



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۱۴۶

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

18146

1st.Edition

2014

هیدرومتری - روش‌های ارزیابی ته‌نشست در
مخازن

**Hydrometry – Methods for assessment of
reservoir sedimentation**

ICS:17.120.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، 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 می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت 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 شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 بین المللی بهره گیری می شود.

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 درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه 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، گواهینامه 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 - روش‌های ارزیابی تهنشست در مخازن »

رئیس:

ترکمن، لیلا
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک)

دبیر:

رنجبر، سیدفرامرز
(دکترای مهندسی مکانیک)

اعضاء:

ترکمن، بهاره
(فوق لیسانس مهندسی برق)

حمیدی، مرتضی
(فوق لیسانس رسوب‌شناسی)

سیدحسینی، سعید
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک)

سیدحسینی، سیدفرهاد
(لیسانس زمین‌شناسی)

عمرانی‌خواه، جلیل
(فوق لیسانس شیمی فیزیک)

گنجه‌ای، بهناز
(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی)

هادی، کاظم
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک)

سمت و / یا نمایندگی

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

دانشگاه تبریز

شرکت بهین سولار کاسپین

اداره کل زمین‌شناسی استان آذربایجان شرقی

شرکت بازرسی بهینه سازان اعتماد صنعت
آذربایجان

شرکت بازرسی پارس بینش

شرکت کلر پارس

سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱	۴ کلیات
۱	۱-۴ علت رسوب گیری در مخزن
۲	۲-۴ مروری بر روش های ارزیابی رسوب مخازن
۳	۵ تعادل انتقال رسوب
۴	۶ روش های مساحی نقشه برداری
۴	۱-۶ کلیات
۵	۲-۶ مساحی های رسوب گذاری مخزن
۵	۳-۶ تناوب
۶	۴-۶ تجهیزات مساحی
۱۱	۵-۶ اندازه گیری چگالی و نمونه برداری رسوب
۱۲	۷ مساحی نقشه برداری با استفاده از شمارش گر
۱۲	۱-۷ کلیات
۱۳	۲-۷ مساحی هیدروگرافیک
۱۴	۳-۷ مساحی های نقشه برداری
۱۵	۴-۷ محاسبه ظرفیت مخزن
۱۶	۸ مساحی نقشه برداری با استفاده از یک روش سطح مقطعی (خط محدوده)
۱۶	۱-۸ کلیات
۱۶	۲-۸ چهارچوب مرجع / گرافها
۲۰	۳-۸ محاسبه ظرفیت مخزن
۲۴	۹ نقشه برداری زیر سطحی
۲۵	۱۰ روش های حس گری از راه دور

۲۵	کلیات	۱-۱۰
۲۵	مزایا	۲-۱۰
۲۶	محدودیت‌ها	۳-۱۰
۲۶	آشکارسازی نوری و مسافت یابی	۱۱
۲۶	کلیات	۱-۱۱
۲۷	کاربردهای هوایی آشکارسازی نوری و مسافت یابی	۲-۱۱
۲۷	کاربرد مستقر بر زمین آشکارسازی نوری و مسافت یابی	۳-۱۱
۲۸	روش‌های عکاسی هوایی	۱۲
۲۸	کلیات	۱-۱۲
۲۹	روش‌های اندازه‌گیری و مساحی از روی عکس‌های هوایی (فتوگرامتری)	۲-۱۲
۳۰	روش‌های عکاسی ماهواره‌ای	۳-۱۲
۳۱	تحلیل عدم قطعیت	۱۳
۳۱	کلیات	۱-۱۳
۳۱	اصول	۲-۱۳
۳۲	تقریب عدم قطعیت	۳-۱۳
۳۶	پیوست الف(اطلاعاتی)، بهینه‌سازی آرایش محدوده‌ها	
۴۱	پیوست ب(اطلاعاتی)، مقدمه‌ای بر عدم قطعیت اندازه‌گیری	
۵۱	پیوست پ(اطلاعاتی)، کتاب‌نامه	

پیش گفتار

استاندارد " هیدرومتری- روش‌های ارزیابی ته‌نشست در مخازن " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط شرکت طرح ابتکار انرژی تهیه و تدوین شده است و در دویست و بیست و ششمین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۲/۱۲/۱۴ 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 6421:2012, Hydrometry – Methods for assessment of reservoir sedimentation

هیدرومتری - روش های ارزیابی ته نشست در مخازن

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، بیان روش‌هایی برای اندازه‌گیری تغییرات زمانی و مکانی رسوب‌گیری در ظرفیت‌های مخزن می‌باشد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. 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 آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

ISO 772:2011, Hydrometry – Vocabulary and symbols

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف استاندارد ISO 772 به کار می‌رود.

۴ کلیات

۴-۱ منشأ ته نشینی رسوب در مخزن

مخازن بسته به علم مطالعه اشکال زمین (شکل هندسی، شیب، مساحتی و کاربری زمین، شدت زه‌کشی، شرایط آب و هوایی و غیره) آبخیز و چرخه‌های بیولوژیکی در مخزن یا حوضه آبریز، ته‌نشست‌های متفاوتی دارند که به ترتیب اهمیت در زیر آورده شده‌اند:

الف - فرسایش

حوضه آبریز مواد محلول و ذرات معدنی را به ترتیب اندازه، شکل و انواع مربوط به نوع صخره و شیب حوضه آبریز تولید می‌کند. علاوه بر این، ریزش جریان‌های خاک و شن ایجاد می‌کند. ته نشینی ذرات در مخزن به صورت ذرات معلق یا بسترانباشته شده انجام می‌شود.

ب- ته‌نشست

به دلیل خار و خاشاک گیاهی از حوضه آبریز و از گیاه‌هان ریشه‌ای و فیتوپلانکتون‌های داخل مخزن اتفاق می‌افتد. خاک و شن بسیار آرام تجزیه می‌شود و اغلب، لایه‌های متناوب با رسوب‌های مواد معدنی را تشکیل می‌دهد. گل ناشی از این نوع ته‌نشست بسیار مرغوب و به شدت روان است و اغلب بافتی ژلاتینی دارد. تجمع گل با نرخ چند سانتی‌متر در سال، هنگام تخلیه مخزن اغلب مشکلاتی را ایجاد می‌کند. این گل حاوی مواد آلی بسیار زیادی است که منجر به مصرف بالای اکسیژن محلول می‌شود. بخشی از ته‌نشست ایجاد شده به هر طریق، ممکن است در محل^۱ از طریق مشاهده چشمی و توسط تحلیل رسوب ته نشین شده ارزیابی شود.

۲-۴ مروری بر روش‌های ارزیابی ته‌نشست در مخازن

دو روش اساسی برای ارزیابی رسوب مخزن وجود دارد:

الف- موازنه انتقال رسوب:

بار رسوب (بار بستر و بار مواد معلق) در تمام طول آبراه‌های جاری به مخزن اندازه‌گیری می‌شود و سپس با بار رسوب اندازه‌گیری شده در خروجی منبع مقایسه می‌شود. اختلاف بین این دو مقدار نمایانگر رسوبی که در مخزن جمع شده است، فرض می‌شود. بهتر است نقطه اندازه‌گیری تا حد کافی نزدیک به محدوده مخزن باشد و باید توجه ویژه‌ای شود که نمونه‌گیری از جریان خروجی باید قبل از تماس آن با جریان پایین دست کانال قابل فرسایش، انجام شود. برای اطلاعات بیشتر به بند ۵ مراجعه کنید.

ب- مساحی ظرفیت مخزن

مساحی‌های هیدرومتری مخزن در فاصله‌های زمانی منظم انجام می‌گیرد. این مساحی‌ها، توزیع جغرافیایی ذخیره رسوبی در مخزن را آشکار کرده و در تعیین ظرفیت ذخیره‌سازی نامعلوم کمک می‌کند. مساحی ظرفیت مخازن با استفاده از روش‌های مساحی نقشه برداری یا فنون تصویربرداری از زمین توسط ماهواره‌ها انجام می‌گیرد.

مساحی نقشه‌برداری بستر (به عنوان مثال عمق‌سنجی) شامل اندازه‌گیری عمق در موقعیت‌های مختلف در مخزن، دنبال کردن پروفیل‌های از پیش تعیین شده، سطح مقطع‌ها یا استفاده از یک شبکه برای تعیین شمارش‌گر است (به بندهای ۶، ۷، ۸ و ۹ مراجعه کنید).

روش‌های تصویربرداری از زمین توسط ماهواره‌ها از تصاویر گرفته شده حین تغییر سطح آب بین تقریباً خالی و تقریباً پر، برای تعریف شمارش‌گرهای خط ساحلی در سطوح مختلف آب استفاده می‌کند (به بندهای ۱۰، ۱۱ و ۱۲ مراجعه کنید).

۵ تعادل انتقال رسوب

در این روش، بار کل رسوب (بار بستر و بار معلق) در موقعیت‌های مناسب نزدیک به دهانه تمامی آبراهه‌های جاری به مخزن و در تمامی خروجی‌های مخزن اندازه‌گیری می‌شود. فرض می‌شود که اختلاف بین بار رسوب وارد شونده و بار رسوبی کل خروجی در هر موقعیت جریان به داخل و بیرون ریز در مخزن می‌ماند. داده‌های تخلیه آب و تخلیه رسوب در هر موقعیت ورودی و خروجی جریان برای به دست آوردن بار رسوبی کل باید جمع‌آوری شود.

در حالت کلی، تخلیه آب از سوابق جریان‌سنج‌ها محاسبه می‌شود (که برای این منظور بهتر است ایستگاه‌های اندازه‌گیری مطابق با استاندارد ISO 1100-1 برپا شود)، سپس مطابق با استانداردهای روش‌های اندازه‌گیری، جریان متفاوت کالیبره می‌شود، به عنوان مثال، استاندارد ISO 748 برای روش مساحت سرعت، استاندارد ISO 9555 برای روش رقیق‌سازی و غیره.

در صورتی که بارهای مورد اندازه‌گیری در دسترس نباشند، چندین روش متداول برای محاسبه انتقال رسوب وجود دارد، که شامل یک روش درون‌یابی برای تخمین بارهای رسوب معلق است. زمانی که داده‌ها برای استفاده از روش درون‌یابی کافی نباشند، منحنی‌های انتقال رسوب نیز می‌توانند برای محاسبه بارهای رسوب معلق مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، تقریب‌های انتقال رسوب معلق از منحنی‌های انتقال - که برای محاسبه بار بستر، و / یا بارهای کلی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است در معرض خطاهای معناداری باشند. معادلات در صورت وجود روابط مخصوص بین متغیرهای هیدرولیکی، پارامترهای رسوب شناسی و نرخ‌ی که بار بستر یا بار ماده بستر انتقال می‌یابد، مستند هستند. تئوری که به دست آمدن معادلات را تایید می‌کند، ناقص، بسیار ساده‌سازی شده است یا وجود ندارد.

