m بین ۵ و ۷ قرار دارد اما بسته به مقاومت هیدرولیکی می‌تواند در یک گستره وسیع تغییر کند. برای بسترهای خشن یا گوشه‌های عمودی از m=۴ استفاده می‌شود در حالی که m=۱۰ مشخصه بسترهای هموار یا گوشه‌های عمودی است.

M مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$m = \frac{C_{ver}}{\sqrt{g}}\left(\frac{2\sqrt{g}}{\sqrt{g}+C_{ver}} + 0.3\right) \quad (۴)$$

که در آن:

g شتاب گرانش (m/s^2)؛

C_{ver} ضریب شزی[1] ($m^{0.5}/s$) روی یک نشان عمودی است.

یادآوری۳- روش جایگزین به‌دست آوردن سرعت در ناحیه پایین آخرین نقطه اندازه‌گیری، بر اساس این فرض است که سرعت مربوط به تعدادی فاصله از بستر کانال متناسب با لگاریتم فاصله X از مرز باشد. اگر نمودار سرعت مربوط به نقاط در دسترس بستر بر اساس log X رسم شود، بهترین خط مستقیمی که بر روی این نقاط قرار می‌گیرد می‌تواند تا مرز ادامه پیدا کند. بنابراین می‌توان سرعت‌های نزدیک به مرز را از روی نمودار قرائت کرد.

1- Chezy's coefficient

۷-۱-۵-۳ روش‌های نقطه کاهش یافته

۷-۱-۵-۳-۱ کلیات

این روش‌ها نسبت به روش‌هایی که تمام میدان سرعت را بررسی می‌کنند آسان‌تر هستند، به دلیل این‌که نسبت به روش توزیع سرعت(بند ۷-۱-۵-۲) به زمان کم‌تری نیاز دارند، به‌صورت مداوم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما اساس این روش‌ها پروفیل‌های سرعت تئوریکی است.

توصیه می‌شود که درستی روش انتخاب شده مربوط به یک مقطع پایش جدید با استفاده از مقایسه نتایج پایش‌های اولیه با نتایج به‌دست آمده از روش توزیع سرعت، ارزیابی شود.

۷-۱-۵-۳-۲ روش تک نقطه‌ای

مشاهدات سرعت مربوط به هر نشان عمودی باید با استفاده از در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج در فاصله ۰٫۶از عمق زیر سطح آب، انجام شود. مقدار مشاهده شده باید به‌صورت سرعت متوسط در نشان عمودی، به‌حساب آورده شود.

۷-۱-۵-۳-۳ روش دو نقطه‌ای

مشاهدات سرعت مربوط به هر نشان عمودی باید با استفاده از در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج در فاصله ۰٫۲ و ۰٫۸از عمق زیر سطح آب، انجام شود. میانگین دو مقدارد باید به‌صورت سرعت متوسط در نشان عمودی، به‌حساب آورده شود.

۷-۱-۵-۳-۴ روش سه نقطه‌ای

مشاهدات سرعت مربوط به هر نشان عمودی باید با استفاده از در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج در فاصله ۰٫۲، ۰٫۶ و ۰٫۸از عمق زیر سطح آب، انجام شود. ممکن است اندازه‌گیری در فاصله ۰٫۶ از عمق انجام شود و سرعت متوسط $\overline{v}$ از معادله(۵) به‌دست آید:

$$\overline{v} = 0.25(v_{0.2} + 2v_{0.6} + v_{0.8}) \quad (۵)$$

۷-۱-۵-۳-۵ روش پنج نقطه‌ای

مشاهدات سرعت مربوط به هر نشان عمودی باید با استفاده از در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج در فاصله ۰٫۲، ۰٫۶ و ۰٫۸از عمق زیر سطح آب و تا حدامکان نزدیک سطح و بستر، انجام شود. سرعت متوسط $\overline{v}$ را می‌توان با استفاده از طرح نموداری پروفیل سرعت به دست آمده از یک مساحت‌سنج یا معادله(۶) به‌دست آورد.

$$\overline{v} = 0.1(v_{surface} + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{bed}) \quad (۶)$$

۷-۱-۵-۳-۶ روش شش نقطه‌ای

مشاهدات سرعت مربوط به هر نشان عمودی باید با استفاده از در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج در فاصله ۰٫۲، ۰٫۴، ۰٫۶ و ۰٫۸از عمق زیر سطح آب و تا حدامکان نزدیک سطح و بستر(به بند ۷-۱-۵-۳-۷-۲ مراجعه شود)، انجام شود. مشاهدات سرعت مربوط به هر نقطه به‌صورت نموداری رسم و سرعت متوسط یا تخلیه عرض یکا با استفاده از یک مساحت‌سنج، تعیین می‌شود. به‌صورت جایگزین سرعت متوسط $\bar{v}$ را می‌توان با استفاده از معادله(۷) به‌صورت جبری نشان داد.

$$\bar{v} = 0.1(v_{surface} + 2v_{0.2} + 2v_{0.4} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{bed}) \quad (۷)$$

۷-۱-۵-۳-۷ روش تک نقطه‌ای سطحی

۷-۱-۵-۳-۷-۱ در شرایط زودگذر یا سایر شرایط که روش‌های بالا قابل انجام نیست، سرعت باید فقط در یک نقطه زیر سطح اندازه‌گیری شود. عمق فروبردن جریان‌سنج باید در تمام نشان‌های عمودی، یکنواخت باشد؛ برای کسب اطمینان از این‌که مشاهدات سرعت تحت تاثیر باد و امواج اتفاقی قرار نگیرد، باید احتیاط کرد. می‌توان این «سطح» سرعت را با ضرب‌کردن در ضریب ازپیش تعیین شده ویژه مقطع و تخلیه، به سرعت متوسط تبدیل کرد.

این ضریب باید با استفاده از ارتباط سرعت در سطح با سرعت در فاصله ۰٫۶از عمق یا، هر کجا که درستی بیشتر موردنظر باشد، با سرعت متوسط به‌دست آمده از یک روش دیگر که قبلاً شرح داده شده است، برای تمام ترازها، محاسبه شود.

به منظور راهنمایی کلی می‌توان یادآوری کرد که ضریب براساس شکل پروفیل بین ۰٫۸۴ و ۰٫۹۰ تغییر می‌کند؛ مقادیر بالاتر بین ۰٫۸۸ و ۰٫۹۰ معمولا زمانی که بستر هموار است، به‌دست می‌آیند.

۷-۱-۵-۳-۷-۲ استفاده از جریان‌سنج‌ها در نزدیکی سطح یا بستر کانال، باید مطابق دستورالعمل‌های تولیدکننده باشد(هم‌چنین به بندهای ۷-۱-۱ و ۷-۱-۲ مراجعه شود).

۷-۱-۵-۳-۸ روش‌های نمونه‌برداری جایگزین

در صورتی که بتوان با نتایج تجربی اثبات کرد که روش مورد استفاده از نظر درستی مشابه با موارد آورده شده در بالا است، می‌توان از روش‌های نمونه‌برداری جایگزین مربوط به تعیین سرعت نشان عمودی، در شرایط استثنایی، به عنوان مثال سرعت بالا، تراز تغییرکننده سریع یا ماده زائد شناور، استفاده کرد.

۷-۱-۵-۴ روش انتگرال‌گیری

در این روش جریان‌سنج روی هر نشان عمودی، در سرتاسر عمق با سرعت ثابت بالا و پایین می‌شود. بهتر است سرعت بالا و پایین کردن جریان‌سنج ازسرعت آب متوسط، ٪۵ بیش‌تر نباشد و هم‌چنین بهتر است در هیچ صورتی از ۰٫۰۴ m/s تجاوز نکند. بهتر است بر روی هر نشان عمودی ۲ چرخه کامل پیاده شود و در صورتی که نتایج بیش از ٪۱۰ با هم تفاوت داشته باشند، بهتر است عملیات(۲ چرخه کامل) تا زمان قرار گرفتن نتایج در این محدوده، تکرار شود.

روش انتگرال‌گیری در صورتی که زمان اندازه‌گیری مجاز به اندازه کافی طولانی(۶۰s تا ۱۰۰s) باشد، به خوبی نتیجه می‌دهد. این روش را می‌توان در عمق‌های کمتر از ۱m استفاده کرد که البته روش رایجی نیست.

سپس با استفاده از یک جریان‌سنج پروانه‌ای و در صورتی که مقدار سرعت میانگین با عدد میانگین چرخش‌ها برابر باشد(عدد میانگین چرخش‌ها از تقسیم تعدادکل چرخش‌ها به کل زمان سپری شده برای اندازه‌گیری در نشان عمودی، به دست می‌آید)، می‌توان این سرعت را از کالیبراسیون دستگاه قرائت کرد. بهتر است از عدم‌قطعیت‌های ناشی از کاربرد دستگاه‌های جریان‌سنج دارای بیش از یک معادله کالیبراسیون، اجتناب کرد.

با استفاده از جریان‌سنجی که سرعت را به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کند، مانند جریان‌سنج مغناطیسی، می‌توان با قرائت مستقیم دستگاه به سرعت متوسط نشان عمودی دست یافت.

زمانی که از یک وزنه یا میله عمق‌یاب استفاده شود امکان اندازه‌گیری سرعت در سرتاسر نشان عمودی وجود ندارد؛ برای مثال، ممکن است یک ناحیه در نزدیکی بستر کانال بدون اندازه‌گیری کردن باقی بماند. با استفاده از معادله زیر می‌توان تخلیه عرض یکای این ناحیه را تخمین زد:

$$q_u = \frac{2v_m h_f}{3} \quad (۸)$$

که در آن:

q_u تخلیه عرض یکای زیر ناحیه اندازه‌گیری؛

v_m سرعت متوسط مربوط به قسمت اندازه‌گیری شده نشان عمودی؛

h_f عمق ناحیه‌ای است که اندازه‌گیری نشده است.

به‌صورت مشابه، تخلیه عرض یکای مربوط به هر ناحیه اندازه‌گیری نشده نزدیک به سطح با استفاد ه از معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$q_s = \frac{v_m h_s}{0.9} \quad (۹)$$

که در آن:

q_s تخلیه عرض یکای بالای ناحیه اندازه‌گیری؛

v_m سرعت متوسط مربوط به قسمت اندازه‌گیری شده نشان عمودی؛

h_s عمق ناحیه‌ای است که اندازه‌گیری نشده است.

بهتر است تاجایی که ممکن است نوع تجهیزات اندازه‌گیری به‌گونه‌ای انتخاب شود که عمق ناحیه‌های اندازه‌گیری نشده را به حداقل برساند.

۷-۱-۶ خطاها و محدودیت‌ها

تخمین‌های مربوط به خطاهایی که ممکن است در زمان استفاده از روش‌های متفاوت شرح داده شده در بند ۷-۱-۵ اتفاق بیافتند، در بند ۹-۳-۳ ارائه شده‌اند. بهتر است یادآوری شود که این تخمین‌ها، خطاهای اتفاقی محتمل هستند که حتی در صورت توجه به تمام اقدام‌های احتیاطی قبل از هر عمل و در زیر آب، ممکن است اتفاق بیافتند. در صورتی که اندازه‌گیری در این شرایط مناسب انجام نشود، بهتر است در هنگام عدم‌قطعیت کلی اندازه‌گیری، عدم‌قطعیت اضافی در نظر گرفته شود.

خطاها ممکن از از موارد زیر به وجود آیند:

الف- اگر شارش ناپایدار باشد؛

ب- اگر ماده معلق بر روی عملکرد جریان‌سنج، تاثیر بگذارد؛

پ- اگر شارش منحرف شود و عوامل تصحیح مناسب به درستی مشخص نشوند؛

ت- اگر از جریان‌سنج برای اندازه‌گیری سرعت در خارج از محدوده تعیین شده توسط کالیبراسیون، استفاده شود؛

ث- اگر راه‌اندازی اندازه‌گیری(از جمله میله‌ها یا کابل‌هایی که جریان‌سنج از آن‌ها معلق می‌شود، قایق یا غیره) با آن چیزی که در طی کالیبراسیون جریان‌سنج استفاده می‌شود، تفاوت داشته باشد، که در این صورت ممکن است خطای سامانه‌ای ایجاد شود؛

ج- اگر در اثر وزش باد در سطح آب، آشفتگی قابل توجهی ایجاد شود؛

چ- اگر جریان‌سنج در طی اندازه‌گیری به صورت ثابت در مکان صحیح قرار نگیرد که در صورتی این اتفاق می‌افتد که پایش از درون قایق شناور(به پیوست ت مراجعه شود) انجام شود یا یک حرکت عرضی نوسانی اتفاق بیافتد. در مورد اخیر، برآیند سرعت شارش و سرعت‌های عرضی سبب افزایش خطاهای مثبت جدی می‌شوند.

۷-۲ اندازه‌گیری سرعت با استفاده از شناورها

۷-۲-۱ کلیات

از این روش تنها باید زمانی استفاده شود که استفاده از جریان‌سنج به دلیل مشکلات دسترسی، عمق‌ها و سرعت‌های بیش ازحد، حضور مواد معلق، پایین بودن بیش از حد سرعت یا در صورت تشخیص غیر ممکن باشد.

۷-۲-۲ انتخاب مکان

در امتداد حاشیه کانال همانطور که در بند۵ شرح داده شده باید سه مقطع عرضی انتخاب کرد، در ابتدا، وسط و انتهای حاشیه کانال. مقاطع عرضی باید به اندازه کافی از یکدیگر فاصله داشته باشند تا مدت زمانی که طی می‌شود تا شناورها از یک مقطع عرضی به مقطع عرضی بروند به درستی اندازه‌گیری شود. مقطع عرضی میانی تنها باید به‌منظور بررسی اندازه‌گیری سرعت بین مقاطع عرضی ابتدایی و انتهایی حاشیه کانال، استفاده شود. توصیه می‌شود که حداقل زمان سپری شده برای حرکت شناور ۲۰s باشد.

۷-۲-۳ روش اجرایی اندازه‌گیری

شناور باید در مکانی رها شود که به اندازه کافی بالاتر از مقطع عرضی بالایی باشد تا قبل از رسیدن به اولین مقطع عرضی، به سرعت ثابت دست پیدا کند. سپس مدت زمانی که طول می‌کشد تا شناور هر یک از سه مقطع عرضی را طی کند، یادداشت می‌شود. این روش اجرایی باید با استفاده از شناورها و در فاصله‌های مختلف نسبت به کناره رودخانه، تکرار شود. فاصله‌های شناورها نسبت به کناره‌ای که شناور از مقطع عرضی آن عبور می‌کند را می‌توان با استفاده از وسایل نوری مناسب مانند تئودولیت[1]، تعیین کرد.

هم‌چنین مانند آن‌چه که در پیوست ج شرح داده شده است، می‌توان از روش کرونومتر دو زمانه استفاده کرد. این روش سرعت شناور و موقعیت مسیر آن در مقطع با عملیات تکی و بدون نیاز به تجهیزات ویژه یا نقشه‌برداری، تعیین می‌شود.

افزایش تعداد شناورها مورد استفاده در تعیین سرعت هر قسمت، درستی اندازه‌گیری را بهبود خواهد داد.

عرض کانال باید به تعداد مشخصی قسمت با عرض مساوی تقسیم شود. اما در صورتی که کانال بسیار نامنظم باشد، هر قسمت باید تقریبا تخلیه مشابه داشته باشد. تعدا قسمت‌ها نباید کمتر از ۳ باشد، اما در جایی که ممکن است، حداقل باید ۵قسمت استفاده شود، تعداد واقعی قسمت‌ها به زمان در دسترس مربوط به مشاهدات انجام گرفته در تراز مخصوصی از رودخانه، وابسته است.

۷-۲-۴ انواع شناور

۷-۲-۴-۱ کلیات

سرعت آب در هر قسمت دسترسی را می‌توان به وسیله موارد زیر تعیین کرد:

الف- شناورهای سطحی؛

ب- شناورهای دوگانه؛

پ- نمونه‌های دیگر از شناورها.

1- Theodolite

یادآوری- در طی مدت زمان شناور بودن یخ، می‌توان از بلوک‌های شارشی مجزای یخی، در صورتی که کوچک باشند، به عنوان شناورهای سطحی استفاده کرد.

ضرایب به‌دست آوردن سرعت متوسط اندازه‌گیری‌های مربوط به انواع مختلف شناورها در بند ۷-۲-۵، ارائه شده‌اند.

۷-۲-۴-۲ شناورهای سطحی

از این شناورها می‌توان در زمان بروز سیلاب و هنگامی که سرعت اندازه‌گیری‌ها زیاد است، استفاده کرد. از این شناورها نباید زمانی که حرکت آن‌ها تحت تاثیر باد قرار دارد، استفاده کرد.

۷-۲-۴-۳ شناورهای دوگانه

از این شناورها می‌توان برای اندازه‌گیری سرعت در رودخانه‌های عمیق، استفاده کرد. در این عمق‌ها برای اندازه‌گیری سرعت مستقیم می‌توان بدنه زیر سطحی را در ۰٫۶عمق زیر سطح آب یا سایر عمق‌ها قرار داد.

۷-۲-۴-۴ انواع دیگر شناورها

در صورتی که پروفیل بستر در سرتاسر حاشیه اندازه‌گیری منظم باشد، می‌توان از سایر روش‌های به‌دست آوردن سرعت متوسط در هر برخش، استفاده کرد:

الف- شناورهای زیر سطحی

از این شناورها می‌توان برای اندازه‌گیری سرعت‌ها در رودخانه‌های بسیار عمیق استفاده کرد. طول شناور زیرسطحی، که بعضی مواقع شناور چندگانه نیز نامیده می‌شود و برای این‌که انعطاف‌پذیر باشد و توسط شناور سطحی پشتیبانی شود از اجزاء مجزایی تشکیل شده که به‌خوبی به یکدیگر متصل شده‌اند، باید تقریبا برابر با عمق آب باشد اما شناور در هیچ صورتی نباید کف رودخانه را لمس کند.

ب- میله‌های سرعت

از این میله‌ها می‌توان برای اندازه‌گیری سرعت در قسمتی از کانال‌های ساختگی یا سایر کانال‌های منظم استفاده کرد که مقطع عرضی آن قسمت یکنواخت، بستر عاری از علف‌های هرز باشد، و عمق آب ثابت باشد. طول میله سرعت(بعضی مواقع میله شناور نامیده می‌شود) باید حداقل ۰٫۹۵ عمق کانال باشد اما نباید کف کانال را لمس کند.

۷-۲-۵ تعیین سرعت

۷-۲-۵-۱ روش

به طور کلی هرجا که بررسی ضریب به‌صورت مستقیم امکان‌پذیر نباشد به عنوان راهنمایی می‌توان فرض کرد ضریب شناور سطحی بسته به شکل و پروفیل سرعت، بین ۰٫۸۴ و ۰٫۹۰ تغییر می‌کند. مقادیر بالاتر معمولاً

زمانی به‌دست می‌آیند که بستر هموار باشد، اما ممکن است تحت شرایط خاص، مقادیر خارج از این گستره نیز به‌دست آیند.

۷-۲-۵-۳ شناورهای دوگانه

هرجا که بررسی ضریب به‌صورت مستقیم امکان‌پذیر نباشد به عنوان راهنمایی می‌توان پذیرفت، زمانی که بدنه زیر سطحی در ۰٫۶ عمق قرار داده شود، ضریب شناور سطحی تقریباً برابر با ۱٫۰ و در ۰٫۵ عمق این ضریب تقریباً برابر با ۰٫۹۶ است.

۷-۲-۵-۴ انواع دیگر شناورها

هرجا که بررسی ضریب به‌صورت مستقیم امکان‌پذیر نباشد، می‌توان فرض کرد ضریب شناورهای زیرسطحی و میله‌های سرعت، به طور کلی در گستره ۰٫۸ تا ۱٫۰ تغییر می‌کند.

۷-۲-۶ منابع اصلی خطا

در طی اندازه‌گیری تخلیه، ممکن است توسط شناورها و منابع اصلی که در زیر آورده شده‌است، خطا ایجاد شود. هنگام تخمین خطای کلی آورده شده در بند۹، این موارد باید در نظر گرفته شوند.

خطاها ممکن از از موارد زیر به وجود آیند:

الف- اگر ضریب مربوط به سرعت متوسط به دست آمده از سرعت شناور دقیق نباشد؛

ب- اگر برای اندازه‌گیری توزیع سرعت، از تعداد بسیار کمی قسمت استفاده شود؛

پ- اگر شناور زیرسطحی یا میله سرعت مورد استفاده و عمق کانال در سرتاسر حاشیه اندازه‌گیری، یکنواخت نباشد؛

ت- اگرشناور به علت جریان‌های انحرافی، از مرکز صفحه عبور نکند؛

ث- اگر باد بوزد، اما بهتر است یادآوری شود که این خطا به‌طور کلی در مقایسه با سایر موارد آورده شده در بالا ناچیز است، مگر آن‌که شناور سطحی استفاده شود.

ج- اگر در اثر وزش باد در سطح آب، آشفتگی قابل توجهی ایجاد شود؛

۸ محاسبه تخلیه

۸-۱ کلیات

روش تعیین سرعت متوسط یا تخلیه عرض یکای در هر نشان عمودی با بندهای ۷-۱ و ۷-۲ ارتباط دارد. در این زیربندها، روش تعیین تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های جریان‌سنج و شناور ارائه شده است. این روش‌ها به‌صورت روش نموداری(۸-۲) و روش حسابی(۸-۳) طبقه‌بندی شده‌اند، که روش آخر مخصوصاً برای محاسبه‌های انجام گرفته در میدان، مفید است. این روش‌ها ارائه شده در بندهای ۸-۴ تا ۸-۷ در شرایط ویژه قابل‌کاربرد هستند.

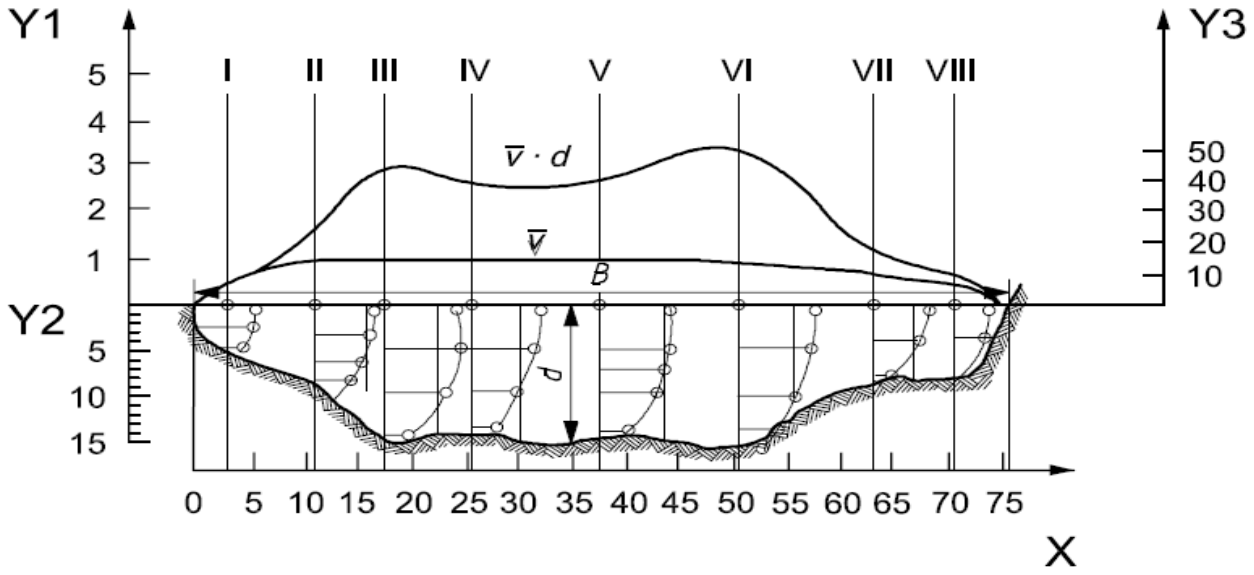
۸-۲ روش نموداری

۸-۲-۱ انتگرال‌گیری- سرعت- عمق

قرائت‌های سرعت ثبت‌شده مربوط به هر نشان عمودی که برحسب عمق رسم شده‌اند، در شکل نشان داده شده‌است. مساحت(سطح مقطع) احاطه شده توسط منحنی سرعت مربوط به هر نشان عمودی، تخلیه عرض یکای مقطع متناظر باخود را نشان می‌دهد. با استفاده از روش‌های شرح داده شده در یادآوری‌های انتهای بند ۷-۱-۵-۲، می‌توان منحنی‌های سرعت را، هرجا که ضروری باشد، برای سطح و بستر برون‌یابی کرد. سپس مقادیر تخلیه‌های عرض یکای $\bar{v}.d$ در مقطع بالایی نمودار رسم و به یکدیگر متصل می‌شوند تا منحنی پیوسته را شکل دهند. ناحیه محصور بین این منحنی و خط نشان دهنده سطح آب، تخلیه کل عبور کرده از آن مقطع را نشان می‌دهد.

در صورتی که سرعت‌ها با استفاده از روش‌های انتگرال‌گیری یا نقطه کاهش یافته اندازه‌گیری شوند، تخلیه عرض یکای در هر نشان عمودی مانند محصول سرعت متوسط $\bar{v}$ و طول متناظرش d، به‌صورت مستقیم به دست می‌آید.

زمانی که اندازه‌گیری‌های سرعت بر روی نشان‌های عمودی مشابهی که اندازه‌گیری‌های عمق نیز بر روی آن‌ها انجام گرفته، انجام نشود، باید منحنی $\bar{v}$ را درمیان عرض جریان رسم کرد و در جایی که اندازه‌گیری‌های عمق انجام شده‌اند، باید از $\bar{v}$ مطابق با نشان‌های عمودی برای رسم منحنی $\bar{v}.d$ استفاده کرد.



راهنما:

X فاصله(m)

Y سرعت متوسط(m/s)

Y2 عمق(m)

Y3 تخلیه عرض یکا(m^2/s)

شکل۱- محاسبه تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های جریان‌سنج- روش انتگرال‌گیری سرعت- عمق

$$Q = \sum v_i d_i \Delta B \qquad (۱۰)$$

که در آن:

Q تخلیه کل؛

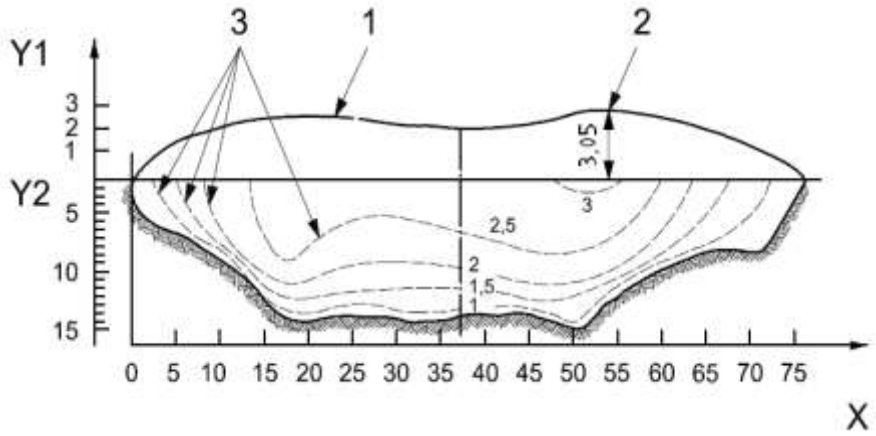
v سرعت میانگین در قسمت؛

d_i عمق قسمت؛

ΔB عرض نهایی است.

۸-۲-۲ روش انتگرال‌گیری مساحت(سطح مقطع)- سرعت(روش سرعت- شماره‌انداز)

براساس منحنی‌های توزیع سرعت نشان‌های عمودی، باید برای مقطع عرضی(به شکل ۲-الف مراجعه شود) منحنی توزیعی سرعتی را فراهم کرد که خطوط سرعت یکسان را نشان دهد. مساحت‌های(سطح مقطع‌های) محصور شده توسط منحنی‌های سرعت یکسان متوالی و سطح آب،که از قسمت حداکثر آغاز می‌شوند، باید با استفاده از یک مساحت‌سنج اندازه‌گیری و در نمودار دیگر[به شکل ۲-ب مراجعه شود] به‌صورتی رسم شوند که محور عمودی سرعت و محور افقی مساحت(سطح مقطع) متناظر محصور شده توسط منحنی سرعت مربوطه را نشان دهد. مساحت(سطح مقطع) محصور شده توسط منحنی مساحت(سطح مقطع)- سرعت تخلیه مقطع عرضی را نشان می‌دهد.



راهنما:

X فاصله(m)

Y سرعت متوسط(m/s)

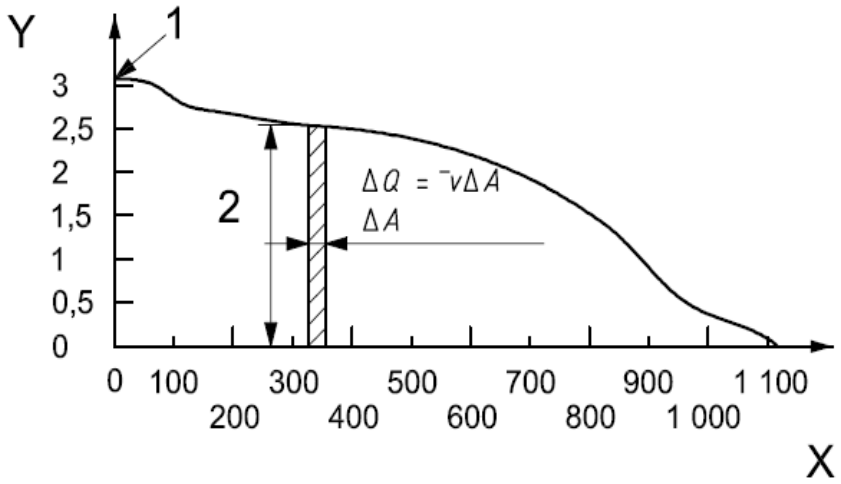
Y2 عمق(m)

۱ منحنی توزیع سرعت سطحس

۲ سرعت حداکثر

۳ خطوط سرعت یکسان(m/s)

الف- شماره‌اندازهای سرعت در یک مقطع



راهنما:

X مساحت(سطح مقطع)(m^2)

Y سرعت (m/s)

۱ سرعت حداکثر

۳ سرعت متوسط،$\bar{v}$،(m/s)

$Q= \sum \bar{v}, \Delta A$

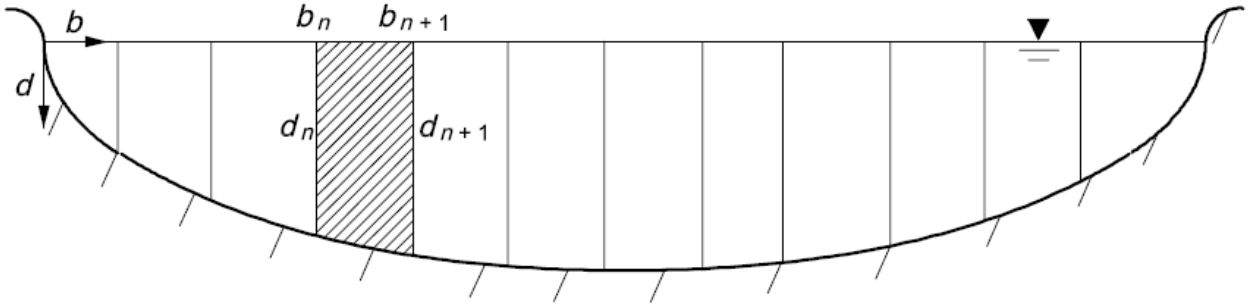
ب- شارش کل

شکل۲- محاسبه تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های جریان‌سنج- روش انتگرال‌گیری مساحت(سطح مقطع)- سرعت

۸-۳ روش‌های حسابی

۸-۳-۱ روش مقطع متوسط

فرض می‌شود که مقطع عرضی از تعدادی قسمت تشکیل شده که هر قسمت با دو نشان عمودی مجاور هم محاط شده است(به شکل۳ مراجعه شود).