علاوه بر این، حتی بیشتر معادلات کامل تئوری، برای تعیین کمی ضرایب معادلات بر داده‌های تجربی تکیه دارند. در دسترس بودن داده‌های محیطی قابل اطمینان برای تایید تقریب‌های معادلات اغلب ناکافی هستند و از معادلات مولفه بار شستشو، که می‌توانند در بردارنده کسر بزرگی از رسوب‌های ته‌نشین در یک مخزن باشند، صرف نظر کرده یا دست‌کم می‌گیرند. مدل‌های ریزش باران - جریان آب حاصل از بارندگی بر اساس آبخیز، مشخصه‌های هواسنجی و مشخصه‌های وابسته به آب ممکن است مفید باشند، اما از لحاظ زمانی فشرده هستند و همچنان به داده‌های محیطی قابل اطمینان نیاز دارند.

تجهیزات و روش‌های اندازه‌گیری بار رسوب در استانداردهای متعددی با جزئیات در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۶۱۱ و استانداردهای ISO/TS 3716، ISO 4364، ISO 4365، ISO/TR 9212، آورده شده‌اند.

در حال حاضر، این روش به دلیل در دسترس بودن فنون پیشرفته و به دلیل تعدادی از مشکلات عملی و محدودیت‌ها، برای ارزیابی رسوب‌گذاری مخزن متداول نیست. این دلایل شامل موارد زیر هستند:

الف- هزینه‌های قابل توجه و منابع انسانی درگیر برای اندازه‌گیری‌های پیوسته و بلند مدت در موقعیت‌های مختلف؛

ب- ناکافی بودن معرف‌های مکانی و زمانی مشاهدات محدود به دلیل تغییرات نوعاً بزرگ بار رسوب با زمان و تخلیه، و نیز تغییرات در سطح مقطع؛

ج- تغییر در جرم‌ها و نسبت‌های کسرهای ریز و درشت رسوب جابجا شده با زمان؛

د- دقت محدود اندازه‌گیری‌های رسوب به دلیل امور مربوط به موارد زیر:

- کارآیی نمونه‌گیر و روش‌های نمونه‌گیری، و

- خطاهای بالقوه القایی ناشی از تجهیزات اندازه‌گیری و روش‌ها؛

ه- تغییرات زیاد در تقریب‌های نرخ جابجایی بار بستر (در صورت عدم وجود اندازه‌گیری‌های واقعی)، که با استفاده از روابط انتقال رسوب مختلف به وجود آمده‌اند یا به صورت کسری از بار معلق اندازه‌گیری شده محاسبه شده‌اند.

یادآوری- روش‌های جایگزین جدیدی برای نظارت بر جابجایی رسوب توسعه یافته‌اند که ممکن است داده‌های تخلیه رسوب قابل تعیین از لحاظ دقت و کارآیی در مورد هزینه را در ایستگاه‌های اندازه‌گیری، تامین کنند. استاندارد ISO 11657 تعدادی از فناوری‌های جایگزین نظارت رسوب، شامل استفاده از میزان کدردی پیوسته و اندازه‌گیری‌های جریان برای تقریب جابجایی رسوب معلق را بیان می‌کند. روش‌های بالک-نوری، لیزر-نوری، دیجیتال-نوری، اختلاف فشار و روش‌های آکوستیک برای اندازه‌گیری جابجایی رسوب معلق مورد مساحی قرار گرفته‌اند. تمامی این روش‌ها نیازمند کالیبراسیون داخل جریان با ابزارها و فنون نظارت استاندارد هستند.

۶ روش‌های مساحی نقشه برداری

۱-۶ کلیات

در مساحی‌های نقشه برداری برای ارزیابی حجم رسوب ته‌نشین شده در امتداد موقعیت آن در مخازن، اندازه‌گیری‌های مستقیم عمق یا ارتفاعات بستر مخازن و مختصه‌های نقاط اندازه‌گیری به صورت متناوب انجام می‌گیرند. روش‌های مساحی اصلی روش سطح مقطع (یا خط محدوده) و روش شمارش‌گر است. انتخاب یک روش به کمیت و توزیع رسوب نشان داده شده توسط بازرسی‌های میدانی، شکل مخزن، هدف مساحی و دقت مورد نیاز بستگی دارد. در حالی که روش مساحی شمارش‌گر در حالت کلی برای هر شکل مخزنی قابل قبول است، استفاده از روش محدوده بهتر است به ساحل‌های نسبتاً مستقیم محدود شود. ترکیب مناسبی از این دو روش نیز می‌توان به کار رود.

در مخازن کوچکتر، ممکن است یک مساحی اکتشافی رسوب‌گیری شده انجام گیرد. این مساحی برای تعیین نرخ تقریبی اتلاف ظرفیت انباره طراحی شده است؛ ضخامت رسوب ته‌نشین شده در ۱۵ تا ۲۰ یا تعداد بیشتری موقعیت که به خوبی در مخزن و به کمک یک وسیله اندازه‌گیری ساده که پایه خوانده می‌شود (به بند ۴-۶-۵ مراجعه شود) اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۶ مساحی‌های رسوب‌گیری مخزن

۱-۲-۶ فواید

الف- یک مساحی مخزن می‌تواند کم هزینه تر از اندازه‌گیری‌های رسوب به صورت پیوسته و در چندین نقطه از حوضه آبریز مرزی باشد.

ب- دقت این مساحی‌ها معمولاً بالاست، به خصوص اگر از تجهیزات پیشرفته استفاده شود.

پ- مساحی می‌تواند در هر زمان پس از آخرین مساحی رسوب‌گیری شده کلی انجام گیرد.

ت- زمان مورد نیاز برای یک مساحی می‌تواند با استفاده از تجهیزات پیشرفته به صورت قابل ملاحظه‌ای کوتاه شود.

۲-۲-۶ محدودیت‌ها

الف- مساحی‌های نقشه برداری هیچ اطلاعاتی در مورد تغییرات رسوب با زمان ارائه نمی‌دهند و فقط رسوب‌های کلی جمع شده پس از آخرین مساحی را ارائه می‌کنند. اطلاعات فوق را تنها با اندازه‌گیری می‌توان به دست آورد.

ب- وزن واحد ته‌نشینی رسوب برای تخمین رسوب مورد نیاز است. تغییرات زمانی و مکانی در وزن واحد ممکن است موجب خطاهایی در نتایج شود.

پ- این روش رسوب را در حوضه آبریز فرعی مشخص نمی‌کند؛ فقط با استفاده از نمونه‌گیری از جریان‌های مختلف می‌توان رسوب را به دست آورد.

ت- این رویکرد در صورتی که رسوب‌گذاری کم باشد کارایی زیادی ندارد، زیرا خطای اندازه‌گیری ممکن است نرخ رسوب‌گذاری واقعی را بپوشاند.

ث- داده‌های بیرون ریزی رسوب نیز برای تقریب جریان به داخل رسوب کلی مورد نیاز هستند.

۳-۶ تناوب^۱

تعداد دفعاتی که مساحی‌های مخزن انجام می‌گیرد بستگی به مشخصه‌های اختصاصی محل دارد. در حالت کلی، مخازن هر سه تا ده سال مورد مساحی قرار می‌گیرند. تعداد دفعات مساحی به نرخ تجمع رسوب بستگی دارد؛ مخازنی که نرخ‌های تجمع بالایی دارند اغلب بیش از مخازن با نرخ تجمع پایین‌تر مورد مساحی قرار می‌گیرند. برای مخازنی که ظرفیت خود را بسیار آرام از دست می‌دهند، یک بازه مساحی بیست سال یا حتی طولانی‌تر ممکن است کافی باشد. برای مخازنی که ظرفیت خود را سریع از دست می‌دهند، یا در حالتی که رسوب‌گیری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، ممکن است یک بازه مساحی به طول ۲ تا ۳ سال مورد استفاده قرار گیرد.

1- frequency

هزینه انجام یک مساحی نقش تعیین کننده‌ای در تصمیم‌گیری در مورد تناوب مساحی‌ها دارد. ممکن است در موارد خاصی نیاز به تغییری در برنامه تدوین شده وجود داشته باشد. به عنوان مثال، ممکن است یک مخزن پس از یک سیل عظیم که بار رسوبی عظیمی را به مخزن منتقل کرده است مورد مساحی قرار گیرد.

یک مساحی ممکن است به دنبال قطع جریان آب بالادست یک سد اصلی در همان حوزه آبریز مرزی انجام گیرد، زیرا کاهش مساحت زهکشی آزاد منجر به کاهش نرخ تجمع رسوب در پایین دست مخزن می‌شود. حجم رسوبی که در یک مخزن جمع شده است از تفریق ظرفیت تجدید نظر شده از ظرفیت اصلی در ارتفاع مخزن مرجع (معمولا سطح مخزن پر) محاسبه می‌شود. از آنجایی که این اختلاف دو عدد بزرگ است، خطایی حتی با چند درصد کوچک در هر یک از دو عدد روی نتایج تاثیر معناداری خواهد داشت.

حداقل فاصله زمانی مساحی‌ها به دقت روش مساحی و نرخ و الگوی افت انباره بستگی دارد. به عنوان مثال، اگر یک روش مساحی خطایی از مرتبه ۰.۲٪ حجم کلی مخزن داشته باشد و در صورتی که مخزن ظرفیتی برابر ۰.۲۵٪ در سال از دست دهد، یک فاصله‌ی زمانی ۴ ساله برای مساحی ممکن است برای ایجاد اطلاعات قابل اعتماد بسیار کوتاه باشد مگر اینکه بیشترین جریان به داخل رسوب روی بخش کوچکی از آب‌گیری متمرکز شود.

۴-۶ تجهیزات مساحی

۱-۴-۶ کلیات

روش‌های اصلی مساحی موارد زیر هستند:

الف- اندازه‌گیری افقی یا مسافت، و

ب- اندازه‌گیری عمودی یا عمق.

تجهیزات اصلی و ابزارهای مورد نیاز برای پوشش آب‌نگاری و نقشه برداری در رابطه با اندازه‌گیری‌ها در بندهای زیر با جزئیات آورده شده‌اند.

۲-۴-۶ تجهیزات موقعیت‌یابی

۱-۲-۴-۶ کلیات

سیستم مکان‌یابی جهانی (GPS) یک سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی با پایه مکان است که اطلاعات مکانی و زمانی قابل اعتمادی را، در تمامی شرایط آب و هوایی و در تمامی زمان‌ها، در هر نقطه روی زمین یا نزدیک به زمین و جایی که خط دید بدون مانعی به چهار یا تعداد بیشتری ماهواره GPS وجود داشته باشد، تهیه می‌کند. این سیستم توسط حکومت ایالات متحده نگهداری می‌شود و به صورت رایگان برای هر کس که یک گیرنده GPS داشته باشد قابل دسترسی است.