شکل۳- نمودار نشان‌دهنده روش مقطع متوسط

شارش در صفحه هاشور زده مطابق زیر محاسبه می‌شود:

$$q = (b_{n+1} - b_n)\left(\frac{d_{n+1}+d_n}{2}\right)\left(\frac{\bar{v}_{n+1}+\bar{v}_n}{2}\right) \qquad (۱۱)$$

که در آن:

$\bar{v}$ سرعت متوسط در هر نشان عمودی است.

یادآوری- تخلیه اضافی در قسمت‌های بین کناره و اولین نشان عمودی، و بین آخرین نشان عمودی و کناره دیگر را با این فرض که سرعت در کناره‌ها صفر است می‌توان با استفاده از معادله بالا تخمین زد. اما در صورتی که این تخلیه نسبت قابل توجهی از شارش کل را داشته باشد، برای به دست آوردن سرعت متوسط در کناره می‌توان از معادله ارائه شده در یادآوری ۲ بند ۷-۱-۵-۲، استفاده کرد.

شارش کل برابر با مجموع تخلیه در هر صفحه است، بنابراین:

$$Q = \Sigma(b_{n+1} - b_n)\left(\frac{d_{n+1}+d_n}{2}\right)\left(\frac{\bar{v}_{n+1}+\bar{v}_n}{2}\right) \qquad (۱۲)$$

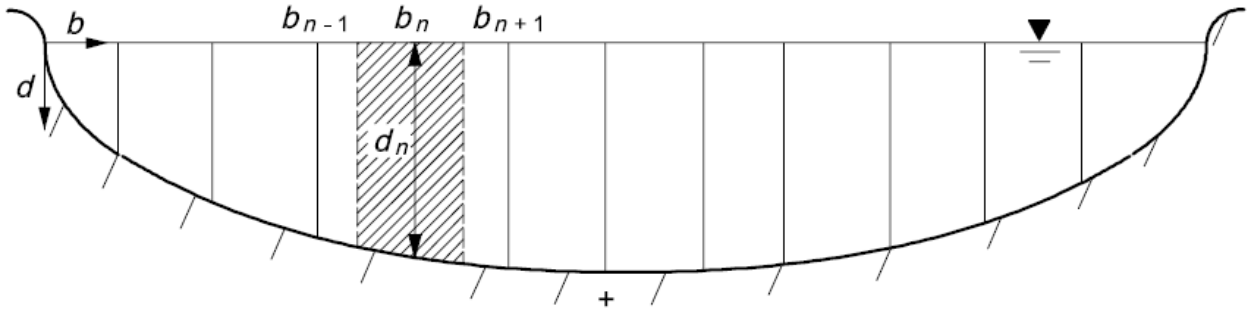
۸-۳-۲ روش مقطع میانی

فرض می‌شود که مقطع عرضی از تعدادی قسمت تشکیل شده که هر قسمت شامل یک نشان عمودی است(به شکل۴ مراجعه شود).

تخلیه در هر قسمت تخلیه را باید با ضرب کردن $\bar{v}.d$ در عرض متناظرش که در طول خط سطح آب اندازه‌گیری شده، محاسبه کرد. این عرض باید نصف عرض بین دو نشان عمودی مجاور جمع شود تا $\bar{v}.d$ محاسبه شده با نصف عرض بین این نشان عمودی با نشان عمودی مجاور متناظرش در گوشه دیگر، جمع شود. می‌توان مقدار $\bar{v}.d$ در دو نیم عرض بعد از کناره را صفر در نظر گرفت.

به همین دلیل اگر از روش مقطع میانی محاسبه استفاده می‌شود، بهتر است اولین و آخرین نشان عمودی یک اندازه‌گیری تا جایی که ممکن است، به کناره‌ها نزدیک باشند.

در جایی که بستر غیریکنواخت است، و زمان و هزینه اجازه می‌دهد، تعیین کردن عمق در نقاط میانی بین نشان‌های عمودی نشان داده شده در شکل۴، می‌تواند باعث شود که تعیین مساحت(سطح مقطع) هر صفحه با درستی بیشتری انجام شود.



شکل۴- نمودار نشان‌دهنده روش مقطع میانی

برای این روش شارش در هر صفحه مطابق آن‌چه که در زیر نشان داده شده، محاسبه می‌شود:

$$Q = \sum \bar{v}_n d_n \left(\frac{b_{n+1}+b_{n-1}}{2}\right) \quad (۱۴)$$

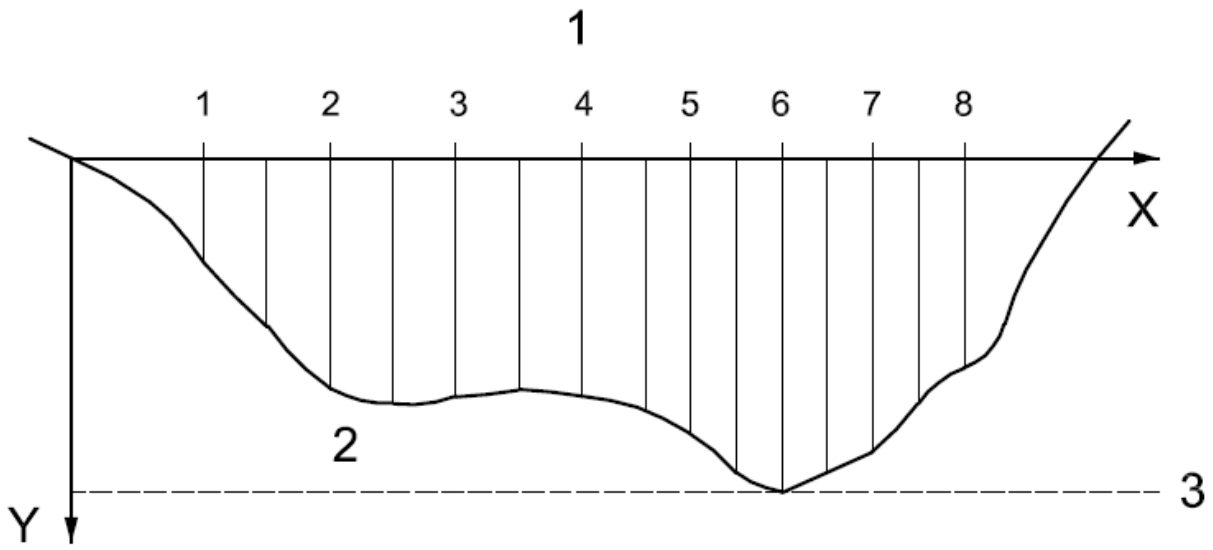
۴-۸ روش نشان عمودی مستقل

این روش برای اندازه‌گیری جریان‌های دارای تخلیه با سرعت متغیر، مفید است. چندین نشان عمودی انتخاب و فاصله‌های آن‌ها نسبت به یک نقطه مرجع ثابت[به شکل ۵-الف مراجعه شود]، اندازه‌گیری می‌شوند. در هر پایش، با استفاده از یکی از روش‌های شرح داده شده در بالا، بر روی تمام نشان‌های عمودی انتخاب شده اندازه‌گیری‌های سرعت و عمق انجام می‌شوند. سطح آب در ابتدا و انتهای یک سری از اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی هر نشان عمودی، اندازه‌گیری می‌شود. برای هر قسمت، یک رابطه تخلیه- تراز مجزا ایجاد می‌شود. در نتیجه، می‌توان تخلیه رودخانه در یک تراز ارائه شده را با استفاده از ترکیب تخلیه‌ها مربوط به هر قسمت، تعیین کرد.

با استفاده از سازوکار پایش در طی یک بازه زمانی و در صورتی که شارش دارای گستره وسیع مناسب باشد، می‌توان بین تراز و تخلیه عرض یکای مربوط به هر نشان عمودی، یک رابطه ایجاد کرد. سپس می‌توان یک سری منحنی رسم کرد که هر منحنی یک رابطه تخلیه- تراز مستقل مربوط به قسمت متناظر با عرض کانال[شکل ۵-ب] را نشان می‌دهد. در این‌جا فرض می‌شود که هندسه کانال ثابت باقی می‌ماند و در موقعیت نشان عمودی مرتبط با نقطه مرجع هیچ تغییری ایجاد نمی‌شود.

سپس برای یک مقدار ارائه شده مربوط به تراز، شارش کل در مقطع عرضی با استفاده از یک روش ریاضیاتی به دست می‌آید به‌این صورت که تمام تخلیه‌های قسمت‌ها با یکدیگر جمع می‌شوند[شکل ۵-پ]؛ یا با استفاده از یک روش نموداری[شکل ۵-ت] به این صورت که تخلیه عرض یکا برای تمام نشان‌های عمودی رسم و مساحت(سطح مقطع) زیر این منحنی تعیین می‌شود.

شارش کل مقطع عرضی مربوط به مقدار ارائه شده تراز را می‌توان با استفاده هر دو روش فوق به دست آورد.



راهنما

X عرض کانال(m)

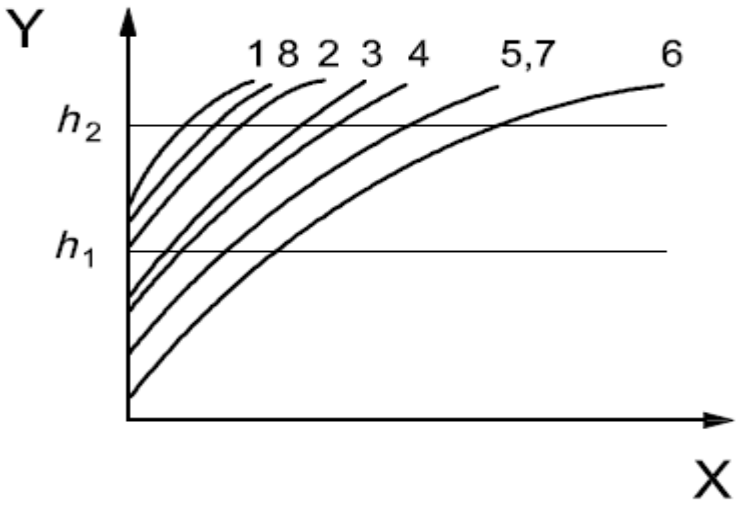
Y تراز(m)

۱ نشان‌های عمودی

۲ بستر کانال

۳ سطح مبنای تراز

الف- نشان‌های عمودی در مقطع عرضی



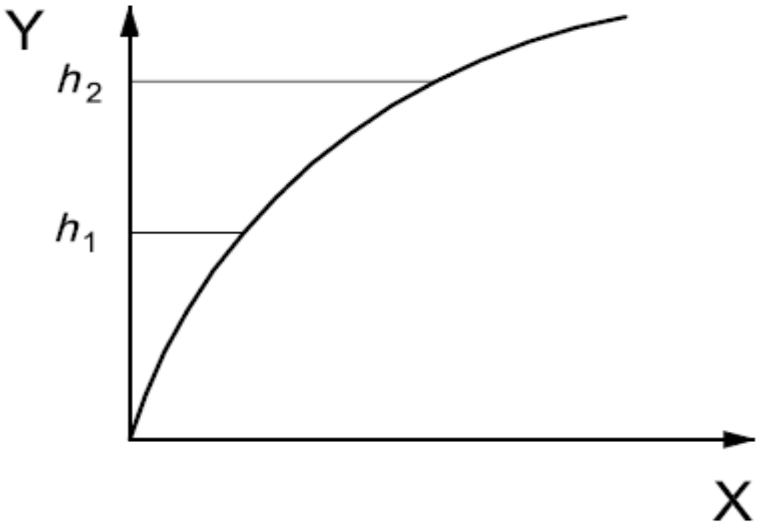
راهنما

X تخلیه در یکا(m/s^3)

Y تراز(m)

ب- منحنی‌های تخلیه- تراز مربوط به نشان‌های منفرد

شکل۵- محاسبه تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های جریان‌سنج- روش نشان عمودی مستقل(ادامه‌دار)

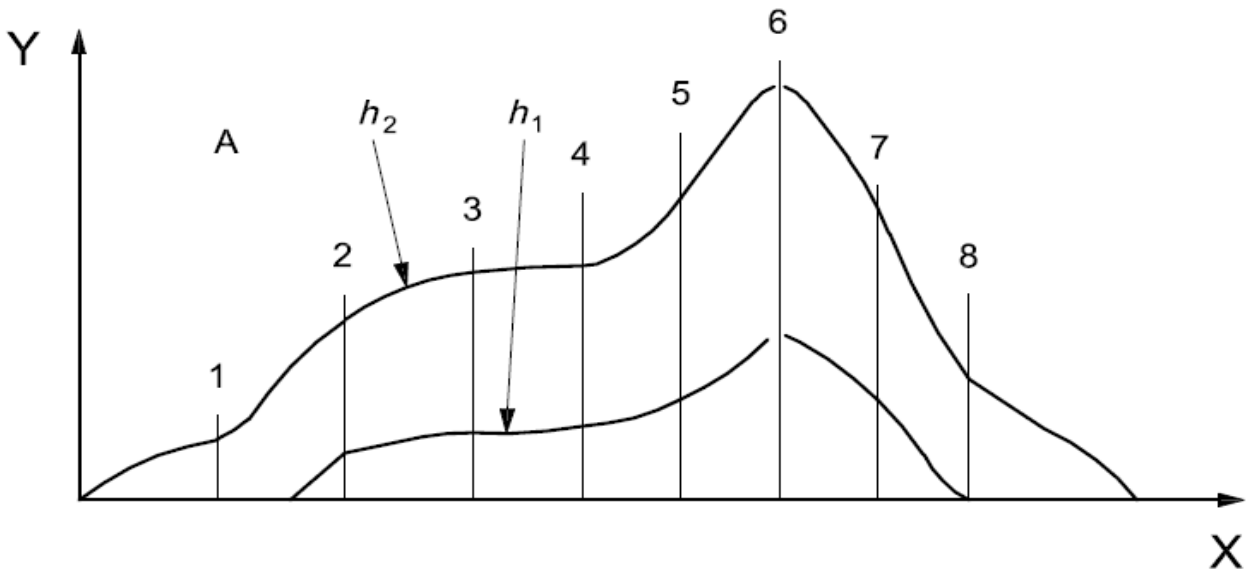


راهنما

X تخلیه کل(m^3/s)

Y تراز(m)

پ- تخلیه کل(روش ریاضیاتی)



راهنما

X فاصله(m)

Y تخلیه در عرض یکا(m^3/s)

A توزیع q مربوط به h_1 یا h_2

پ- روش نموداری

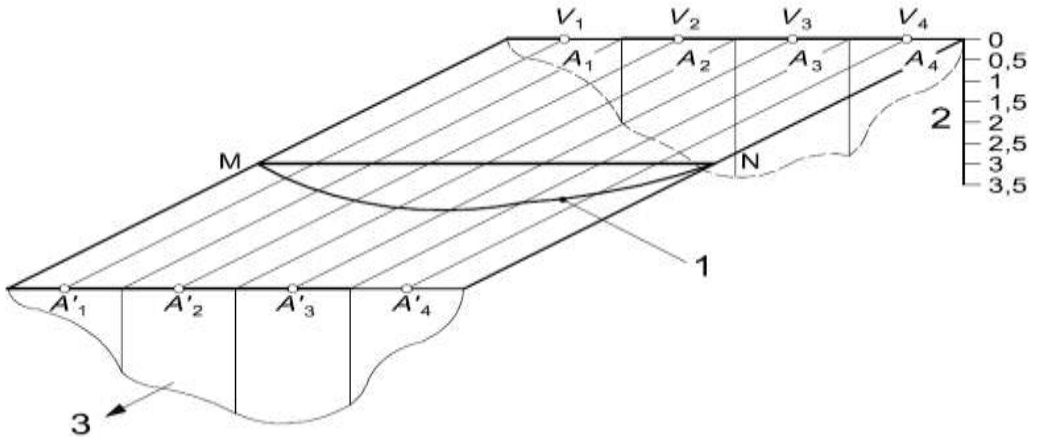
شکل۵- محاسبه تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های جریان‌سنج- روش نشان عمودی مستقل

۸-۵ روش مقطع متوسط- صفحات افقی

به‌جای تعیین سرعت متوسط در هر نشان عمودی می‌توان سرعت‌های متوسط مربوط به تعدادی صفحه افقی را با استفاده از روش اجرایی مطابق با آن‌چه که در بند ۷-۱-۵-۲ ارائه شده، تعیین کرد. سپس برای تعیین تخلیه می‌توان از روش مشابه با آن‌چه که در بند ۸-۳-۱ ارائه شده استفاده کرد. استفاده از محاسبه صفحات افقی و عمودی به‌خصوص در محاسبات مربوط به کانال‌ها با شکل منظم مناسب است زیرا این روش امکان بررسی درستی محاسبه را فراهم می‌کند.

۸-۶ تعیین تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های سرعت شناور سطحی

اگر مقاطع عرضی جریان بالادست و پایین‌دست مطابق آن‌چه که در شکل ۶-الف نشان داده شده، رسم و سپس به تعداد مناسبی قسمت با عرض یکسان تقسیم شوند، مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی هر یک از این قسمت‌ها را می‌توان تعیین کرد. خط دیگر MN را که بین دو خط مقطع عرضی قرار دارد را می‌توان به موازات خطوط مقطع عرضی رسم کرد. سپس می‌توان نقاط ابتدایی و انتهایی هر شناور را رسم و با خطوط ممتد به یکدیگر وصل کرد در حالی که می‌توان نقاط سطحی که صفحات متفاوت دو مقطع عرضی را از یکدیگر جدا می‌کنند، با استفاده از خطوط نقطه‌چین به یکدیگر وصل کرد. در جایی که خطوط ممتد خط MN را قطع می‌کنند، سرعت متوسط متناظر با آن(سرعت شناور ضرب‌در یک ضریب مناسب- به یادآوری۱ مراجعه شود) باید به‌صورت عمود بر MN رسم و نقاط پایانی این بردارهای سرعت به یکدیگر وصل شوند تا منحنی توزیع سرعت ایجاد شود[به شکل۶-ب مراجعه شود].

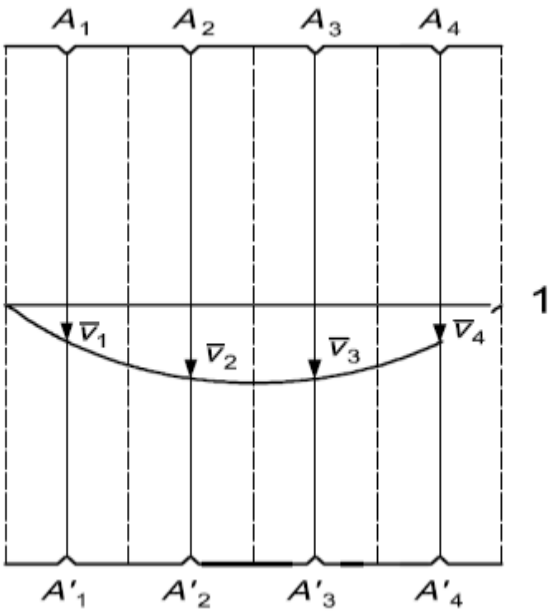


راهنما

۱ توزیع سرعت سطحی
۲ عمق(m)
۳ جهت شارش

الف- اندازه‌گیری مقاطع و مسیرهای شناور

شکل۶- محاسبه تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های شناور(ادامه‌دار)



راهنما:

۱ سرعت(m/s)

ب- منحنی توزیع سرعت متوسط با استفاده از اندازه‌گیری‌های شناور

شکل۶- محاسبه تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری‌های شناور

مساحت(سطح مقطع) متوسط قسمت‌های متناظر با مقاطع عرضی، زمانی که در سرعت متوسط مربوط به صفحه نشان داده شده توسط منحنی توزیع سرعت ضرب می شود، تخلیه مربوط به آن قسمت را نشان می‌دهد. مجموع تخلیه‌ها مربوط به تمام قسمت‌ها برابر با تخلیه کل است. سرعت متوسط یک صفحه را می‌توان با اندازه‌گیری، به وسیله مساحت‌سنج، مساحت(سطح مقطع) زیر منحنی توزیع سرعت مربوط به قسمت متناظر تعیین کرد یا، به صورت جایگزین، می‌توان یک مقدار تقریبی اتخاذ کرد که برابر با سرعت شارش در میانه صفحه باشد.

$$Q = \sum^{m} \bar{v}_i \frac{A_i + A_i^*}{2} \quad (۱۵)$$

که در آن:

$\bar{v}_i$ سرعت متوسط در قسمت؛

A_i مساحت(سطح مقطع) قسمت جریان بالادستی؛

A_i^* مساحت(سطح مقطع) قسمت جریان پایین‌دستی است.

یادآوری۱- زمانی که شناورها در سرتاسر عرض رودخانه نتوانند حرکت رضایت‌بخشی انجام دهند، به عنوان مثال اگر شناورها به طرف خط مرکزی شارش حرکت کنند، می‌توان با اندازه‌گیری میانگین سرعت‌های سطحی، تخلیه تنظیم نشده را تعیین کرد. سپس این تخلیه در ضریبی ضرب می‌شود که این ضریب از نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌های جریان‌سنج انجام گرفته به همراه اندازه‌گیری‌های شناور تعیین می‌شود. سطح این اندازه‌گیری‌ها تقریبا برابر با سطح اندازه‌گیری‌های شناور مربوطه است.

یادآوری۲- پیوست ج روش تعیین تخلیه مربوط به یک اندازه‌گیری شناور را با استفاده از ساعت‌های دو توقف نشان می‌دهد(به بند ۷-۲-۳ مراجعه شود).

۸-۷ تعیین تخلیه مربوط به تغییرات سطح آب

۸-۷-۱ کلیات

اگر نوسان سطح آب در طی بازه زمانی اندازه‌گیری سرعت کمتر از ٪۵ عمق متوسط یا ۰٫۰۵m، هرکدام که کوچکتر است، باشد، برای محاسبه تخلیه باید از مقدار متوسط استفاده کرد. اگر نوسان بیشتر از این مقدار باشد، در این صورت باید تخلیه و سطح آب متناظر با این تخلیه را به ترتیب مطابق با آن‌چه که در بندهای۷-۸-۲ و ۸-۷-۳ نشان داده شده، محاسبه کرد.

۸-۷-۲ محاسبه تخلیه

برای هر قسمت، سطح آب به صورت جدا رسم می‌شود تا مطابق با آن‌چه که در شکل۷ نشان داده شده، یک سری گام ایجاد شود. به صورت جایگزین، می‌توان سطوح را به‌وسیله یک منحنی صاف به یکدیگر وصل کرد. سپس یک منحنی در بالای خط سطح آب رسم می‌شود که از ضرب کردن سرعت متوسط در عمق به دست می‌آید و مساحت(سطح مقطع) محصور شده تخلیه کل را نشان می‌دهد.

۸-۷-۳ محاسبه سطح متوسط آب

سطح متوسط آب متوسط که نشان‌دهنده اندازه‌گیری تخلیه است، باید با استفاده از معادلات زیر محاسبه شود:

$$\bar{z} = \frac{\sum q_i z_i}{Q} \quad (۱۶)$$

$$q_i = b_i d_i \bar{v}_i \quad (۱۷)$$

که در آن:

$\bar{z}$ سطح آب متوسط توزین شده در بالای سطح مبنای دستگاه پایش؛

q_i تخلیه جزئی در i اُمین قسمت؛

z_i سطح آب متوسط متناظر با تخلیه جزئی q_i؛

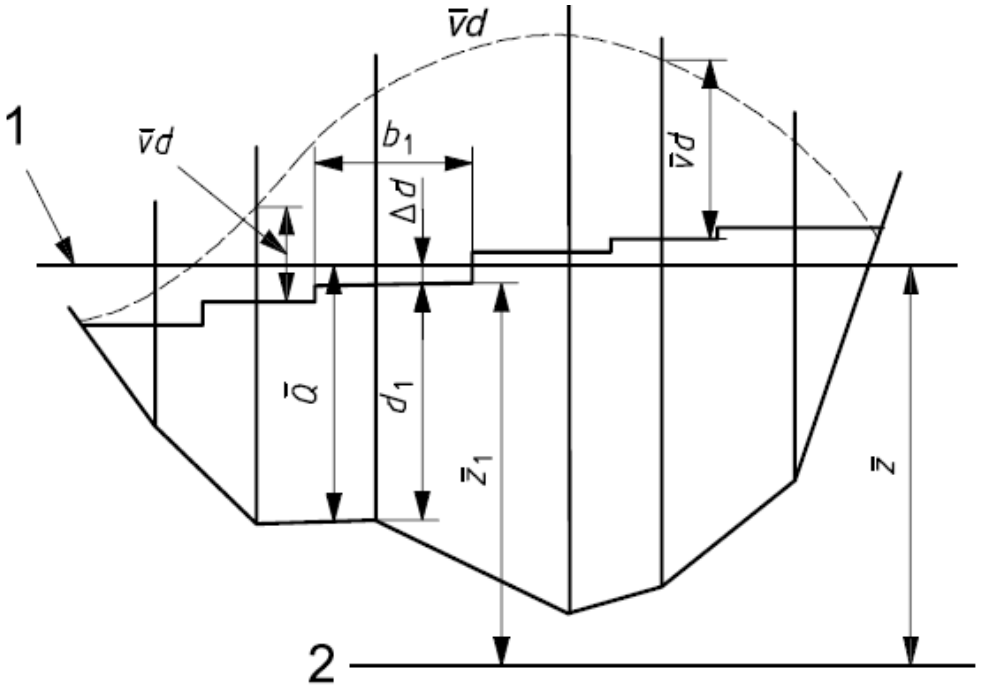
Q تخلیه کل که برابر با مجموع تخلیه‌ها اجزاء می‌باشد $\sum q_i$؛

b_i عرض i اُمین قسمت؛

d_i عمق i اُمین قسمت؛

$\bar{v}_i$ سرعت متوسط در i اُمین قسمت است.

اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در شکل۷ نشان داده شده‌اند.



راهنما:

۱ سطح آب متوسط توزین شده در بالای سطح مبنای دستگاه پایش است

۲ سطح مبنای دستگاه پایش

شکل۷- محاسبه تخلیه و سطح متوسط آب مربوط به تغییرات سطح آب

۹ عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری شارش

۹-۱ کلیات

عدم‌قطعیت در یک اندازه‌گیری تکی تخلیه با استاندارد ملی ایران شماره۵۱۶۸ ارتباط دارد که بهتر است به آن اشاره شود. اطلاعات تکمیلی در استاندارد GUM[1] و به خصوص در بندهای۲ و۳،ارائه شده است. در این بندها یک طرح کلی از روش تخمین این عدم‌قطعیت تحت شرایط شارش پایدار ارائه شده‌است. در پیوست ث، اجزاء منفرد عدم‌قطعیت آزمایش و مثال‌هایی از آن‌ها ارائه شده است. اما، بهتر است فرض شود که این طرح به‌صورت کلی قابل استفاده است نیست و هم‌چنین تاکید شود که مشاهدات انجام گرفته بر این اساس، رودخانه‌ها با اندازه‌های مختلف را در بر نمی‌گیرد(به استاندارد1088 ISO مراجعه شود).

۱- این استاندارد تحت عنوان:ISO/IEC Guide 98-3 دوباره چاپ شده‌است.

۹-۲ تعریف عدم‌قطعیت

تمامی اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی یک کمیت فیزیکی در معرض عدم‌قطعیت قرار دارند. این موضوع می‌تواند به دلیل خطاهای سامانه‌ای(خطاهای اُریب) درون تجهیزات مورد استفاده در کالیبراسیون و اندازه‌گیری، یا پراکندگی اتفاقی ایجاد شده توسط،به عنوان مثال، فقدان حساسیت تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری، باشد. بنابراین نتیجه اندازه‌گیری تنها یک تخمین از مقدار صحیح کمیت اندازه‌گیری شده است و درنتیجه تنها زمانی که با بیان عدم‌قطعیتش همراه باشد، کامل می‌شود.

اختلاف بین مقادیر صحیح و اندازه‌گیری شده، خطای اندازه‌گیری است. خطای اندازه‌گیری، که نمی‌توان به آن پی برد، سبب ایجاد عدم‌قطعیت در صحت نتیجه اندازه‌گیری می‌شود. عدم‌قطعیت به‌صورت کمی تحت عنوان «پارامتر.... پراکندگی مقادیری که به‌صورت منطقی می‌توان به مقدار اندازه‌گیری شده نسبت داد»(به استاندارد GUM، بند۲-۲-۳ مراجعه شود)، شرح داده می‌شود. استانداردGUM بعلاوه بیان می‌کند که پارامتر می‌تواند، به عنوان مثال، یک انحراف استاندارد یا طول نصفه یک فاصله باشد که دارای سطح اطمینان مشخص است، و تمام منابع عدم قطعیت، شامل آن‌هایی که ناشی از اثرات سامانه‌ای هستند در این پراکندگی مشارکت می‌کنند.