دو روش کاری کلی وجود دارد که مکان‌های حاصل از GPS می‌توانند به دست آیند:

الف- موقعیت‌یابی نقطه‌ی مطلق؛

ب- موقعیت‌یابی نسبی^۱ (DGPS).

1 - Global positioning system

۶-۴-۲-۲ موقعیت یابی نقطه‌ی مطلق

یک ماهواره GPS به طور پیوسته سیگنال‌های رادیویی میکروموجی که شامل دو حامل، دو کد و یک پیام ناوبری است را مخابره می‌کند. گیرنده GPS سیگنال را از طریق آنتن گیرنده دریافت می‌کند و با استفاده از نرم افزار موجود در داخلش آن را پردازش می‌کند. گیرنده‌های GPS روی زمین موقعیت‌ها را با انجام اندازه‌گیری‌های مسافت نسبت به چهار یا تعداد بیشتری ماهواره محاسبه می‌کنند. ماهواره‌ها به صورت نقاط مرجع معلومی که اطلاعات مشخصات، موقعیت مکانی و زمانی ماهواره را از طریق کدهای روی دو فرکانس حامل منتشر می‌کنند، عمل می‌کنند. اندازه‌گیری‌های فاصله نسبت به هر ماهواره توسط تحلیل زمان مورد نیاز برای رسیدن یک سیگنال از یک ماهواره تا یک گیرنده GPS انجام می‌گیرد. سپس از تریلیتريشن^۱ برای ایجاد موقعیت یک گیرنده GPS استفاده می‌شود. موقعیت یابی نقطه مطلق بسیار به دقت مختصات معلوم هر ماهواره، دقت تاخیر اتمسفریک مدل شده و دقت تفکیک‌پذیری فرآیند اندازه‌گیری زمان واقعی انجام گرفته در یک گیرنده GPS (همزمان سازی ساعت، پردازش سیگنال، اغتشاش سیگنال و ...) بستگی دارد.

۶-۴-۲-۳ موقعیت یابی نسبی (DGPS)

۶-۴-۲-۳-۱ کلیات

موقعیت یابی نسبی روشی مورد استفاده برای تعیین موقعیت یک نقطه نسبت به نقطه‌ای دیگر است. لازمه DGPS، دو یا تعداد بیشتری از گیرنده‌های GPS می‌باشد تا به طور همزمان اندازه‌گیری‌ها را ثبت کند. موقعیت یابی نسبی بیش از موقعیت مطلق کاربر خاص، به اختلاف نسبی بین موقعیت دو کاربر که به طور همزمان همان ماهواره را مشاهده می‌کنند، مربوط است. از آن جایی که خطاها در موقعیت ماهواره و تقریب‌های تاخیر اتمسفریک به صورت کارآمدی در هر دو ایستگاه دریافت همانند هستند، تا حد زیادی یکدیگر را خنثی می‌کنند. موقعیت یابی نسبی می‌تواند با استفاده از کد یا اندازه‌گیری‌های فازی حامل انجام گیرد و می‌تواند نتایجی را در زمان واقعی یا نتایجی که بعداً پردازش شوند، را ارائه دهد. یک DGPS که از اندازه‌گیری‌های کد- فازی استفاده می‌کند، می‌تواند دقتی نسبی تا چند متر را ارائه کند. یک DGPS که از اندازه‌گیری‌های حامل- فازی استفاده می‌کند، می‌تواند دقتی نسبی تا چند سانتی‌متر را ارائه کند.

۶-۴-۲-۳-۲ DGPS (کد- فازی)

یک DGPS کد- فازی متشکل از دو گیرنده GPS، که یکی در یک نقطه معلوم بر پا شده و دیگری از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت می‌کند یا روی یک سکوی متحرک قرار گرفته است، محدوده‌های کاذب را برای حداقل چهار ماهواره متداول را اندازه‌گیری می‌کند. از آن جایی که موقعیت ماهواره‌ها معلوم هستند و یکی از گیرنده‌ها در یک نقطه معلوم است، "محدوده معلومی" برای هر ماهواره مورد مشاهده می‌تواند محاسبه شود. سپس این "محدوده معلوم" را می‌توان از "محدوده اندازه‌گیری شده" تفریق کرده و تصحیح محدوده یا تصحیح محدوده کاذب (PRC) به دست آورد. این PRC برای هر ماهواره‌ای که در نقطه معلوم ردیابی می‌شود، محاسبه می‌گردد. سپس

^۱ - در هندسه، trilateration فرایند تعیین مکان مطلق یا نسبی نقاط با اندازه‌گیری فاصله با استفاده از هندسه دایره، کره و یا مثلث است.

PRC می‌تواند در مورد گیرنده در حال حرکت یا کنترل از راه دور به کار رود تا محدوده اندازه‌گیری را تصحیح کند. DGPS کد- فازی در سیستم‌های تعیین موقعیت زمان واقعی که دقت در سطح متر قابل قبول است، کاربردهای عمده‌ای دارد.

یک DGPS دینامیکی زمانی واقعی شامل ایستگاه مرجع، پیوند مخابراتی و تجهیزات کاربر است. اگر نتایج در زمان واقعی مورد نیاز نباشند، پیوند ارتباطی می‌تواند حذف شود و اطلاعات مکانی پس پردازش شود.

الف) ایستگاه مرجع: ایستگاه مرجع زمان‌بندی و انتشار اطلاعات را توسط ماهواره‌ها اندازه‌گیری می‌کند و محدوده‌های تصحیح را محاسبه کرده و برای تجهیزات "انتشار به کاربر" فرمت می‌کند. گیرنده مرجع شامل یک گیرنده GPS، آنتن و پردازشگر است. با استفاده از فناوری محدوده کاذب دیفرانسیلی، موقعیت مخزن مورد مساحی را می‌توان نسبت به ایستگاه مرجع پیدا کرد. محدوده‌های کاذب توسط یک گیرنده GPS جمع‌آوری شده و به یک پردازشگر که تصحیح محدوده کاذب را محاسبه می‌کند منتقل شده و برای انتقال داده‌ها فرمت می‌شود. ایستگاه مرجع روی یک اندازه‌گیری مساحی معلوم و در ناحیه‌ای که دید بدون مانع به آسمان داشته باشد قرار می‌گیرد. بهتر است که آنتن نزدیک اجسامی که موجب چند مسیره شدن یا تداخل امواج می‌شوند قرار نگیرد.

ب- پیوندهای ارتباطی: پیوند ارتباطی به عنوان یک واسطه انتقال تصحیح‌های دیفرانسیلی به کار می‌رود.

پ- تجهیزات کاربر: گیرنده کنترل از راه دور بهتر است یک گیرنده‌ی GPS تک فرکانس چند کاناله باشد. گیرنده باید بتواند تصحیح‌های دیفرانسیلی را از پیوندهای ارتباطی پذیرفته و سپس این تصحیح‌ها را در مورد محدوده کاذب اندازه‌گیری شده به کار ببرد.

ت- مسافت‌های جدایی: بیشینه جدایی ایستگاه بین ایستگاه مرجع و ایستگاه کنترل از راه دور برای برآوردن استاندارد مساحی هیدرومتری ۲ متری که می‌تواند تا فاصله ۳۰۰ کیلومتر حفظ شود.

۶-۴-۲-۳-۳ DGPS (حامل- فاز)

ردیابی حامل- فاز تفکیک‌پذیری محدوده بسیار دقیق‌تری را به دلیل طول موج کوتاه و توانایی یک گیرنده برای تفکیک فاز حامل تا ۲ میلی‌متر تامین می‌کند. این روش می‌تواند هم توسط گیرنده‌های استاتیک یا گیرنده‌های جنبش‌شناسی به کار برده شود. روش‌های تفکیک ابهام فاز- حامل در مد دینامیک، زمان واقعی توسعه یافته‌اند و توسط سازندگان گیرنده‌های GPS متعددی برای موقعیت‌یابی زمان واقعی به کار گرفته شده‌اند. این روش‌ها به عنوان "سینماتیک زمان واقعی" یا RTK خوانده می‌شوند و موقعیت‌های سه بعدی دقیق در حد چند سانتی متر را ارائه می‌کند.

سیستم موقعیت‌یابی حامل- فاز بسیار شبیه به فناوری ردیابی کد- فاز است. یک ایستگاه مرجع GPS باید روی یک نشان مساحی معلوم قرار داده شود. ایستگاه مرجع باید قادر به جمع‌آوری محدوده کاذب و نیز داده‌های فاز- حامل از ماهواره‌ها باشد. ایستگاه مرجع شامل یک گیرنده GPS حامل- فاز دو فرکانسی با طول موج کامل، یک پردازشگر و پیوند ارتباطی باشد. پردازشگر مورد استفاده در ایستگاه مرجع محدوده کاذب و تصحیح‌های حامل- فاز را محاسبه کرده و داده‌ها را برای پیوند ارتباطی فرمت می‌کند. تجهیزات کاربر در مخزن مورد مساحی

متشکل از یک گیرنده GPS حامل - فاز دو فرکانسی با طول موج کامل، و یک پردازشگر موجود در آن است. پردازشگر داخل تجهیزات باید قادر به تفکیک ابهام عدد صحیح باشد در حالی که سکوی مخزن مورد مساحی در حال حرکت است. این سیستم برای استفاده در مساحی‌های بالای ۲۰ کیلومتر دورتر از ایستگاه مرجع طراحی نشده‌اند.

۳-۴-۶ تجهیزات اندازه‌گیری مسافت

تجهیزات متداول (به عنوان مثال، یک تراز دوربین دار و قطب‌های عمق پیمائی) و تجهیزات آب‌شناسی بخصوص (به عنوان مثال، یک عمق‌یاب صوتی؛ برای اطلاعات بیشتر به استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۶ مراجعه کنید) برای اندازه‌گیری عمق مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴-۴-۶ تجهیزات اندازه‌گیری عمق

بهتر است درانتخاب یک عمق‌یاب صوتی عوامل تاثیرگذار در دقت مساحی و دامنه و اندازه مخزن مورد مطالعه در نظر گرفته شود. دقت مساحی‌های مربوط به عمق‌سنجی با استفاده از عمق‌یاب‌های صوتی به عوامل متعددی شامل عمق آب و آشفتگی، دمای آب و میزان شوری (که بر سرعت موج اثر می‌گذارد) و بازتاب پذیری مواد کف بستگی دارد. بسته به این عوامل، کاربرها ممکن است عمق‌یاب‌های صوتی را که اجزای و آرایش مختلف فرستنده و ثبت، فرکانس‌های آکوستیک، روش‌های دیجیتالی کردن و طرح‌های ارائه را به کار می‌گیرند انتخاب کنند. عرض پرتو رادار و عمق آب هنگام برخورد موج صوتی با بستر، منطقه‌ای را که می‌توان سیگنال پخش را دریافت کرد یا تفکیک آنتن هوایی موج آکوستیک را دریاچه را تعیین می‌کند. برای همان عمق آب، یک مبدل^۱ پرتو باریک یک مساحت کوچکتر دریافت سیگنال صوتی را ایجاد می‌کند، تفکیک‌پذیری بهتری را ایجاد می‌کند و در حالت کلی دقیق‌تر از یک مبدل با پرتو پهن است. یک مبدل با پرتو باریک برای اندازه‌گیری تغییر شکل کوچک ساختارها مورد نیاز است، اما نیاز به تعداد بیشتری از محدوده‌های مساحی، یا راه‌های سطح مقطع‌ها در سرعت‌های در حالت کلی پایین‌تر از سرعت‌های قایق پایین‌تر از حد مورد نیاز برای یک پرتو مبدل پهن است. بنابراین، استفاده از یک مبدل با پرتو باریک ممکن است نیازمند زمان و هزینه بیشتر باشد. برخی از عمق‌یاب‌های صوتی فنون دیجیتال‌سازی مخصوصی را برای کاهش اثر موثر منطقه‌ای که می‌تواند سیگنال پخش را دریافت کرد را به کار می‌گیرند.

روش‌های دیجیتال‌سازی که توسط عمق‌یاب صوتی به کار گرفته می‌شوند می‌توانند روی دقت داده‌ها تاثیر عمیقی داشته باشند. بسیاری از عمق‌یاب‌های صوتی گرافیکی یا نمایش عددی عمق را زمانی که انرژی آکوستیک بازتابی از آستانه از پیش تعیین شده‌ای بیشتر شود، عمق را تعیین می‌کنند. روش‌های دیجیتال‌سازی " آشکارسازی آستانه " خوانده می‌شوند. هنگام اندازه‌گیری چاله‌ها یا سوراخ‌ها، انرژی آکوستیک بازتابی که بیشتر از آستانه هستند احتمال دارد از لبه‌های منطقه‌ی دریافت سیگنال پخش باشد. اگر منطقه دریافت پخش سیگنال بزرگ و عرض سوراخ کم باشد، یا اگر بستر شیب معناداری داشته باشد، عمق اندازه‌گیری شده توسط عمق‌یاب صوتی ممکن است دقیق نباشد.

1 - transducer

یک طرح جایگزین دیجیتال سازی، استفاده از آشکارسازی اوج به جای آشکارسازی آستانه است. فنون آشکار سازی اوج اکوی برگشتی را تحلیل کرده و فاصله مربوط به اندازه اوج سیگنال برگشتی را نسبت به مقدار آستانه از پیش تعیین شده محاسبه می کند؛ بنابراین، روش آشکارسازی اوج عمق را در مرکز تقریبی منطقه دریافت سیگنال پخش اندازه گیری می کند و پهنای پرتو به طور موثری کاهش می یابد. روش آشکارسازی اوج به بازتاباننده های آکوستیک در ستون آبی (رسوب، خاروخاشاک و ...) نسبت به روش آشکارسازی آستانه حساسیت پایین تری دارد. اگرچه داده های کافی می توانند با یک عمق یاب صوتی که از آشکارسازی آستانه استفاده می کنند حاصل شود، اما آشکار سازی اوج در آب های گل آلود و متلاطم ممکن است بسیار دقیق تر و قابل اعتمادتر باشد. توسعه های اخیر سیستم های ردیاب صوتی چند پرتوی و حسگری منطقه، اجازه جمع آوری سریع داده های دقیق مربوط به اندازه گیری عمق در یک منطقه بزرگ را می دهد.

سیستم های ردیاب صوتی حسگری منطقه برای یافتن موقعیت منابع به منظور عملیات حفاری و به عنوان کمکی برای رفع موانع مورد استفاده قرار می گیرد. این فناوری مشابه یک عمق یاب صوتی مبدل ثابت است. موقعیت اندازه گیری و عمق بستر جریان از مسافت شیب اندازه گیری شده توسط سیستم آکوستیک و شیب و چرخش مبدل تعیین می شود. پوشش کامل داده های یک منطقه دایروی می تواند از یک موقعیت منفرد به دست آید. اگر سیستم روی یک شیر مساحی متحرک نصب شود، سیستم می تواند هنگام مانور شیر در جریان به طور موثری ردیفی از داده ها را جمع آوری کند.

یک سیستم چند پرتوی از لحاظ توانایی ها مشابه ردیاب صوتی حسگری منطقه است. سیستم های چند پرتوی در حقیقت از چند پرتو استفاده نمی کنند، بلکه بادبزی از صوت را منتشر می کنند و بخش های صوت بازتابی را توسط مرحله بندی الکترونیکی یک ردیف مبدل دریافت می کنند. مبدلها در یک کمان - نوعا در آرایش های ۶۰ تایی از مبدلها در یک کمان ۹۰ درجه قرار می گیرند. بنابراین یک ردیف از بستر جریان تقریبا به طور همزمان مورد اندازه گیری قرار می گیرد.

دقت سیستم های حسگری منطقه و چند پرتوی به شدت به اندازه گیری های دقیق موقعیت مبدل یا آرایش مبدل، در زمان جمع آوری داده ها بستگی دارد. هنگامی که مبدل با زاویه حاده نسبت به بستر جریان قرار دارد، خطاهای کوچک در زاویه اندازه گیری شده مبدل می تواند موجب خطاهای قابل توجهی در اندازه گیری عمق شود. بنابراین، سکوه های آرایش بسیار پایدار یا ابزارهای خارجی برای اندازه گیری دقیق و جبران وضعیت شیر، برای جمع آوری داده های دقیق با این سیستم ها مورد نیاز هستند. محدوده موثر به فرکانس آکوستیک ها و مشخصه های آب بستگی دارد. ردیاب صوتی حسگری منطقه برای اندازه گیری عمق در محدوده های ۱۰ متر به کار می روند.

۵-۴-۶ تیر

تیر یک میله فولادی به طول ۲ متر تا ۳ متر است که سطح آن سخت کاری شده و قطری در حدود ۲۰ میلی متر تا ۴۰ میلی متر دارد که در داخل آن شیارهای کاهش تدریجی به سمت بیرون در فواصل منظم ماشین کاری شده است. ضخامت هر شیار از عمق ۶ میلی متر تا صفر در کنار شیار بعدی و بالاتر کاهش می یابد. تیر پرتاب می شود

یا به تیر اجازه داده می‌شود تا به صورت عمودی و با نیروی کافی برای نفوذ به رسوب ته نشین شده و ماده خاک اصلی زیرین، از آب عبور کند. اگر عمق آب کم باشد، ممکن است با دست رانده شود. پس از ملاحظه عمق تیر (تیر به اضافه ی طول خط)، تیر به آرامی بلند شده (به گونه‌ای که رسوب پر شده در شیارها شسته نشود) و برای تعیین عمق کف پیش‌آبگیر بر اساس تغییر در بافت، رنگ، وجود ریشه‌ها، و ... بررسی می‌شود. ارتفاع تا بالای رسوب‌های ته‌نشین شده به طور همزمان با استفاده از وزنه تعیین عمق آب تعیین می‌شود و ضخامت رسوب توسط تفریق معین می‌گردد.

۵-۶ اندازه‌گیری‌های چگالی و نمونه‌بردارهای رسوب

۱-۵-۶ اندازه‌گیری‌های چگالی

چگالی توده رسوب را می‌توان توسط روش‌های مختلفی تعیین کرد: برای مثال، با بیرون آوردن نمونه‌ای با حجم معلوم، یا با استفاده از قطب چگالی گاما، یا توسط عمق‌یاب صوتی چند فرکانسی. اندازه‌گیری‌های چگالی و نمونه‌های رسوب در امتداد خطوط محدوده انتخاب می‌شوند. تعداد نمونه‌ها و موقعیت‌های اندازه‌گیری به دقت مطلوب و تغییرپذیری رسوب بستگی دارد. کل عمق هر رسوب ته‌نشین شده باید نمونه‌گیری شده و حجم و وزن نمونه به دقت اندازه‌گیری شود تا انباشت رسوب تعیین شود.

۲-۵-۶ نمونه‌برداری از رسوب

ابزارهای نمونه‌برداری در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۶۱۱ و استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۲ ارائه شده است. اغلب آن‌ها دسته‌های مختلفی از ابزارهای نمونه‌برداری با مته (SCS، نوع استوانه‌ای، و ...)، یا ابزارهای خاک‌برداری سطحی، مناسب برای انواع مختلفی از ماده بستر هستند. نمونه‌بردارهای نوع پیستونی (مانند وایبراکور) و میله‌ای رادیواکتیو (مانند میله‌های گاما) نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۵-۶ عمق‌یاب صوتی چند فرکانسی

در این مورد، ایده استفاده از محدوده‌های فرکانس مختلف عمق‌یاب صوتی است: در فرکانس‌های پایین‌تر، امواج‌های برگشتی بهتر به سطح نفوذ می‌کنند. در نتیجه، امواج برگشتی یک عمق‌یاب ۲۰ کیلو هرتز توسط رسوب با چگالی ۱/۲ کیلوگرم بر لیتر بازتابانده می‌شود، در حالی که امواج برگشتی یک عمق‌یاب ۳۳ کیلو هرتز توسط رسوب با چگالی ۱/۴ کیلوگرم بر لیتر بازتابانده می‌شود. بنابراین این احتمال وجود دارد که با تغییر فرکانس یک طیف بازتابش به دست آورد که می‌تواند به نوبه خود برای مشخص کردن لایه‌های مختلفی از رسوب مورد استفاده قرار گیرد. عمق‌یاب صوتی چند فرکانسی هنوز در یک مرحله واقعاً تجربی است و از بهبودهای معنادار در زمینه پردازش سیگنال سود می‌برد. بهتر است در نظر گرفته شود که زاویه دید پرتو منتشر شده با فرکانس تغییر می‌کند که این به این معناست که سیگنال بازتابشی توسط هر پرتو الزاماً از موقعیت جغرافیایی (x,y) یکسانی نمی‌آید. در نتیجه تعبیر نتایج باید به نواحی با شیب ملایم محدود شود تا مسائل شامل زوایای حاده مختلف پرتو محدود گردند.

فنون دو فرکانسی ۳۳/۲۱۰ کیلوهرتز قابل اعتمادتر است و برای رسوب‌های زیستی مناسب است؛ چگالی ۱/۲ کیلوگرم بر لیتر ممکن است بخوبی زیر سطح رسوب قرار گرفته باشد. از سوی دیگر، در مخازنی که رسوب به طور عمده منشا معدنی دارد، رسوب سطح به طور طبیعی چگالی بیشتر از ۱/۴ کیلوگرم بر لیتر خواهد داشت. سیستم‌های دسته‌بندی آکوستیک کف دریا (ASCS) سیگنال‌های آکوستیک بازتابی از عمق‌یاب‌های تک پرتوی را پردازش می‌کنند و می‌توانند برای تخمین کیفی ترکیب رسوب مخزن مورد استفاده قرار گیرند. این سیستم‌ها اطلاعاتی در مورد نوع کف، رسوب‌های کف و گیاهان آبی جمع‌آوری می‌کنند. انواع مختلف کف مخازن می‌تواند توسط استخراج داده در مورد زبری کف (یعنی بی‌نظمی‌ها در مساحتی) و سختی (یعنی نوع سفره- صخره، شن، گل و ..) مشخص شود.