خطای اندازه‌گیری، ترکیبی از خطاهای اجزایی است که در طی فرآیند اندازه‌گیری و در هنگام عملکردهای ابتدایی متفاوت، ایجاد می‌شوند. خطای کل اندازه‌گیری مربوط به کمیت‌های ترکیبی که وابسته به کمیت‌های جزئی متعدد می‌باشد، ترکیبی از خطاهای موجود در تمام کمیت‌های جزئی است. تعیین عدم‌قطعیت اندازه‌گیری شامل تشخیص و شناسایی تمامی اجزا خطا، کمی‌سازی عدم‌قطعیت‌های متناظر و ترکیب عدم‌قطعیت‌های اجزاء است. ترکیب کردن عدم‌قطعیت‌ها با استفاده از قوانین ریاضی مربوط به انحرافات استاندارد ترکیبی انجام می‌شود که این قوانین ارتباطات بین انواع مختلف منابع خطای اندازه‌گیری را به خوبی بررسی قرار می‌کنند تا در نتیجه برای هر دو خطای اتفاقی و سامانه‌ای به حساب آورده شوند. مقادیر عدم‌قطعیت به دست آمده، عدم‌قطعیت‌های استاندارد نامیده می‌شوند؛ این عدم‌قطعیت‌ها مطابق با یک انحراف استاندارد از توزیع احتمال خطاهای اندازه‌گیری هستند.

در برخی کاربردها به منظور دست‌یافتن به کسر معین توزیع مقادیرعدم‌قطعیتی که بتوان به مقادیر اندازه‌گیری شده نسبت داد، ضروری است که عدم‌قطعیت اندازه‌گیری شده به‌صورت دامنه نوسان یا فاصله مورد نظر شرح داده شود. چنین فاصله‌ای با ضرب‌کردن عدم‌قطعیت استاندارد در یک عامل، k، که معمولاً در گستره ۲ تا۳ قرار دارد و عامل پوشش نامیده می‌شود، به دست می‌آید. کسر توزیع در بر گرفته شده توسط فاصله، سطح اطمینان نامیده می‌شود. ارتباط بین سطح اطمینان و فاکتور پوشش وابسته به توزیع احتمال خطاهای اندازه‌گیری است.

در این بند، عدم‌قطعیت‌های به‌صورت عدم‌قطعیت‌های استاندارد(یک انحراف استاندارد) ارائه و به‌صورت درصدهای مقادیر اندازه‌گیری شده(عدم‌قطعیت‌های نسبی یا درصدی)شرح داده شده‌اند. (یادآوری می‌شود که استفاده از عدم‌قطعیت‌های استاندارد نسبت به ویراست‌های قبلی این استاندارد تغییر کرده به این صورت که در

این ویرایش عدم‌قطعیت‌های وسیع با عامل پوشش۲، مورد استفاده قرار گرفته است.) اگر عدم‌قطعیت‌های وسیع مورد نیاز باشند، برای تعیین عامل پوشش مطابق با یک درجه اطمینان معین، توزیع نرمال استاندارد(گاوس) مورد استفاده قرار می‌گیرد. به خصوص، عدم‌قطعیت‌های گسترش یافته دارای عامل پوشش ۲، یک سطح اطمینان تقریبی ٪۹۵ دارند. عدم‌قطعیت‌های گسترش یافته دارای عامل پوشش۱،یک سطح اطمینان تقریبی ٪۶۸ دارند.

۹-۳ روش محاسبه عدم‌قطعیت در تخلیه با استفاده از اندازه‌گیری سرعت توسط جریان‌سنج

۹-۳-۱ کلیات

به طور مختصر، در این روش اندازه‌گیری مقطع عرضی کانال مورد نظر را با استفاده از m نشان عمودی به چند قسمت تقسیم و عرض، عمق و سرعت متوسط(که به‌ترتیب با b_i، d_i و v_i نشان داده می‌شوند) مرتبط با هر نشان عمودی i را محاسبه می‌کنند. سرعت متوسط v_i در هر نشان عمودی، با استفاده از اندازه‌گیری‌های سرعت نقطه‌ای انجام گرفته بر روی هریک از عمق‌های مربوط به نشان عمودی، محاسبه می‌شود. شارش مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = F \sum b_i d_i v_i \qquad (۱۸)$$

که در آن:

Q شارش(برحسب مترمکعب بر ثانیه)؛

F عاملی است که فرض می شود ثابت است و مجموع گسسته مقدار محدود نشان‌های عمودی را به انتگرال تابع پیوسته مربوط به مقطع عرضی، ارتباط می دهد.

۹-۳-۲ عدم‌قطعیت‌های مشارکتی

عدم‌قطعیت استاندارد ترکیبی(درصدی) نسبی در اندازه‌گیری ارائه شده توسط معادله(۱۹) محاسبه می‌شود:

$$u(Q)^2 = u_m^2 + u_s^2 + \frac{\sum_{i=1}^{m}(b_i d_i \bar{v}_i)^2 (u_{b,i}^2 + u_{d,i}^2 + u_{\bar{v},i}^2)}{(\sum_{i=1}^{m}(b_i d_i \bar{v}_i))^2} \qquad (۱۹)$$

که در آن:

u(Q) عدم‌قطعیت استاندارد ترکیبی(درصدی) نسبی در تخلیه؛

$u_{b,i}, u_{d,i}, u_{\bar{v},i}$ عدم‌قطعیت‌های استاندارد (درصدی) نسبی در عرض، عمق و سرعت متوسط اندازه‌گیری شده در iاُمین نشان عمودی؛

u_s عدم‌قطعیت ناشی از عکس‌العمل متفاوت جریان‌سنج(u_{cm})، دستگاه اندازه‌گیری عرض(u_{bm}) و دستگاه عمق‌یاب(u_{ds}) است.

$$u_s = \sqrt{u_{cm}^2 + u_{bm}^2 + u_{ds}^2} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

u_m عدم‌قطعیت ناشی از محدود بودن تعداد نشان‌های عمودی؛ و

M تعداد نشان‌های عمودی است.

یادآوری- برای توضیح این معادله می‌توان از یک مقدار عملی تخمین‌زده شده ٪۱ استفاده کرد.

سرعت متوسط $\bar{v}_i$ اُمین نشان عمودی، تخمین میانگین اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای سرعت انجام‌گرفته بر روی یک یا چند عمق مربوط به نشان عمودی است(به مثال ۷-۱-۵-۳ مراجعه شود). عدم‌قطعیت مربوط به $\bar{v}_i$ مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$u(\bar{v}_i)^2 = u_{p,i}^2 + \left(\frac{1}{n_i}\right)\left(u_{c,i}^2 + u_{e,i}^2\right) \qquad (۲۱)$$

که در آن:

$u_{p,i}^2$ عدم‌قطعیت سرعت متوسط $\bar{v}_i$ و ناشی از محدود بودن تعداد عمق‌هایی است که اندازه‌گیری‌های سرعت مربوط به iاُمین نشان عمودی، بر روی آن‌ها انجام می‌شود؛

n_i تعداد عمق‌های iاُمین نشان عمودی که اندازه‌گیری‌های سرعت بر روی آن‌ها انجام می‌شود؛

$u_{c,i}$ عدم‌قطعیت سرعت یک نقطه اندازه‌گیری مخصوص مربوط به iاُمین نشان عمودی که ناشی از فقدان تکرارپذیری جریان‌سنج می‌باشد؛

$u_{e,i}$ عدم‌قطعیت سرعت نقطه‌ای بر روی یک عمق مخصوص مربوط به iاُمین نشان عمودی است که ناشی از نوسانات سرعت(ارتعاشات) جریان می‌باشد که هنگام در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج ایجاد می‌شوند.

معادله(۲۲) از ترکیب دو معادله(۱۹) و(۲۱) به دست می‌آید:

$$u(Q)^2 = u_m^2 + u_s^2 + \frac{\sum_{i=1}^{m}(b_i d_i \bar{v}_i)^2\left(u_{b,i}^2 + u_{d,i}^2 + u_{p,i}^2\left(\frac{1}{n_i}\right)\left(u_{c,i}^2 + u_{e,i}^2\right)\right)}{\left(\sum_{i=1}^{m}(b_i d_i \bar{v}_i)\right)^2} \qquad (۲۲)$$

اگر نشان‌های عمودی اندازه‌گیری به‌نحوی قرار داده شوند که تخلیه قسمت‌ها$(b_i d_i \bar{v}_i)$ تقریباً برابر باشد و عدم‌قطعیت‌های اجزاء از هر نشان عمودی تا نشان عمودی دیگر نیز برابر باشد، معادله(۲۲) به صورت زیر ساده می‌شود:

$$u(Q) = \left[u_m^2 + u_s^2 + \left(\frac{1}{m}\right)\left(u_b^2 + u_d^2 + u_p^2 + \left(\frac{1}{n}\right)\left(u_c^2 + u_e^2\right)\right)\right]^{1/2} \qquad (۲۳)$$

۹-۳-۳ مثال

ضروری است عدم‌قطعیت یک پایش جریان‌سنج دارای خصوصیات زیر را تخمین زد:

تعدا نشان‌های عمودی مورد استفاده در پایش	۲۰
تعداد نقاط روی نشان عمودی(۰٫۲ و ۰٫۸)	۲
سرعت میانگین در مقطع اندازه‌گیری	بالای ۰٫۳m/s
زمان در معرض دید قرار گرفتن جریان‌سنج	۳min

رتبه‌بندی جریان‌سنج رتبه‌بندی منفرد

با استفاده از اطلاعات ارائه شده در پیوست ث که نشان‌دهنده نتایج بررسی‌های انجام شده در قالب این استاندارد هستند، می‌توان به عدم‌قطعیت‌های اجزا(درصدها) دست یافت.

u_m	۲٫۵	(جدول ث-۶)
u_s	۱٫۰	(مطابق بالا)
u_b	۰٫۵	(مطابق بند ث-۲ خط ۱)
u_d	۰٫۵	(مطابق بند ث-۲ خط ۲)
u_p	۳٫۵	(جدول ث-۴)
u_c	۱٫۰	(جدول ث-۵)
u_e	۳٫۰ (در ۰٫۲ عمق)	(جدول ث-۳)
	۳٫۰ (در ۰٫۸ عمق)	(جدول ث-۳)

بنابراین:

$u_e = \sqrt{3^2 + 3^2} = 4.2$

۹-۳-۴ عدم‌قطعیت ترکیبی

بنابر این از معادله(۲۳) داریم:

$$u(Q) = \left[u_m^2 + u_s^2 + \left(\frac{1}{m}\right)\left(u_b^2 + u_d^2 + u_p^2 + \left(\frac{1}{n}\right)\left(u_c^2 + u_e^2\right)\right)\right]^{1/2}$$

$$u(Q) = \left[2.5^2 + 1.0^2 + \left(\frac{1}{20}\right)\left(0.5^2 + 0.5^2 + 3.5^2 + \left(\frac{1}{2}\right)\left(1.0^2 + 4.2^2\right)\right)\right]^{1/2}$$

نتیجه نهایی برابر است با:

$u(Q) = 2.89\%$

عدم‌قطعیت گسترش یافته با سطح اطمینان ٪۹۵،U_{95}، با استفاده از کاربرد یک عامل پوشش k=۲ به دست می‌آید،

بنابراین:

$U_{95}(Q) = k*u(Q)$
$= 2\times 2.89$
$= 5.78\%$

بنابراین

$U_{95}(Q) = 6\%$

حالا، اگر شارش اندازه‌گیری شده Q m^3/s باشد، نتیجه اندازه‌گیری به‌صورت زیر بیان می‌شود:

Q $m^3/s \pm$ 6% (عدم‌قطعیت گسترش یافته، عامل پوشش k=2، سطح تقریبی اطمینان = 95%).

۹-۴ روش محاسبه عدم‌قطعیت تخلیه با اندازه‌گیری سرعت به وسیله شناورها

۹-۴-۱ کلیات

در حالی که در مورد عدم‌قطعیت‌های پایش جریان‌سنج تحقیقات قابل توجهی صورت گرفته، در مورد عدم‌قطعیت‌های پایش شناور کار کمی انجام شده است. در نتیجه، راهنمایی و گزارش آزمون کمی وجود دارد که توصیه‌های قابل اعتمادی در آن باشد. بنابراین تا زمانی که اطلاعات بیشتری وجود ندارد، تحلیل زیر ارائه می‌شود.

۹-۴-۲ عدم‌قطعیت‌های مشارکتی

معادله تخلیه به‌صورت زیر است:(به بند ۷-۲ و ۸-۶ مراجعه شود)

$$Q = F \sum K_f \bar{v}_i \left(\frac{A_i^* + A_i}{2}\right) \quad (۲۴)$$

که در آن:

Q تخلیه (متر مکعب در ثانیه)؛

F عاملی که فرض می‌شود ثابت است و مجموع گسسته مقدار محدود نشان‌های عمودی را به انتگرال تابع پیوسته مربوط به مقطع عرضی، ارتباط می دهد؛

K_f ضریب سرعت مربوط به شناور؛

$\bar{v}_i$ سرعت شناور متوسط در iاُمین قسمت؛

A_i و A_i^* به ترتیب مساحت‌های(سطح مقطع‌های) iاُمین قسمت مقاطع عرضی جریان بالادست و پایین‌دست هستند.

عدم‌قطعیت کلی در تخلیه ترکیبی از موارد زیر است:

الف- عدم‌قطعیت‌های مربوط به عرض: $u_{b,i}$ در مساحت‌های(سطح مقطع‌های) مقطع عرضی تخمینی،

ب- عدم‌قطعیت‌های مربوط به عمق: $u_{d,i}$ در مساحت‌های(سطح مقطع‌های)مقطع عرضی تخمینی(در مورد هریک از موارد فرسایش و انباشته شدن مجاز است)،

پ- عدم‌قطعیت‌های تعیین سرعت‌های شناور سطحی: $u_{v,i}$

ترکیبی از مواردی است که به‌صورت معادله زیر نمود می یابد:

$$u_{v,i}^2 = u_{k,f}^2 + u_{L,i}^2 + u_{t,i}^2 \quad (۲۵)$$

که در آن:

- $u_{k,f}$ عدم‌قطعیت ضریب سرعت مربوط به شناور؛
- $u_{L,i}$ عدم‌قطعیت طول مسیر حرکت؛
- $u_{t,i}$ عدم‌قطعیت زمان سپری شده برای عبور شناور؛

— u_m عدم‌قطعیت ناشی از محدود بودن تعداد قسمت‌های مورد استفاده است.

۹-۴-۳ عدم‌قطعیت ترکیبی در تخلیه

روش محاسبه، مشابه با روش ارائه شده در بند ۹-۳-۲ است.

$$u_Q = \sqrt{u_m^2 + \frac{1}{m}(u_b^2 + u_d^2 + u_v^2)} \quad (۲۶)$$

۹-۴-۴ مثال

پایش شناور دارای ۵ مسیر با استفاده از شناورهای سطحی:

u_m=7.5%(جدول ث-۶) در صورتی که مساحت(سطح مقطع) با استفاده از مقطع‌عرضی مشخص، و سرعت‌ها با استفاده از توزیع سرعت هموار تعیین شوند، مقدار بالا ممکن است کاهش پیدا کند.