توصیف صفات مخزن- رسوب آکوستیک نیازمند تایید میدانی است. این امر با نمونه‌برداری فیزیکی از کف با استفاده از هسته‌های رسوب یا قلاب‌ها، یا از طریق مشاهدات دیداری توسط غواص‌ها یا دوربین‌های زیر آب انجام می‌گیرد. هر نوع سفره‌ای که با آن مواجه می‌شویم باید مورد بررسی قرار گیرد تا داده‌ها به دقت تعبیر شوند و صحنه‌های آکوستیک به طرح طبقه‌بندی رسوب مخزن مربوط شوند. ممکن است نیاز به نمونه‌برداری گسترده با مقیاس ظریف وجود داشته باشد، به خصوص جایی که رسوب‌ها پیچیده هستند. علاوه بر آن، این سیستم‌ها نیازمند کالیبراسیون اولیه در هر موقعیت مطالعه منحصر بفرد هستند تا سیگنال‌های بازتابی را تعبیر کرده و نوع پوشش ته آب را طبقه‌بندی کنند.

تمامی این فنون، حال بر اساس فرکانس‌های دوگانه یا چندگانه، هنوز هم نیازمند کالیبراسیون اولیه با استفاده از نمونه‌های رسوب مانند موارد بیان شده در بند ۲-۵-۶ هستند.

۷ مساحتی نقشه برداری با استفاده از روش شمارش گر

۱-۷ کلیات

هدف اصلی از این روش آماده‌سازی یک نقشه شمارش گر از بستر مخزن با استفاده از اطلاعات کامل نقشه برداری یا مربوط به عمق‌سنجی است. به این منظور، سطوح مکان یا عمق‌یابی‌ها در نقاط از پیش تعریف شده در کل بستر مخزن در نظر گرفته می‌شوند. سپس یک نقشه شمارش گری از مخزن با مقیاس و فاصله شمارش گر مناسب آماده‌سازی می‌شود، که از آن ظرفیت مخزن در زمان مساحتی محاسبه می‌شود. اختلاف در ظرفیت بین دو مساحتی نشانگر کاهش ظرفیت به دلیل ته نشینی رسوب در طول بازه مداخله است.

روش‌های میدانی کمی برای شمارش گر کردن در دسترس هستند، که کاربرد آن‌ها بیشتر به جنبه‌های فیزیکی مخزن، برنامه کاری آن، شرایط کاری و در دسترس بودن ابزارها و امکانات دیگر بستگی دارد. روش‌های مورد استفاده متداول شامل موارد زیر هستند:

- شمارش گر شبکه‌ای؛
- شمارش گر شعاعی؛
- شمارش گر دایره‌ای؛
- نقشه برداری سطح آب.

اندازه‌گیری‌های اساسی که در هر یک از تکنیک‌های مساحی بالا انجام می‌گیرد برای به دست آوردن مختصات x , y , z در نقاط (شبکه)های پیش تعریف شده هستند. روش‌های به دست آوردن مختصات x و y در استاندارد ISO/TR 11330 ارائه شده‌اند.

مختصه z نقاط زیر سطح آب توسط اندازه‌گیری‌های عمق (اندازه‌گیری عمق‌ها) به دست می‌آید. برای مخازن کوچک، اندازه‌گیری‌های عمق توسط یک قطب صوتی یا توسط طناب سربی در فواصل کوتاه‌تر انجام می‌شود، به گونه‌ای که شمارش گرهای پایینی با دقت کافی ایجاد می‌شوند. در مخازن بزرگ، اندازه‌گیری‌های عمق با استفاده از تجهیزات عمق‌سنج صوتی در تمامی نقاط شبکه مساحی انجام می‌گیرد. روش‌های متداول مورد استفاده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۶ ارائه شده است. می‌توان مختصه z نقاط بالای سطح آب را توسط مساحی زمین به دست آورد.

تشریح دقیق روبه‌ها و ابزارهای انجام مساحی هیدروگرافیک در انتشارات IHO C-13، دستورالعمل هیدروگرافی آورده شده است.

پیشرفت‌های اخیر در فنون مساحی مکانیزه مساحی‌های شمارش گر هیدروگرافیک در مخازن کوچک و متوسط را اقتصادی کرده است.

۲-۷ مساحی هیدروگرافیک

سیستم‌های مربوط به اندازه‌گیری عمق یکپارچه که در یک DGPS ترکیب شده‌اند نیز، برای مساحی‌های آب‌نگاری به منظور رسم نقشه دیجیتالی کف کل مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم مساحی اساساً از سه جزء تشکیل شده‌اند:

الف- یک سیستم موقعیت‌یابی (یک GPS در مد دیفرانسیلی برای موقعیت‌یابی مناسب قایق مساحی در حال حرکت)؛

ب- واحدهای اندازه‌گیری عمق (عمق یاب صوتی/ عمق‌سنج/ مبدل برای اندازه‌گیری دیجیتالی عمق)؛

پ- یک رابط کامپیوتری، شامل نرم افزار ضبط داده‌های مربوط به حوادثی که در زمان‌های متوالی اتفاق می‌افتند و پس پردازش داده‌های موقعیت‌یابی؛ یک پلاتر، چاپگر، مانیتور و ...

مساحی به روشی سریع و کار آمد با استفاده از GPS در حالت دیفرانسیلی برای مساحی‌های هیدروگرافیک و با استفاده از جدیدترین فناوری و یک "ایستگاه کلی" (به بند ۲-۳-۷ مراجعه کنید) برای مساحی‌های نقشه

برداری روی زمین انجام می‌گیرد. با یک قایق که به تجهیزات عمق‌سنجی مجهز شده است، و با GPS نصب شده روی عرشه آن و با استفاده از یک کامپیوتری که در مساحی مربوط به عمق‌سنجی استفاده می‌شود، این کار انجام می‌شود؛ ایستگاه مرجع آن در یک مبنای جغرافیایی معلوم قرار دارد.

نرم‌افزار مساحی امکان تثبیت خطوط شبکه، ارتباط عمق‌سنج و DGPS و گرفتن مقادیر x, y, z در فواصل/ شبکه‌های مورد نیاز را به وجود می‌آورد. ناوبری قایق می‌تواند توسط نرم‌افزار به گونه‌ای کنترل شود که قایق خطوط شبکه را به طور دقیق ردیابی کند. مساحی می‌تواند در مد تصادفی نیز اتفاق بیفتد. سپس داده‌های جمع‌آوری شده پردازش می‌شوند و با استفاده از نرم‌افزاری که به صورت مخصوص ایجاد شده است تا نتایج را به شکل‌های مختلف به دست آورد مورد تحلیل قرار می‌گیرند، به عنوان مثال، نمودار نقطه، شمارش‌گرها و نقشه-های سه بعدی بستر مخزن، جداول افزایش ظرفیت مساحت و سطح مقطع‌های مخزن.

فاصله خطوط مساحی اندازه‌گیری خصوصیات آب به عوامل متعددی مانند استفاده مورد نظر داده‌ها، پیچیدگی کف و زمان و تلاش موجود بستگی دارد. داده‌ها در امتداد تمامی خطوط در دسترس هستند و بنابراین کل مساحت مورد مساحی به صورت مطلوب پوشش داده می‌شود. چند خط اتصال در جهت دیگر نیز ایجاد می‌شوند. به طور مشابه، در مساحی‌های آب‌نگاری مساحت بالای زمین پوشش نمی‌یابد، و تا سطح آب بیشینه، و عموماً توسط در نظر گرفتن سطوح آب در فواصل مناسب در امتدادی که خطوط محدوده قرار گرفته‌اند مساحی می‌شوند؛ این فاصله بسته به موقعیت منعطف هستند.

۳-۷ مساحی‌های نقشه برداری

۱-۳-۷ کلیات

بهتر است یک مساحی نقشه برداری در مساحت بین سطح آب موجود در زمان مساحی و بیشترین سطح آب / سطح مخزن پر^۱ انجام گیرد. مساحی در اطراف پیرامون مخزن و با استفاده از تقسیم‌بندی شبکه مناسب انجام می‌گیرد.

۲-۳-۷ دستگاه

الف) ایستگاه مطلق- این سیستم در کنار یک تئودولیت الکترونیک، یک ابزار اندازه‌گیری مسافت الکترونیک و یک کامپیوتر به عنوان یک واحد کار می‌کند. توانایی سیستم برای حفظ داده‌ها در حافظه، انجام محاسبات با استفاده از پردازشگر، و در نهایت توانایی آن برای ایجاد فایل‌های x, y, z که می‌توانند به طور مستقیم به کامپیوتر منتقل شوند فرآیند محاسبه را سریع و دقیق می‌سازد.

ب) خود تراز- خود تراز برای انتقال دقیق مختصات z از یک مبنا به نقاط کنترل برای کنترل کردن دقت عمودی ایستگاه مطلق در طی مساحی نقشه برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

^۱ - Full reservoir level (FRL)

۳-۳-۷ مساحی ایستگاه مطلق

مساحی ایستگاه مطلق در نقطه مرجع مورد استفاده در ایستگاه مرجع DGPS و با استفاده از مختصات ماند مختصات مورد استفاده در مساحی‌های مربوط به آب‌نگاری شروع می‌شود. بهتر است دو نقطه با استفاده از یک DGPS نزدیک ایجاد شوند؛ این نقاط بهتر است برای محاسبه زاویه (عرض جغرافیایی) برای مساحی‌های نقشه برداری مورد استفاده قرار گیرند.

بهتر است مساحی برای پوشش مساحت زمین مخزن تا سطح آب بیشینه انجام گیرد. خروجی نهایی مساحی یک فایل x, y, z است.

بهتر است یک مساحی نقشه برداری نیز برای انتخاب موقعیت و مختصات سایر جنبه‌ها (مانند محورهای سد، آب بند، و ...) در سطح بیشینه آب مورد استفاده قرار گیرد. تمامی داده‌ها- حاصل از ایستگاه مطلق و از DGPS، در فرمت دیجیتالی قابل دسترسی هستند- با داده‌های مربوط به اندازه‌گیری عمق، با فرمت لازم، به منظور ایجاد یک نقشه شمارش گر مخزن ادغام می‌شوند.

۴-۷ محاسبه ظرفیت مخزن

پس از این که نقشه شمارش گری مخزن آماده شد، نواحی منضم در شمارش گرهای متناظر مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند. با شروع از پایین‌ترین شمارش گر، مساحت پوشش داده شده توسط شمارش‌گرهای مختلف به دست می‌آید و ظرفیت بین شمارش‌گرهای متوالی توسط معادله‌ای که در زیر ارائه می‌شود، قابل حل است. مقدار فزاینده ظرفیت، که از پایین‌ترین شمارش گر شروع می‌شود، معادله ارتفاع- ظرفیت را ارائه می‌کند. اختلاف بین منحنی ظرفیت قدیمی و منحنی جدید در هر ارتفاع معینی متناظر با تجمع رسوب ته‌نشین شده بین مساحی‌ها خواهد بود.

الف) معادله شبه منشور اصلاح شده:

$$V_x = \frac{2H}{6}(A_1 + 4A_m + A_2) - V_y \quad (1)$$

که در آن:

V_x حجم بین شمارش‌گرهای میانی و بالایی است (یعنی، حجم بین A_m و A_2)؛

H فاصله شمارش گر (اختلاف ارتفاع بین شمارش‌گرهای A_m و A_2)؛

A_m مساحت شمارش گر میانی است؛

A_2 مساحت شمارش گر بالایی است؛

V_y حجم بین شمارش گر A_1 و A_m که قبلاً تعیین شده است.

حجم زیر پایین‌ترین فاصله شمارش گر ممکن است توسط روش مساحت پایانی میانگین محاسبه شود. پس از پیدا کردن حجم زیر پایین‌ترین شمارش گر، این معادله به تدریج می‌تواند برای هر شمارش‌گر متعاقب بالاتر مورد استفاده قرار گیرد.

(ب) رابطه شبه منشور:

$$V_x = \frac{H}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \quad (2)$$

۸ مساحی نقشه برداری با استفاده از یک روش سطح مقطعی (خط گستره)

۱-۸ کلیات

روش مساحی سطح مقطعی شامل عمق‌یابی، یا سطح‌سنجی در امتداد مجموعه‌ای از سطح مقطع‌ها برای به دست آوردن داده‌های فاصله از نقطه شروع سطح مقطع (مختصات x و y) و ارتفاع متناظر (مختصه z) برای از پیش تعیین کردن نقاط در امتداد خط سطح مقطع است. مساحی‌های مربوط به آب‌نگاری برای به دست آوردن مختصات x, y, z نقاطی که در زیر سطح آب در زمان مساحی هستند بهتر است همان طور که در بند ۷-۲ بیان شده است انجام شود. برای نقاطی که در ناحیه بین سطح آب موجود و بیشینه سطح آب / سطح مخزن پر، بهتر است مختصات x, y, z نقاط با روش‌های مساحی نقشه برداری بیان شده در ۷-۳ به دست آید. هدف ایجاد نواحی انتهایی در سطح مقطع‌های مختلف و انجام محاسبات حجمی است.

طرح بندی و فاصله بندی سطح مقطع‌ها بهتر است به دقت برنامه ریزی شود و نشان‌های مرجع در انتهاهایشان بهتر است به یک شبکه مثلث‌بندی شده متصل شوند. سطح مقطع‌ها بهتر است به صورت عمودی بر روند طولی (روند مسطح) مخزن، و مسافت در امتداد عرض و عمق سطح مقطع بهتر است تا حد امکان به صورت خطی تغییر یابند. نقاط مهم در حین ثابت کردن خطوط سطح مقطعی در پیوست الف مورد بحث قرار گرفته اند. ناحیه ی منضم توسط دو سطح مقطع، مرز بستر رودخانه و خطوط دو سطح مقطع به عنوان فضای سطح مقطع تعریف می‌شوند. فضای سطح مقطعی می‌تواند به صورت یک مدل هندسی ساده شود، و معادله مناسب می‌تواند برای محاسبه ظرفیت و حجم رسوب در ارتفاعی معین انتخاب شود. "مساحت‌ها" و "فاصله بین" دو سطح مقطع المان‌های اساسی در محاسبه ظرفیت و حجم رسوب هستند.

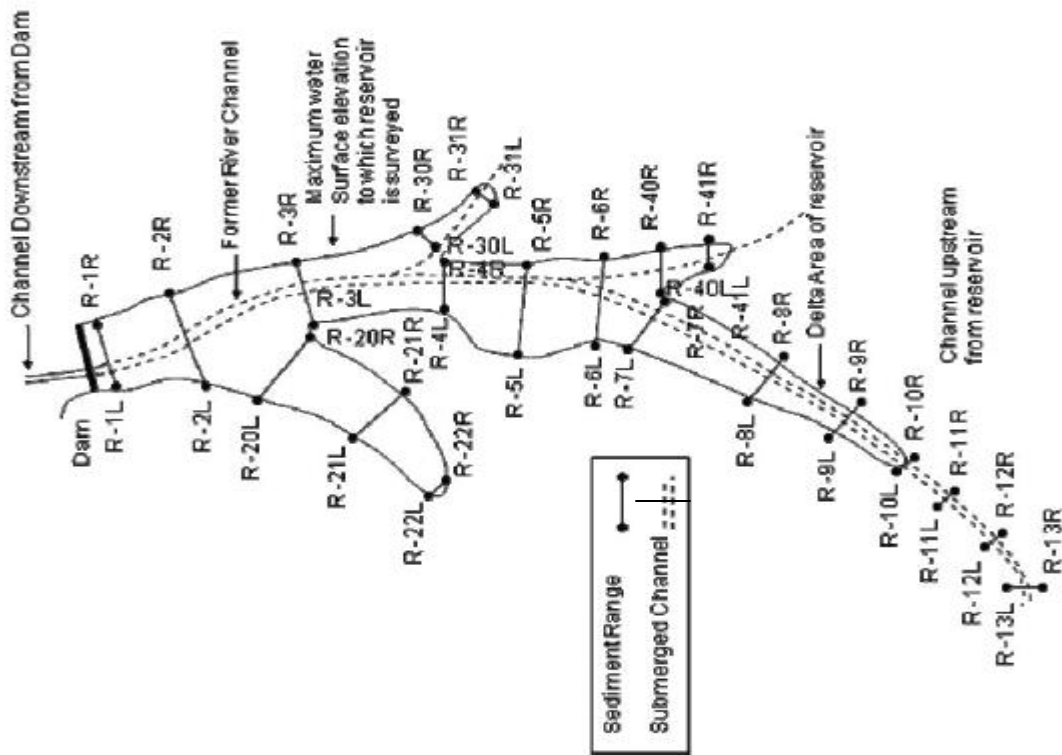
۲-۸ چارچوب‌های مرجع / نمودارها

۱-۲-۸ کلیات

در روش سطح مقطع، داده‌های اندازه‌گیری شده و پارامترهای محاسبه شده به صورت گرافیکی و توسط موارد زیر نمایش داده می‌شوند.

۲-۲-۸ نقشه جغرافیایی

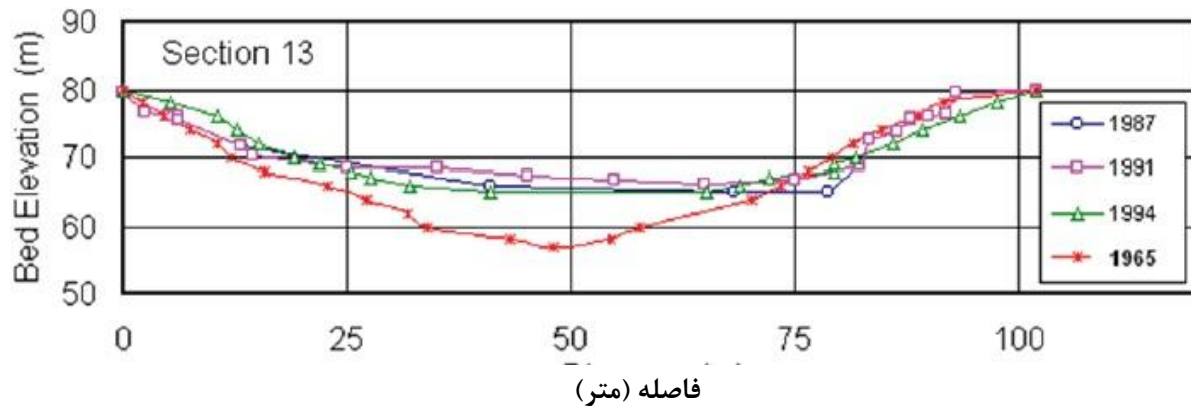
یک نقشه جغرافیایی برای نشان دادن اطلاعات جغرافیایی شامل خطوط سطح مقطع در امتداد مخزن، نشان‌ها یا نقاط انتهایی و مبناهای در امتداد هر ساحل، و نقاط اندازه‌گیری در امتداد هر سطح مقطع و سد تهیه شده است. یک سیستم مختصات جغرافیایی مانند UTM یا عرض جغرافیایی، از طول جغرافیایی برای آماده کردن چنین نقشه‌ای استفاده می‌شود، که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نوعی نقشه جغرافیایی، بیانگر اطلاعات جغرافیایی متعدد

۳-۲-۸ سطح مقطع

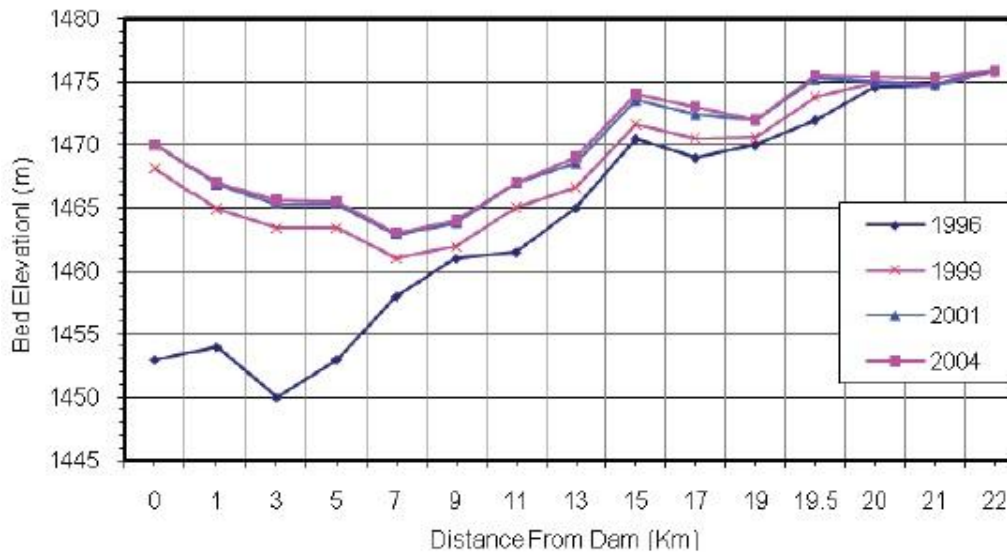
هدف یک نمودار از سطح مقطع نشان دادن و مشاهده تغییرات رویه‌شناسی^۱ است. مجموعه‌های داده مختلف از مساحی‌های مختلف از سطح مقطع یکسان رسم شده‌اند؛ یک نمونه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- ترسیم نوعی یک سطح مقطع با مساحی‌های مختلف