$u_{k,f}$ = 15% (جدول ث-۴)

u_L = 5% (تخمین زده شده)

u_t = 5% (تخمین زده شده)

$$u_v = \sqrt{u_{k,f}^2 + u_L^2 + u_t^2}$$

$$u_v = \sqrt{15^2 + 5^2 + 5^2}$$

=(15%= یا مقداری که به تنهایی از جدول ث-۴ اقتباض می‌شود)

u_b = 1% (تخمین زده شده)

u_d = 1% (تخمین زده شده)

بنابراین

$$u(Q) = \sqrt{7.5^2 + \frac{1}{5}(1 + 1 + 16.5^2)}$$

u(Q) = 10.5%

عدم‌قطعیت‌های گسترش یافته با سطح اطمینان تقریباً ٪۹۵، U_{95}، با استفاده از کاربرد یک عامل پوشش k=۲ به دست می‌آید.

بنابراین:

$U_{95}(Q) = k.u(Q)$

$= 2 \times 10.5$

$= 21\%$

بنابراین

$U_{95}(Q)$=21%

حالا، اگر شارش اندازه‌گیری شده Q m^3/s باشد، نتیجه اندازه‌گیری به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$\pm$ 21% Q m^3/s (عدم‌قطعیت گسترش یافته، عامل پوشش k=2، سطح تقریبی اطمینان = 2).

پیوست الف
(اطلاعاتی)
تصحیح برای خم‌شدن، کشیدگی، شیب و دما در اندازه‌گیری عرض مقطع عرضی به وسیله نوار یا سیم

الف-۱ تصحیح خم‌شدن

الف-۱-۱ تصحیح ناشی از خم‌شدن نوار یا سیم اندازه‌گیری مورد استفاده در طول اندازه‌گیری شده با استفاده از فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$k_s = \frac{m^2 l^3}{24 F_T^2} \quad \text{(الف-۱)}$$

که در آن:

k_s تصحیح خم‌شدن طول(کوتاه‌شدگی)؛

m جرم نوار یا سیم بر حسب طول یکا؛

l طول واقعی نوار یا سیم که قبلاً اندازه‌گیری شده؛

F_T کشش کابل است.

الف-۱-۲ زمانی که نوار یا سیم بر روی یک سطح صاف کالیبره شود و به صورت پی‌درپی مورد استفاده قرار گیرد، فاصله افقی بین دو نشان انتهایی با استفاده از تقسیم تصحیح خم‌شدن به طول کالیبره شده بر روی سطح صاف، به دست می‌آید.

الف-۱-۳ در مورد طول‌های نامتعارف یا طول‌هایی که با طول‌های نوار یا سیم کالیبره شده تفاوت دارند، اگر نوار یا سیم بر روی سطح صاف کالیبره شود، تصحیح محدوده مخصوص مورد نظر به آن محدوده تقسیم می‌شود تا فاصله افقی تصحیح شده را ارائه دهد. اگر نوار یا سیم به‌صورت پی‌در پی کالیبره شده باشد، تصحیح اعمال شده با استفاده از معادله(الف-۲) ارائه می‌شود:

$$k = \left(\frac{x}{l}\right) k_s - k_x \quad \text{(الف-۲)}$$

که در آن:

k تصحیح؛

x طول محدوده مورد نظر؛

k_s تصحیح خم‌شدن طول l؛

K_x تصحیح خم‌شدن طول x است.

اگر x کوچک‌تر از l باشد تصحیح بالا مثبت و اگر بزرگتر باشد، منفی است.

الف-۲ تصحیح کشیدگی

اگر کشیدگی اعمال شده به نوار یا سیم مشابه با کشش مورد استفاده در طی کالیبراسیون نباشد، تصحیح زیر باید برای کشیدگی اعمال شود:

$$k_f = \frac{l(F_T - F_l)}{AE}$$ (الف-۳)

که در آن:

k_f تصحیح طول کشیدگی؛

L طول واقعی نوار یا سیم؛

F_T کشیدگی در زمان اندازه‌گیری؛

F_l کشیدگی مطابق با طول l هنگام کالیبراسیون؛

A مساحت(سطح مقطع) مقطع عرضی نوار یا سیم؛

E مدول یانگ ماده مورد استفاده در نوار یا سیم است.

الف-۳ تصحیح شیب

الف-۳-۱ اگر شیب به‌صورت تک زاویه اندازه‌گیری شود، تصحیح مربوط آن با استفاده از معادله(الف-۴) ارائه می‌شود:

$$k_i = l(1-\cos\beta)$$ (الف-۴)

که در آن:

k_i تصحیح شیب؛

B زاویه شیب.

الف-۳-۲ در صورتی تصحیح شیب براساس اختلاف در ارتفاع اندازه‌گیری شود، با استفاده از فرمول(الف-۵) ارائه می‌شود:

$$k_i = \frac{y^2}{2l} - \frac{y^4}{8l^3}$$ (الف-۵)

که در آن y اختلاف ارتفاع است.

یادآوری۱- برای شیب 8^{o} یا کوچکتر از آن عبارت $\frac{y^4}{gl^3}$ قابل صرفه نظر کردن است.

یادآوری۲- تصحیح همیشه منفی است.

الف-۴ تصحیح دما

تصحیح ناشی از دما بر اساس این‌که دما در زمان اندازه‌گیری بالاتر یا پایین‌تر از دمای کالیبراسیون نوار یا سیم باشد، مثبت یا منفی است و این تصحیح توسط معادله(الف-۶) ارائه می‌شود:

$$k_1 = l\,\lambda\,\Delta\theta \qquad \text{(الف-۶)}$$

که در آن:

l طول واقعی نوار یا سیم؛

k_1 تصحیح دما؛

λ ضریب انبساط گرمایی؛

$\Delta\theta$ افزایش یا کاهش دما نسبت به دمای کالیبراسیون است.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
اندازه‌گیری فاصله در طی مقطع عرضی

ب-۱ روش زاویه‌ای

تئودولیت بر روی یکی از گوشه‌ها قرار داده می‌شود و اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای با استفاده از قایقی که به‌منظور عمق‌یابی استفاده می‌شود و ثابت است، ثبت می‌شوند(به شکل ب-۱ مراجعه شود). به صورت جایگزین، برای یادداشت کردن قرائت‌های انجام شده از دو پرچم که یکی بر روی مقطع عرض تثبیت شده و دیگری بر روی زوایای قائمه آن مقطع قرار دارد، می‌توان از یک زاویه‌سنج که در قایق قرار دارد استفاده کرد.

$$MC = CE \tan\alpha \qquad (ب-۱)$$

ب-۲ روش خطی

چهار پرچم(A، B، C و D) تثبیت می‌شوند به این صورت که در هر گوشه واقع در امتداد خط مقطع عرضی دو پرچم قرار داده می‌شود(به شکل ب-۲ مراجعه شود).یک پرچم دیگر،E، بر روی یکی از گوشه‌های خطی که به خط مقطع عرضی عمود است و از نقطه پرچم B، که به لبه آب نزدیک‌تر و در فاصله مشخص از آن قرار دارد(BE)، می‌گذرد، تثبیت می‌شود. سپس یک ناظر پرچم به دست در امتداد گوشه C ، به طرف موقعیت N، و در امتداد خط عمود بر خط مقطع عرضی حرکت می‌کند تا پرچم متناظرE در گوشه مقابل، پرچم روی قایق M و پرچم N در دست ناظر تماماً در یک خط قرار گیرند. فاصله عمودی بین پرچم در دست ناظر و خط مقطع عرضی(CE) تعیین و فاصله تا قایق مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\therefore MC = \frac{CN + BC}{BE + CN} \qquad (ب-۲)$$

$$MC = CN \tan\alpha$$

$$\tan\alpha = \frac{BC}{(BE+CN)}$$

یادآوری- در این‌جا $\alpha = \widehat{CNM}$ و

اگر کانال بسیار پهن باشد به نحوی که اشیاء موجود در گوشه مقابل به خوبی قابل مشاهده نباشند، موقعیت قایق نسبت به اندازه‌گیری‌هایی که تنها بر روی یک گوشه انجام می‌شوند(به شکل ب-۳ مراجعه شود)، تثبیت می‌شود.

دو پرچم(N و E) روی خطوط عمود بر خط مقطع عرضی، و بر روی گوشه مشابه، به نحوی روی گوشه رودخانه نشانه‌گذاری می‌شوند که فاصله آن‌ها نسبت به قایق مطابق رابطه زیر محاسبه شود:

$$MD = DE \tan \theta \quad (ب-۳)$$

در این‌جا $\theta = \widehat{MED}$ است.

ب-۳ روش نقطه- محوری[1]

زمانی که رودخانه پهن و زمین مسطح در دسترس باشد، می‌توان از روش نقطه- محوری استفاده کرد. در شکل ب-۴ فاصله AP تقریباً نصف و PD یک پنجم عرض رودخانه است. فاصله‌های تثبیت شده بین نقاط روی خط DD^* براساس عرض بین نشان‌های عمودی انتخاب شده، تعیین می‌شود. قایق متحرک روی خط AA^* را می‌توان با استفاده از خط‌کشی نقاط P، E_1، E_2 و غیره در نشان عمودی انتخاب شده، تثبیت کرد. در صورت نیاز می‌توان از مجموعه دوم نقطه‌ها- محوری بر روی گوشه دیگر استفاده کرد. محاسبه مطابق رابطه زیر انجام می‌شود:

$$\frac{AB_n}{PA} = \frac{DE_n}{PD}$$

$$\therefore AB_n = \frac{DE_n \times PA}{PD}$$

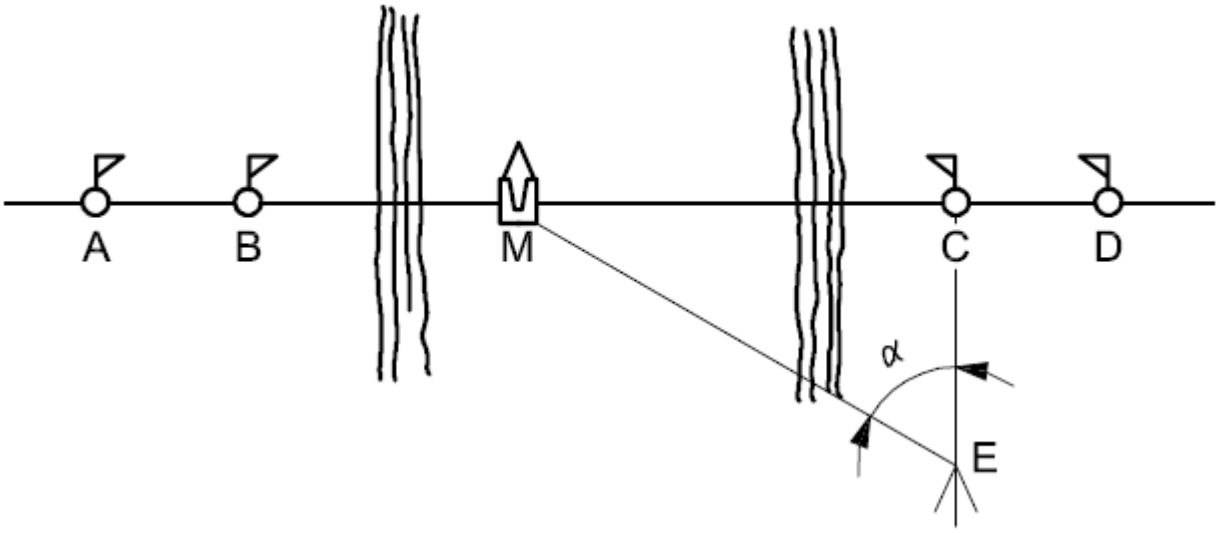
که در آن:

n تعداد نقاط محوری است.

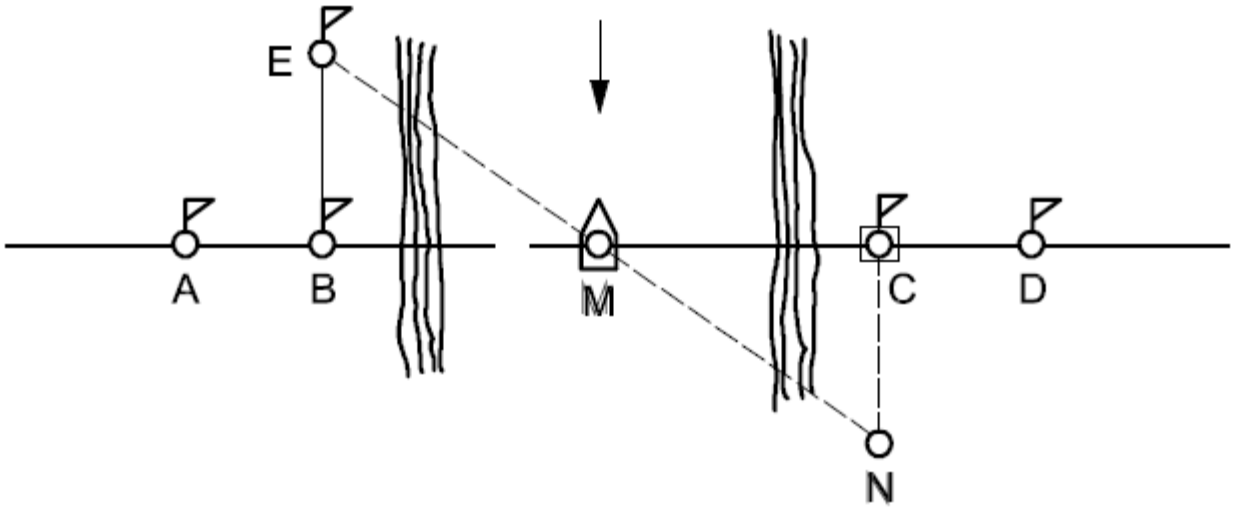
ب-۴ سایر روش‌ها

سایر روش‌ها از فناوری‌های پیشرفته مانند سامانه‌های موقعیت‌یاب جهانی افتراقی(DGPS)[2] که در دسترس هستند، بهره می‌گیرند.

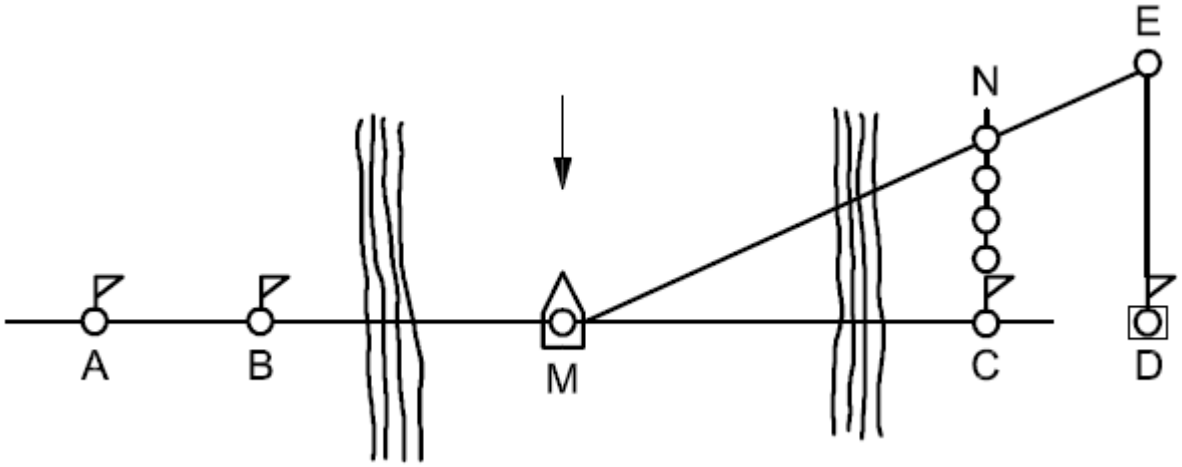
1- Pivot-point method
2- Differential Global Positioning Systems



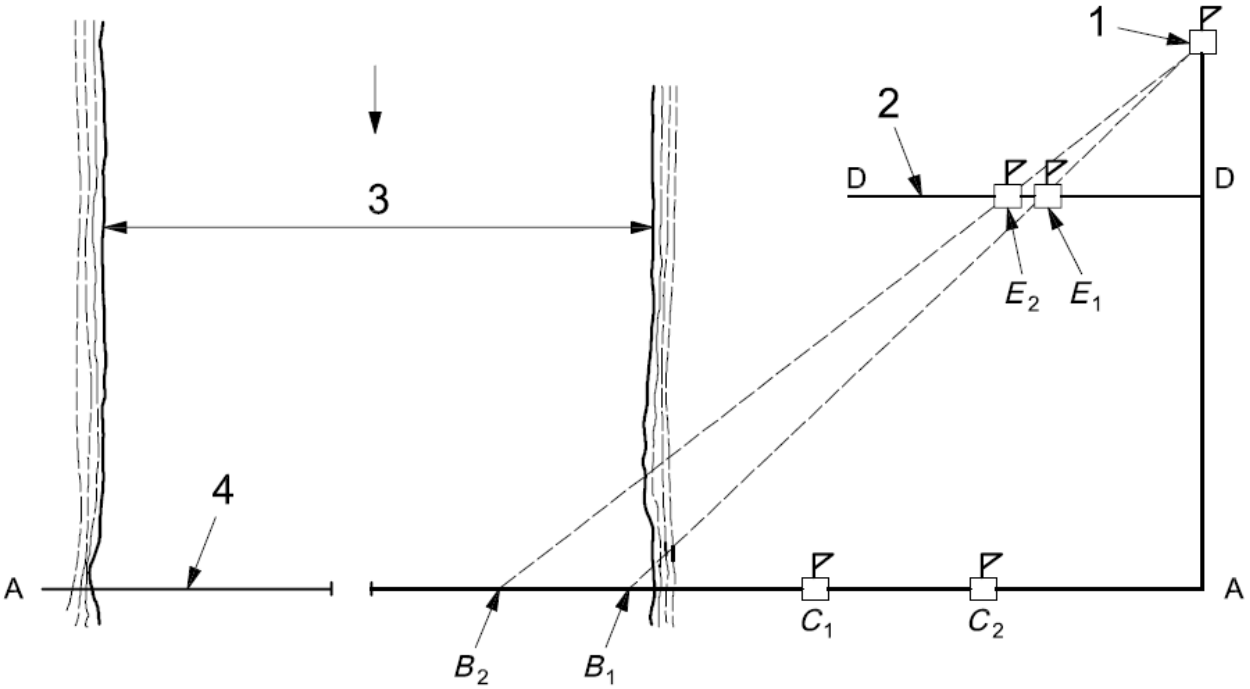
شکل ب-۱ روش زاویه‌ای



شکل ب-۲ روش خطی



شکل ب-۳ روش خطی با استفاده از یک گوشه



راهنما

۱ نقطه محوری

۲ خط بلوک‌های خطی

۳ عرض کانال

۴ خط مقطع عرضی

شکل ب-۴ روش نقطه محوری

پیوست پ
(اطلاعاتی)
تصحیح‌های برای طول مرطوب‌شده سیم در زمان اندازه‌گیری عمق‌ها با استفاده از سیمی که بر سطح، عمود نیست

پ-۱ جدول‌های زیر براساس منبع «اندازه‌گیری و محاسبه جریان، جلد اول، اندازه‌گیری تراز و تخلیه، بررسی زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا، ذخیره آب، گزارش ۲۱۷۵، سال ۱۹۸۲ میلادی» است. بهتر است یادآوری شود که هم‌چنین باید در مورد تغییر بین طول نشان عمودی و طول شیب خط بالای سطح آب، تصحیح انجام شود. اگر فاصله عمودی نقطه معلق خط عمق‌یاب نسبت به بالای سطح X و زاویه بین خط عمق‌یاب و نشان عمودی a باشد، در این صورت تصحیح خط k_{1a} اعمال شده با استفاده از فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$k_{1a}= (\sec a-1)X \qquad (پ-۱)$$

تصحیح درصدی($k_{1a}.100/X$) که تا زاویه°۳۰ از طول اندازه‌گیری شده خط عمق‌یاب کسر می‌شود، در جدول پ-۱ ارائه شده است.

جدول پ-۱ تصحیح خط- هوایی

زاویه عمودی ٪	تصحیح	زاویه عمودی	تصحیح ٪
۴°	۰٫۲۴	۱۸°	۵٫۱۵
۶°	۰٫۵۵	۲۰°	۶٫۴۲
۸°	۰٫۹۸	۲۲°	۷٫۸۵
۱۰°	۱٫۵۴	۲۴°	۹٫۴۶
۱۲°	۲٫۲۳	۲۶°	۱۱٫۲۶

۱۴°	۳٫۰۶	۲۸°	۱۳٫۲۶
۱۶°	۴٫۰۳	۳۰°	۱۵٫۴۷

تصحیح خط مرطوب k_{1w} (به جدول پ-۲ مراجعه شود)،که هم‌چنین به صورت درصد کسر شده از طول اندازه‌گیری شده خط عمق‌یاب نیز شرح داده می‌شود، با فرض این‌که در آبی که هنوز نسبتاً به کف رودخانه نزدیک است فشار مقاومت افقی روی وزنه را می‌توان نادیده گرفت، توزیع سرعت در نشان عمودی به صورت معمولی است و سیم عمق‌یاب و وزنه به گونه‌ای طراحی شده‌اند تا در برابر جریان آب مقاومت کمی داشته باشند، تخمین زده می‌شود.

اگر زاویه سیم عمق‌یاب با نشان عمودی بیشتر از ۳۰° باشد، عدم‌قطعیت‌های این تخمین می‌توانند خطاهای قابل توجهی داشته باشند.

جدول پ-۲ تصحیح خط مرطوب

زاویه عمودی ٪	تصحیح	زاویه عمودی	تصحیح ٪
۴°	۰٫۰۶	۱۸°	۱٫۶۴
۶°	۰٫۱۶	۲۰°	۲٫۰۴
۸°	۰٫۳۲	۲۲°	۲٫۴۸
۱۰°	۰٫۵۰	۲۴°	۲٫۹۶
۱۲°	۰٫۷۲	۲۶°	۳٫۵۰
۱۴°	۰٫۹۸	۲۸°	۴٫۰۸
۱۶°	۱٫۲۸	۳۰°	۴٫۷۲

تصحیح‌های ارائه شده در این جدول درصدهای عمق خط مرطوب هستند(به استانداردISO/TR9209 مراجعه شود).

پ-۲ شکل پ-۱ موقعیت نوعی که در آن موقعیت، جریان‌سنج تحت تاثیر سرعت آب قرار دارد را نشان می‌دهد. نقطه B موقعیت مورد نیاز جریان‌سنج است که فاصله این نقطه از نقطه معلق L است. سرعت آب سبب خواهد شد جریان‌سنج به نحوی به سمت جریان پایین‌دست کشیده شود که زاویه معلق α شود.

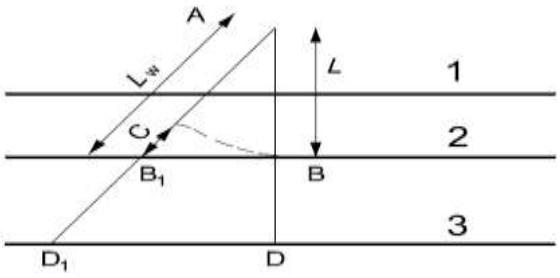
$$\cos\alpha = \frac{L}{L_W}$$

$$L_w = L + C$$

$$\therefore \cos\alpha = \frac{L}{L + C}$$

$$L + C = \frac{L}{\cos\alpha}$$

$$C = \frac{L}{\cos\alpha} - L$$



راهنما

۱ سطح آب

۲ نقطه معلق

۳ سطح بستر

شکل پ-۱ تصحیح خط مرطوب

اگر مقطع عرضی از قبل بررسی شود در این صورت مقدار L مشخص است یا می‌توان آن را در مکان مورد نظر اندازه‌گیری کرد. زاویه α را می‌توان اندازه‌گیری و عامل تصحیحی C را محاسبه کرد. تاز زمانی که زاویه، α، مانند جریان‌سنجی که به زیر سطح آب برده می‌شود تغییر می‌کند، این فرآیند را می‌توان تکرار کرد.

در این روش فرض می‌شود بستر بین نقاط D و D1 افقی است.

اگر مقطع عرضی از قبل بررسی نشود می‌توان جریان‌سنج را تا نقطه D1 بستر پایین برد و فاصله AD1 را اندازه‌گیری کرد. در زمان مشابه می‌توان زاویه، α، را اندازه‌گیری و بنابراین فاصله AD را محاسبه کرد.

$$\cos\alpha = \frac{AD}{AD1} \qquad (پ-۲)$$

بنابراین:

$$AD = AD1 \cos\alpha \qquad (پ-۳)$$

برای تعیین فاصله AD می‌توان از روش اجرایی استفاده شده برای مقطع عرضی از قبل بررسی شده، بهره برد.

پیوست ت
(اطلاعاتی)
تصحیح‌های برای راندگی[1]

جایی که از راه‌اندازهای موتور استفاده شود، برای جلوگیری از راندگی تحت شرایط عادی، این موتورها باید دارای نیروی مناسب باشند. در عمق‌های بیشتر و سرعت‌های بالاتر، بعضی مواقع نگه‌داشتن دقیق راه‌انداز اندازه‌گیری در نقطه مناسب، غیرممکن است. جریان بالادست یا پایین‌دست و حرکت‌های جانبی راه‌انداز در طی مشاهده سرعت باید با استفاده از روش‌های بررسی مناسب یا تجهیزات اندازه‌گیری فاصله الکترونیکی اندازه‌گیری شود و برای تعیین سرعت واقعی تصحیح‌شده به‌منظور حرکت راه‌انداز اندازه‌گیری، آنالیز برداری انجام می‌شود.

در مورد راندگی جریان پایین‌دست در سرعت‌های بالا می‌توان راندگی را اندازه‌گیری و در اندازه‌گیری سرعت آن را به‌صورت کاهش مشروط لحاظ کرد. به عنوان مثال، بر اساس ۳۸۸ مورد مشاهده انجام گرفته بر روی رودخانه ایندوس[2] در کوتری[3](گستره سرعت‌ها بین ۱٫۱۴۶m/s و ۲٫۹۱۱m/s است) تصحیح راندگی به صورت آماری و با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\bar{v}_p = 0.0060 + 0.98\bar{v}_b + 0.98\bar{v}_d \quad (ت-۱)$$

که در آن:

$\bar{v}_p$ سرعت واقعی، بر حسب متر بر ثانیه؛

$\bar{v}_b$ سرعت، بر حسب متر بر ثانیه، مشاهده شده در نقطه همراه با قایق شناور؛

$\bar{v}_d$ سرعت راندگی، بر حسب متر بر ثانیه.

در مجموعه مشاهدات بالایی، سرعت بدون راندگی با استفاده از راه‌انداز موتور با قدرت مناسب و سرعت همراه با راندگی با استفاده از قایق ته صاف، مشاهده می‌شود. برای توقف جزئی قایق از یک لنگر دو چنگکی با وزن

1- Drift
2- River Indus
3- Kotri

۲۸۱۲۳ kg استفاده می‌شود، به طور کلی طول طناب مورد استفاده بین ۲۰m و ۲۵m تغییر می‌کند. پس از آن‌که قایق به اندازه‌کافی به سمت جریان بالادستی کشیده شده، در حالی که قایق در حال راندگی است، لنگر به آب انداخته و سرعت اندازه‌گیری می‌شود.
سرعت راندگی با استفاده از پرچم‌های راندگی که در دوگوشه مجزا و با فاصله‌های مشخص تثبیت شده‌اند، اندازه‌گیری می‌شود.

پیوست ث
(اطلاعاتی)
عدم‌قطعیت‌های برای اندازه‌گیری مساحت(سطح مقطع)- سرعت

ث-۱ کلیات

بهتر است یادآوری شود که مقادیر ارائه شده در این پیوست نتیجه بررسی‌های انجام گرفته این استاندارد در است. به خصوص بهتر است به استاندارد ISO 1088 مراجعه شود. با این وجود، بهتر است هر کاربر مقادیر عدم‌قطعیت‌هایی که در یک مورد مخصوص استفاده خواهند شد را به صورت مستقل تعیین کند. مقادیر موجود در جدول‌های عدم‌قطعیت‌های استاندارد، نسبی هستند(مقادیر«یک انحراف استاندارد»، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)، که به‌صورت درصدهای مقدار اندازه‌گیری شده بیان می‌شوند.
هم‌چنین برای تعیین روش اجرایی مشاهده بهینه مربوط به درستی مورد نظر، می‌توان از اطلاعات ارائه شده در جدول‌های استفاده کرد.

یادآوری- به بند۹ مراجعه شود.

ث-۲ عدم‌قطعیت‌های عرض(u_b)

بهتر است عدم‌قطعیت اندازه‌گیری عرض بیشتر از ٪۵ نباشد.
به عنوان مثال، خطای معرفی شده مربوط به گستره‌یاب مخصوص که دارای فاصله اولیه ۸۰۰mm است، تقریباً مطابق با موارد ارائه شده در جدول ث-۱، تغییر می‌کند.

جدول ث-۱ مثال عدم‌قطعیت‌های یک محدوده‌یاب

(عدم‌قطعیت‌های استاندارد، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)

گستره عرض M	خطای خالص M	عدم‌قطعیت نسبی m
صفر تا ۱۰۰	صفر تا ۰٫۱۵	۰٫۱۵
۱۰۱ تا ۱۵۰	۰٫۱۵ تا ۰٫۲۵	۰٫۲
۱۵۱ تا ۲۵۰	۰٫۳ تا ۰٫۶	۰٫۲۵

ث-۳ عدم‌قطعیت‌های عمق(u_d)

بهتر است عدم‌قطعیت عمق‌های تا ۰٫۳۰۰m، از ٪۱٫۵ و عمق‌های بیشتر از ۰٫۳۰۰m از ٪۰٫۵ بیشتر نباشد.
به عنوان مثال، عدم‌قطعیت عمق یک رودخانه رسوبی که عمق آن بین ۲m تا ۷m است و جایی که سرعت تا ۱٫۵ m/s تغییر می‌کند، در این شرایط، دارای مقدار ۰٫۰۵m است که با استفاده از کابل معلق اندازه‌گیری می‌شود.
به عنوان مثال دیگر، اندازه‌گیری‌ها تا عمق ۶m با استفاده از میله عمق‌یاب و خارج از آن مقدار با استفاده خط لگاریتمی همراه با خط هوایی استاندارد و تصحیح‌های خط مرطوب، انجام می‌شود. این مشاهدات در گستره ۰٫۰۸۷ m/s تا ۱٫۳ m/s انجام می‌شود و نتایج در جدول ث-۲ ارائه شده‌اند.