۴-۲-۸ برش طولی

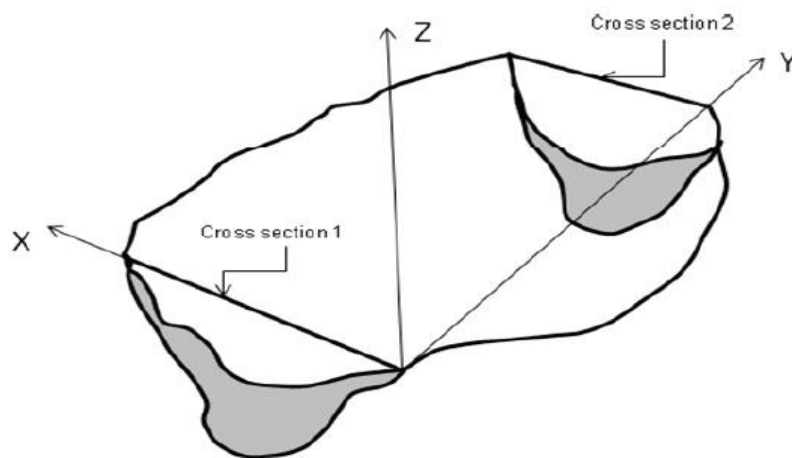
تغییرات رویه‌شناسی در امتداد بستر مخزن به صورت گرافیکی توسط رسم مجموعه داده‌ها از مساحی‌های مختلف، با محور X به عنوان فاصله از سد، و محور Y به عنوان سطح متوسط بستر (تغییر در سطح بستر یا در حجم) در یک ساحل به دلیل رسوب/ شستشو نشان داده شده است. یک نمودار نوعی از یک پروفیل طولی نشانگر سطوح بستر مورد مشاهده در سال‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- مشخصه طولی

۵-۲-۸ فضای سطح مقطع

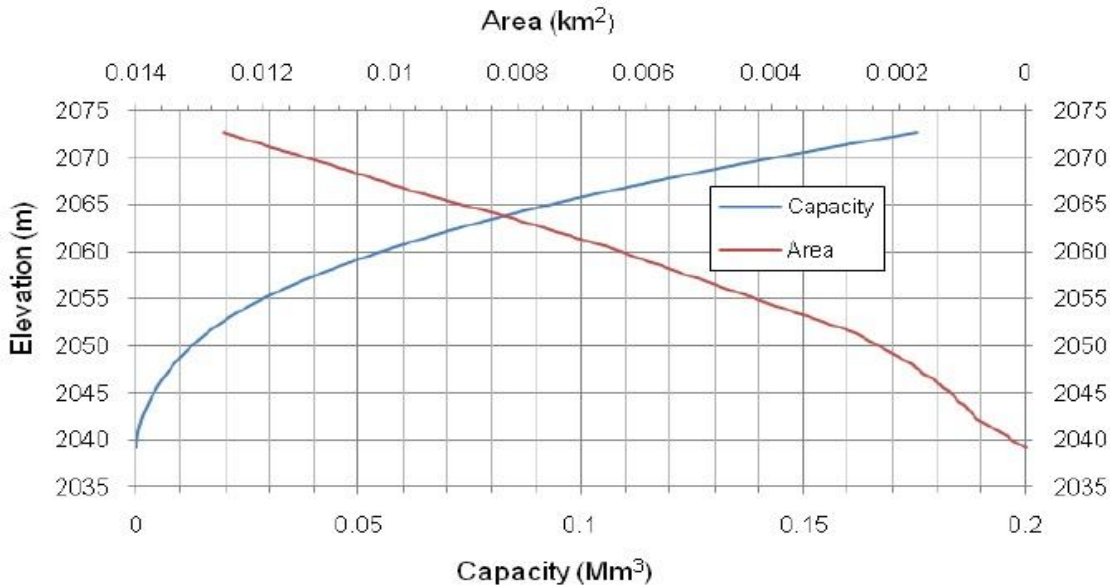
تغییر حجم در ساحل بین دو سطح مقطع توسط یک نمودار سه بعدی، با محور X به عنوان فاصله در امتداد سطح مقطع، محور Y فاصله در امتداد جهت جریان، و محور Z عمق / ارتفاع نمایش داده می‌شود. یک نوع نمودار در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- فضای سطح مقطع معمول

۸-۲-۶ نمودار ظرفیت مخزن - مساحت - ارتفاع

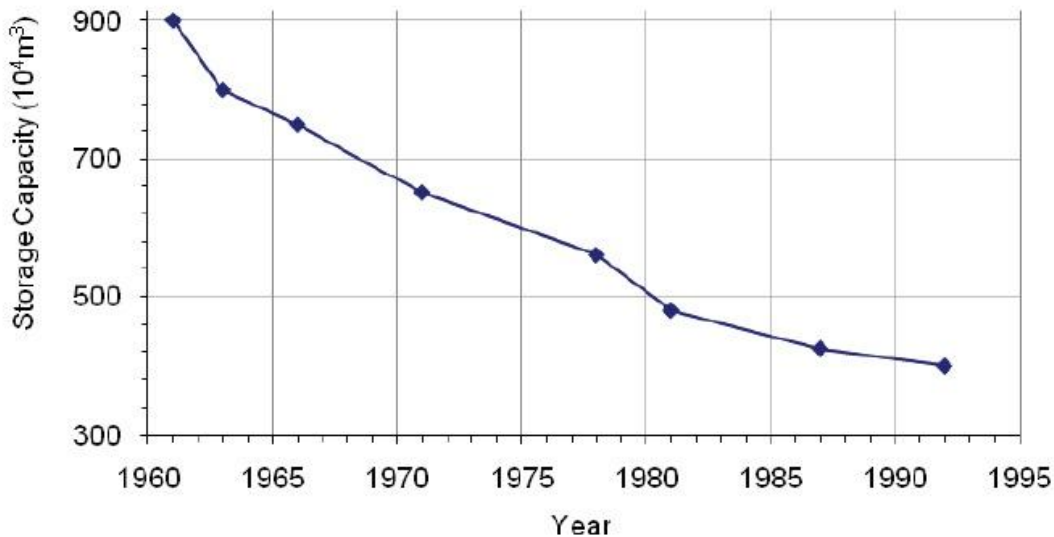
تغییرات در ظرفیت کلی یا مساحت مخزن توسط یک گراف با محور X به عنوان ظرفیت یا مساحت و محور Y به عنوان ارتفاع نشان داده شده است. یک گراف نوعی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- نوعی منحنی " ظرفیت مساحت - ارتفاع "

۸-۲-۷ نمودار مرجع زمانی

تغییرات زمانی در یک نمودار (به شکل ۶ مراجعه کنید) که محور X به عنوان زمان و محور Y به عنوان ظرفیت انبار کلی (مساحت سطح مقطع، مساحت مخزن، یا سطح متوسط بستر) در یک سطح مقطع هستند، نشان داده شده است.



شکل ۶- نمودار مرجع زمان نشان دهنده تغییرات در ظرفیت انبار

۳-۸ محاسبه ظرفیت مخزن

۱-۳-۸ محاسبه سطح مقطع

مساحت یک سطح مقطع در هر ارتفاع معین از داده‌های فاصله نسبت به نقطه شروع در امتداد خط سطح مقطع و ارتفاع بستر مخزن در نقاط اندازه‌گیری محاسبه می‌شود. هر سطح مقطع توسط عمودها به بخش‌های متعددی تقسیم می‌شود. مساحت هر بخش با استفاده از یک معادله ذوزنقه‌ای و مجموع تک تک مساحت‌ها؛ مساحت کلی سطح مقطع‌ها به صورت معادله ۳ محاسبه می‌شود:

$$A_n = \frac{1}{2} \sum (x_{i+1} - x_i) [(z_0 - z_i) + (z_0 - z_{i+1})] \quad (3)$$

A_n مساحت سطح مقطع با n نقطه انتخاب شده یا عمودها؛

x_i فاصله نقطه شروع تا نقطه/ عمود انتخاب شده ؛

x_{i+1} فاصله از نقطه شروع تا نقطه بعدی x_i ؛

z_i ارتفاع بستر مخزن در نقطه/ عمود انتخاب شده ؛

z_{i+1} ارتفاع بستر در نقطه بعدی z_i ؛

z_0 ارتفاع معین برای محاسبه مساحت سطح مقطع است.

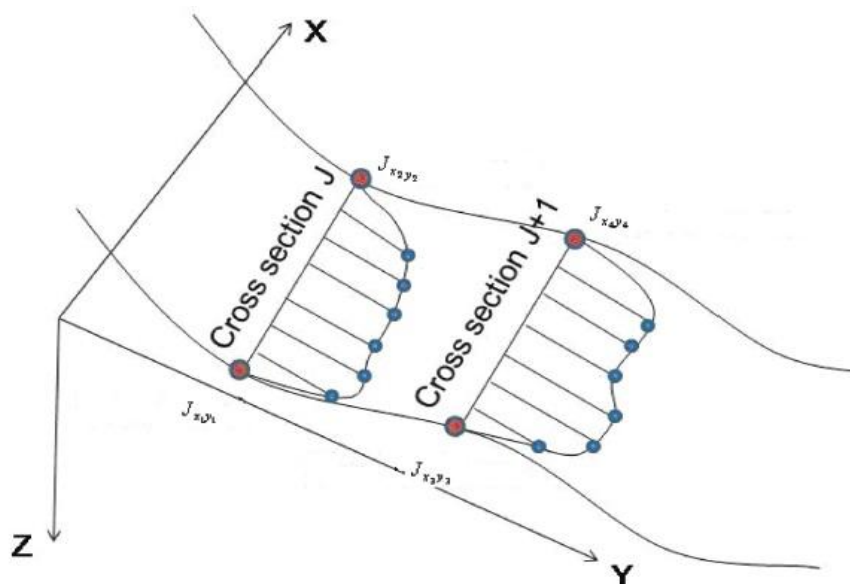
۲-۳-۸ محاسبه فاصله بین دو سطح مقطع مجاور

۱-۲-۳-۸ کلیات

شکل ۷ دو سطح مقطع مجاور را نشان می‌دهد، J و $J+1$ ، برای محاسبه فاصله بین این سطح مقطع‌ها زمانی که موازی هستند، فاصله به صورت طول خط عمودی بین دو سطح مقطع محاسبه می‌شود. هنگامی که دو سطح مقطع موازی نیستند، فاصله بین آنها با استفاده از هر یک از روش‌های زیر می‌تواند محاسبه شود:

الف- روش نقاط میانی خطوط سطح مقطع؛

ب- روش ظرفیت معادل.