جدول ث-۲ مثال‌های عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری‌های عمق

(عدم‌قطعیت‌های استاندارد، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)

گستره عمق M	عدم‌قطعیت خالص M	عدم‌قطعیت نسبی ٪	توضیحات
۰٫۴ تا ۶	۰٫۰۲	۰٫۶۵	با استفاده از میله عمق‌یاب.
۶ تا ۱۴	۰٫۰۲۵	۰٫۲۵	با استفاده از خط لگاریتمی و تصحیح‌های خط مرطوب
یادآوری- عدم‌قطعیت‌های نسبی ستون ۳ از روی عدم‌قطعیت‌های خالص ستون ۲ که از عمق‌های گستره میانی ۳٫۲m و ۱۰m متر استفاده می‌کنند، محاسبه می‌شوند.			

ث-۴ عدم‌قطعیت‌های تعیین سرعت متوسط

ث-۴-۱ زمان‌های در معرض دید قرار گرفتن(u_e)

عدم‌قطعیت درصدی مربوط به سرعت نقطه‌ای اندازه‌گیری شده در نقاط و زمان‌های در معرض دید قرار گرفتن متفاوت نشان عمودی، در جدول ث-۳ به‌صورت راهنما نشان داده شده و بهتر است توسط کاربر تایید شود.

جدول ث-۳ عدم‌قطعیت‌های درصدی اندازه‌گیری‌های سرعت نقطه‌ای ناشی از محدود بودن زمان در معرض دید قرار گرفتن

(عدم‌قطعیت‌های استاندارد، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)

سرعت m/s	نقاط نشان عمودی							
	۰٫۲D، ۰٫۴D یا ۰٫۶D				۰٫۸D یا ۰٫۹D			
	حداقل زمان در معرض دید قرار گرفتن							
	۰٫۵	۱	۲	۳	۰٫۵	۱	۲	۳
۰٫۰۵۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۴۰	۳۰	۲۵	۲۰
۰٫۱۰۰	۱۴	۱۱	۸	۷	۱۷	۱۴	۱۰	۸
۰٫۲۰۰	۸	۶	۵	۴	۹	۷	۵	۴
۰٫۳۰۰	۵	۴	۳	۳	۵	۴	۳	۳
۰٫۴۰۰	۴	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۳
۰٫۵۰۰	۴	۳	۳	۲	۴	۳	۳	۲
۱٫۰۰۰	۴	۳	۳	۲	۴	۳	۳	۲
بالای ۱٫۰۰۰	۴	۳	۳	۲	۴	۳	۳	۲

ث-۴-۲ زمان‌های در معرض دید قرار گرفتن(u_p)

مقادیر عدم‌قطعیت نشان داده شده در جدول ث-۴ از تعداد زیادی نمونه مربوط به منحنی‌های سرعت نشان عمودی نامنظم استخراج شده است. این مقادیر به عنوان راهنما نشان داده شده‌اند و بهتر است توسط کاربر تایید شوند.

جدول ث-۴ عدم‌قطعیت‌های درصدی اندازه‌گیری‌های سرعت متوسط در یک نشان عمودی، ناشی از محدود بودن تعداد نقاط در نشان عمودی

(عدم‌قطعیت‌های استاندارد، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)

روش اندازه‌گیری	عدم‌قطعیت‌ها ٪
۰٫۵	توزیع سرعت

۲/۵	۵ نقطه	(بند۷-۱-۵-۳-۳)
۳/۵	۲ نقطه(۰/۲D و ۰/۸D)	(بند۷-۱-۵-۳-۲)
۷/۵	یک نقطه	(بند۷-۱-۵-۳-۳)
۱۵	سطح	(بند۷-۱-۵-۳-۵)

ث-۴-۳ رتبه‌بندی جریان‌سنج چرخشی(u_c)

مقادیر عدم‌قطعیت جدول ث-۵ به عنوان راهنمایی نشان داده و براساس آزمایش‌های انجام گرفته بر روی چندین مخزن رتبه‌بندی جهانی ایجاد شده است.

جدول ث-۵ عدم‌قطعیت‌های درصدی اندازه‌گیری‌های سرعت نقطه‌ای ناشی از خطای رتبه‌بندی جریان‌سنج (عدم‌قطعیت‌های استاندارد، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)

سرعت اندازه‌گیری شده m/s	عدم‌قطعیت‌ها ٪	
	رتبه‌بندی منفرد	رتبه‌بندی استاندارد یا گروهی
۰/۰۳	۱۰	۱۰
۰/۱۰	۲/۵	۵
۰/۱۲	۱/۲۵	۲/۵
۰/۲۵	۱/۰	۲
۰/۵۰	۰/۵	۱/۵
بالای ۰/۵۰	۰/۵	۱/۰

ث-۴-۴ تعداد نشان‌های عمودی(u_m)

مقادیر عدم‌قطعیت جدول ث-۶ به عنوان راهنما نشان داده شده و بهتر است توسط کاربر تایید شوند.

جدول ث-۶ درصد عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری سرعت متوسط ناشی از محدود بودن تعداد نشان‌های عمودی (عدم‌قطعیت‌های استاندارد، سطح اطمینان تقریباً ٪۶۸)

تعداد نشان‌های عمودی	عدم‌قطعیت‌ها ٪
۵	۷/۵
۱۰	۴/۵
۱۵	۳/۰
۲۰	۲/۵

۲۵	۲٫۰
۳۰	۱٫۵
۳۵	۱٫۰
۴۰	۱٫۰
۴۵	۱٫۰

پیوست ج
(اطلاعاتی)
تعیین سرعت متوسط از اندازه‌گیری‌های شناور

ج-۱ ایجاد مقطع عرضی

دو مقطع عرضی موازی AB و CD مطابق شکل ج-۱ انتخاب می‌شوند، موقعیت آن‌ها با استفاده از پرچم‌ها یا نشان‌گرها نشان داده می‌شود. به منظور اندازه‌گیری، باید دست‌رسی به نشان‌گرهای A و C یا A و D راحت باشد و بهتر است تمام نشان‌گرها از نقاط A و C یا A و D قابل مشاهده باشند. توصیه می‌شود، به منظور آسان کردن محاسبه، فاصله ac بین مقاطع عرضی حداقل دو برابر عرض کانال باشد و هریک به‌صورت عمود بر جهت شارش قرار گیرند. فاصله‌های AB، CD، AC و ac با استفاده از بررسی‌های توپوگرافی[1] تعیین می‌شوند.
در مورد مبحث بالا که فرض بر آن است که فاصله AC = ac است.

ج-۲ اندازه‌گیری‌های سرعت

ایستگاه‌های ناظر، خودشان را در نقطه C به کرونومتر دو زمانه مجهز می‌کنند و در آن‌جایی که قرار دارند یک شناور به درون جریان بالادست کانال مقطع عرضی AB انداخته می‌شود. زمانی که شناور به خط می‌رسد دستیار حاضر در نقطه A خط دید را در طول AB حفظ می‌کند و برای ناظر علامت می‌فرستد تا فوراً هر دو ساعت را به کار بیاندازد. اولین ساعت زمانی متوقف می‌شود که شناور خط دید را در طول CB قطع کند و دومین ساعت زمانی متوقف می‌شود که شناور به CD برسد. بر این اساس t مدت زمانی است که سپری می‌شود تا شناور فاصله ab را طی کند(از اولین کرونومتر قرائت می‌شود) و T مدت زمانی است که سپری می‌شود تا شناور فاصله ac را پوشش دهد(از دومین کرونومتر قرائت می‌شود). در این مسیر، با این فرض که مسیر مستقیم و سرعت یکنواخت است،می‌توان سرعت شناور را محاسبه کرد.

1- Topographic

$$u = \frac{ab}{t} = \frac{AC}{T} \qquad (ج-۱)$$

که در آن:

u سرعت شناور است، بر حسب متر بر ثانیه است.

یادآوری- فاصله AC = ac است.

ج-۳ تعیین موقعیت شناور در مقطع عرضی

با توجه به مثال شکل ج-۱ که در مورد تعیین فاصله aB : ABC و aBb است مشخص می‌شود که دو مثلث اشاره شده مشابه می‌باشند و بنابراین فرض می‌شود که سرعت شناور یکنواخت است و نسبت‌های اضلاع آن‌ها برابر با نسبت t : T است.

$$\frac{aB}{AB} = \frac{t}{T} \qquad (ج-۲)$$

از این رو:

$$aB = \frac{t.AB}{T} \qquad (ج-۳)$$

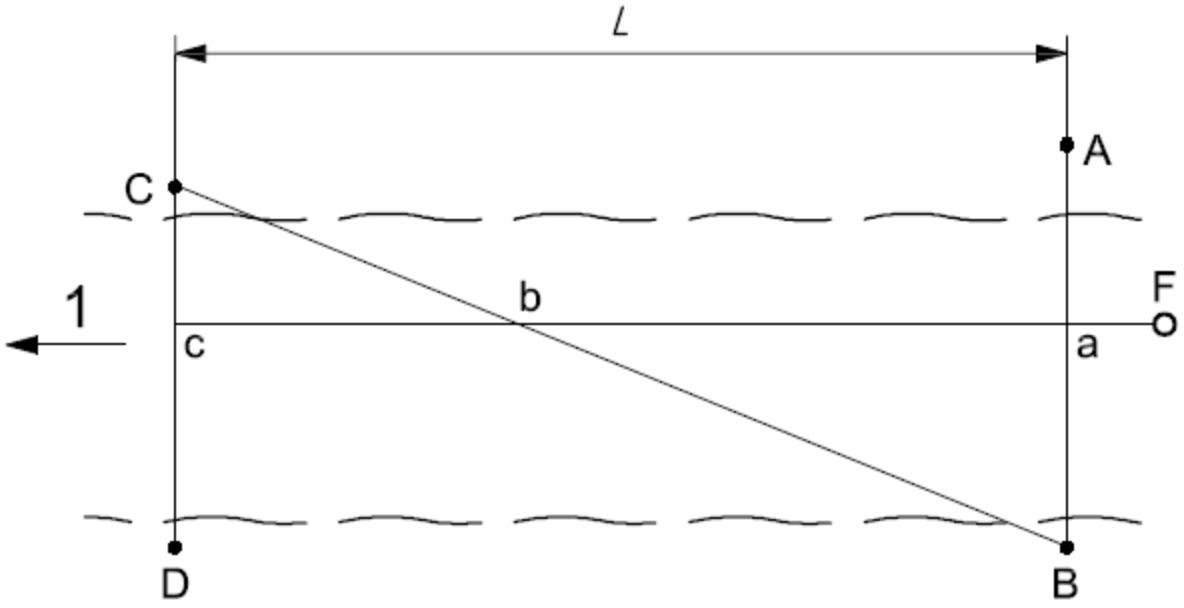
ج-۴ تعیین سرعت متوسط

با استفاده از اندازه‌گیری‌های مشابه با شناورها در فاصله‌های متغیر aB، می‌توان نموداری به‌شکل نمودار شکل ج-۲ ترسیم کرد که در هر مورد، موقعیت شناور را در مقطع عرضی و سرعت سطحی متناظر با آن موقعیت را نشان می‌دهد. منحنی که با رسم کردن نقطه‌ها ایجاد می‌شود توزیع سرعت سطحی مربوط به مقطع عرضی میانی را نشان می‌دهد.

به منظور تخمین سرعت متوسط، $\bar{v}$، در مقطع عرضی، ضروری است که نسبت $\bar{v}/\bar{u}$ را ایجاد کرد که در این‌جا $\bar{u}$ مقدار متوسط سرعت‌های سطحی در مقطع عرضی میانی است.

اگر جریان‌سنج یا سایر اندازه‌گیری‌های تخلیه از ترازها پایینی مقطع عرضی(میانی) مشابه به دست آمده باشند، می‌توان منحنی‌های سرعت و نسب v/u را از نظر تخلیه برون‌یابی کرد. به عبارت دیگر، به طورکلی نسبت v/u بین ۰٫۸ مربوط به آشفتگی کم و ۱٫۰۰ مربوط به آشفتگی زیاد نوسان خواهد کرد.

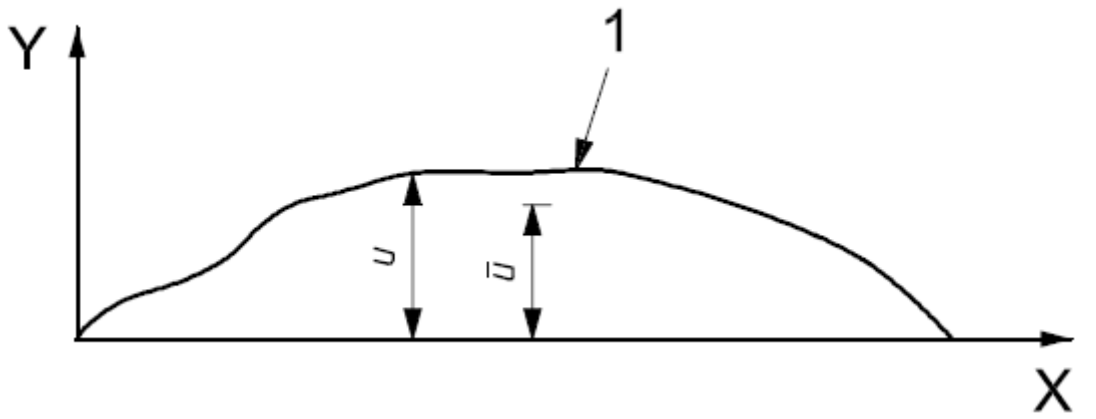
تخلیه اندازه‌گیری‌های شناور به عنوان محصول سرعت متوسط در مقطع عرضی و با استفاده از مساحت(سطح مقطع) مرطوب شده تراز مناسب $Q = \bar{v}.A$ محاسبه می‌شود.



راهنما

۱ جهت شارش

شکل ج-۱ تخلیه محاسبه شده از روش کرونومتر دو زمانه



راهنما

X موقعیت در مقطع عرضی

Y سرعت‌های(شناور) سطحی

۱ نمدار سرعت‌های سطحی

شکل ج-۲ سرعت شناور به عنوان تابعی از موقعیت خود در مقطع عرضی

پیوست چ
(اطلاعاتی)
کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۴۹، هیدرومتری- عمق‌سنجی مستقیم و تجهیزات تعلیق

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۶، هیدرومتری- اندازه‌گیری عمق آب با استفاده از عمق یاب‌های اکویی

[۳] استاندارد ملی ایران شماره ۴۳۶۹، اندازه‌گیری شارش مایع در کانال‌های باز- روش قایق متحرک

[۴] استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۴۳۴، هیدرومتری- وسایل اندازه‌گیری سطح آب

[۵] استاندارد ملی ایران شماره ۵۱۶۸، اندازه‌گیری جریان سیال- روش اجرایی برای ارزیابی عدم قطعیت

[۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۴، کانال‌های باز- اندازه گیری جریان مایع - در شرایط یخبندان

[7] ISO 1000, SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units

[8] ISO 1100-1, Measurement of liquid flow in open channels — Part 1: Establishment and operation of a gauging station

[9] ISO 1100-2, Measurement of liquid flow in open channels — Part 2: Determination of the stage-discharge relation

[10] ISO 4375, Hydrometric determinations — Cableway systems for stream gauging

[11] ISO/TR 9209, Measurement of liquid flow in open channels — Determination of the wetline correction

[12] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993

[13] RANTZ, S.E. et al. USGS Water Supply Paper 2175 — Measurement and computation of discharge, Volume 1 — Measurement of stage and discharge, 1982