شکل ۷- تعریف طرح فضای سطح مقطع

۲-۲-۳-۸ روش نقاط میانی خطوط سطح مقطع

در این روش، فاصله بین دو سطح مقطع مجاور به صورت طول خط اتصال نقاط میانی خطوط سطح مقطع محاسبه می‌شود.

مختصات نقطه شروع و نقاط پایانی را J_{x_1, y_1} و J_{x_2, y_2} برای سطح مقطع J قرار دهید؛ و این نقاط برای سطح مقطع $J+1$ ، J_{x_3, y_3} و J_{x_4, y_4} خواهند بود. فاصله y از J تا $J+1$ با معادله شماره ۴ محاسبه می‌شود:

$$y = \sqrt{\left(\frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{x_3 + x_4}{2}\right)^2 + \left(\frac{y_1 + y_2}{2} - \frac{y_3 + y_4}{2}\right)^2} \quad (۴)$$

۳-۲-۳-۸ روش ظرفیت معادل

در این روش فاصله با استفاده از مفهوم ظرفیت معادل محاسبه شده است، یعنی هنگامی که فاصله ضرب در مساحت سطح مقطع می‌شود معادل حجم محاسبه شده توسط جمع کردن حجم‌های تمامی واحدهای ستون / بخش‌های بین دو سطح مقطع مجاور می‌شود.

در حالتی که مقاطع J و $J+1$ موازی نباشند، حجم بین سطح مقطع‌ها به صورت حجم ستونی با سطح مقطع J به عنوان کف و $J+1$ به عنوان سطح شیب‌دار بالایی تعریف می‌شود. از آنجایی که سطح مقطع J به واحدهای مساحت متعددی تقسیم شده است، حجم هر واحد ستون با ضرب کردن مساحت در ارتفاع محاسبه می‌شود. فاصله متوسط (ارتفاع) بین سطح مقطع‌های J و $J+1$ از این شرط که ظرفیت محاسبه شده توسط جمع کردن حجم‌های تمامی واحدهای ستون بین دو سطح مقطع حاصل می‌شود. فاصله بین سطح مقطع‌ها $(d_{J \leftrightarrow J+1})$ در ظرفیت معادل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_{J \leftrightarrow J+1} = \frac{d_{J, J+1} + d_{J+1, J}}{2} \quad (۵)$$

که در آن:

$$d_{J,J+1} = \frac{1}{2} \frac{\sum (d_{(J,J+1)_i} + d_{(J,J+1)_{i+1}}) [z_{J_0} - z_{J_i}] + (z_{J_0} - z_{J_{i+1}}) [l_{J_{i+1}} - l_{J_i}]}{\sum [(z_{J_0} - z_{J_i}) + (z_{J_0} - z_{J_{i+1}})] [l_{J_{i+1}} - l_{J_i}]} \quad (6)$$

$$d_{J+1,J} = \frac{1}{2} \frac{\sum (d_{(J+1,J)_i} + d_{(J+1,J)_{i+1}}) [z_{J+1_0} - z_{J+1_i}] + (z_{J+1_0} - z_{J+1_{i+1}}) [l_{J+1_{i+1}} - l_{J+1_i}]}{\sum [(z_{J+1_0} - z_{J+1_i}) + (z_{J+1_0} - z_{J+1_{i+1}})] [l_{J+1_{i+1}} - l_{J+1_i}]} \quad (7)$$

$$d_{(J+1,J)} = \sqrt{(x_{J,d_i} - x_{J+1_i})^2 + (y_{J,d_i} - y_{J+1_i})^2} \quad (8)$$

فاصله از نقطه ابتدایی سطح مقطع J برای واحد مساحت i ؛ l_{J_i}
 به ترتیب ارتفاع و ارتفاع بیشینه سطح مقطع J برای واحد مساحت i ؛ z_{J_0} و z_{J_i}
 فاصله از نقطه ابتدایی سطح مقطع $J+1$ برای واحد مساحت i ؛ l_{J+1_i}
 به ترتیب ارتفاع و ارتفاع بیشینه سطح مقطع $J+1$ برای واحد مساحت i ؛ z_{J+1_0} و z_{J+1_i}
 $d_{(J+1,J)_i}$ و $d_{(J,J+1)_i}$ متقارن؛

(x_{J+1_i}, y_{J+1_i}) مختصات نقاط روی خط l_{J+1} ؛

(x_{J,d_i}, y_{J,d_i}) مختصات نقاطی که عمود بر خط l_{J+1} و l_J هستند.

۳-۳-۸ محاسبه ظرفیت فضای سطح مقطع

الف) معادله مخروط ناقص / شبه منشور

معادله ۹ مخروط ناقص برای محاسبه ظرفیت به صورت زیر است:

$$V_{jz} = \frac{1}{3} y (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2) \quad (9)$$

که

V_{jz} حجم بین دو سطح مقطع؛

y فاصله بین سطح مقطع‌های J و $J+1$ ؛

A_1 مساحت سطح مقطع J ؛

A_2 مساحت سطح مقطع $J+1$ است.

اساس معادله مخروط ناقص بر این فرض است که دو سطح مقطع شکل یکسانی دارند و با یکدیگر موازی هستند.

ب- معادله شبه منشور

معادله شبه منشور برای محاسبه ظرفیت را می‌توان با معادله ۱۰ مشخص می‌شود:

$$V_{jz} = \frac{1}{2} y (A_1 + A_2) \quad (10)$$

این معادله می تواند در شرایطی که تغییر مساحت بین سطح مقطعها روند خطی نشان دهد به کار گرفته شود. پ- محاسبه ظرفیت در سطح مقطعهایی که روند تغییر عرض و عمق متوسط خطی است B_J و B_{J+1} عرض، H_J و H_{J+1} عمق سطح مقطعهای J و $J+1$ هستند. در روند تغییرات خطی، این دو پارامتر می توانند به شکل زیر بیان شوند:

$$B_Y = B_J + \frac{B_{J+1} - B_J}{Y_{J,J+1}} y \quad (11)$$

$$H_Y = H_J + \frac{H_{J+1} - H_J}{Y_{J,J+1}} y \quad (12)$$

مساحت متناظر برابر است با :

$$A_y = B_Y H_Y \quad (13)$$

ظرفیت بین دو سطح مقطع، V_{BH} ، با استفاده از معادله ۱۴ محاسبه می شود:

$$V_{BH} = \frac{1}{6} y_{J,J+1} (2A_J + 2A_{J+1} + B_J H_{J+1} + B_{J+1} H_J) \quad (14)$$

که در آن:

$$A_J = B_J H_J \quad \text{مساحت سطح مقطع } J \text{ ؛}$$

$$A_{J+1} = B_{J+1} H_{J+1} \quad \text{مساحت سطح مقطع } J+1 \text{ است.}$$

در یک مخزن تنظیم کردن سطح مقطعهایی که در عرض روند تغییر خطی دارند بسیار مهم است. معمولاً، چنین سطح مقطعهایی در ناحیه / ساحلهایی که رشد می کنند یا در حال پس روی هستند قرار می گیرند. در مورد عمق، در سطح مقطعهای مخازن با شیب تند وجود روند تغییر خطی در عمق امری متداول است. در چنین شرایطی، معادله (۱۴) به کار می رود.

ت- محاسبه رسوب یا مقدار شستشو در فضای سطح مقطع

با اتخاذ روش اختلاف حجم، مقدار رسوب یا شستشو را می توان به عنوان اختلاف در حجمهای دو بار مورد مشاهده در یک ارتفاع معین در نظر گرفت. V_q نشانگر حجم بار اول مشاهده شده و V_h نشانگر اندازه گیری دوم، مقدار رسوب یا شستشو، V_{cy} ، است که می تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$V_{cy} = V_h - V_q \quad (15)$$

مقدار V_{cy} مثبت نشانگر شستشو؛ و مقدار منفی آن نشان دهنده رسوب است.

۸-۳-۴ رویه تهیه منحنی ارتفاع - ظرفیت

حجم میان سطح مقطعها در ارتفاعی معین باید با استفاده از روشهای مناسب محاسبه شود. از مجموع حجم بین تمامی سطح مقطعها، ظرفیت مخزن مربوط به ارتفاع معین حاصل می شود. سپس منحنی ارتفاع ظرفیت با دادههای به دست آمده رسم می شود.

سیستم‌های ایجاد پروفیل زیر سطح، فرصت‌های اندازه‌گیری ظرفیت‌های اولیه و کنونی مخزن را با مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها ایجاد می‌کنند. این سیستم‌ها لایه‌های رسوبی را که زیر سطح مشترک رسوب/ آب وجود دارند را شناسایی و اندازه‌گیری می‌کنند. سیستم‌های آکوستیک از فنون مشابه در عمق یاب‌های صوتی استفاده می‌کنند. یک منبع صوتی سیگنالی عمودی رو به پایین به درون آب منتشر می‌کند و یک گیرنده سیگنال بازتابی را که از رسوب‌های مخزن بازتاب یافته است را بازبینی می‌کند. برخی از سیگنال‌های آکوستیک به رسوب‌ها نفوذ می‌کنند و هنگامی که با مرزی بین دو لایه با خواص آکوستیکی متفاوت مواجه می‌شود بازتاب پیدا می‌کند (امپدانس آکوستیکی). سیستم از این انرژی بازتابی برای تامین اطلاعات در مورد لایه‌های رسوب زیر سطح مشترک رسوب- آب استفاده می‌کند.

امپدانس آکوستیکی به چگالی ماده و نرخی که صوت در ماده انتشار می‌یابد مربوط است. زمانی که تغییری در امپدانس آکوستیک وجود دارد، به عنوان مثال، در سطح مشترک آب- رسوب، قسمتی از صوت انتقالی بازتاب می‌یابد. با این حال، مقداری از انرژی صوت از مرز و رسوب‌ها عبور می‌کند. این انرژی هنگام مواجهه با مرزهای بین لایه‌های رسوب عمیق‌تر که دارای امپدانس‌های آکوستیکی متفاوتی هستند بازتاب پیدا می‌کند. سیستم از انرژی بازتابی توسط این لایه‌ها برای ایجاد یک پروفیل از رسوب‌های زیر سطح استفاده می‌کند.

سیستم‌های ایجاد پروفیل زیر سطح اطلاعات راجع به ساختار رسوب زیر سطحی فراهم می‌کنند. هیچ فنون آکوستیکی دیگر این نوع از اطلاعات را فراهم نمی‌کند و فقط نمونه‌برداری فیزیکی (بوسیله هسته‌ها) یا عکس برداری در محل (به وسیله تصویر برداری از پروفیل رسوب) توصیف مشخصه‌های ساختارهای زیر سطحی را ممکن می‌سازد. سیستم‌های ایجاد پروفیل زیر سطح ممکن است تا عمق ۳۰ متر داخل رسوب‌های مخزن را، یعنی بسیار بیشتر از عمقی که هسته‌ها می‌توانند نفوذ کنند، نفوذ کنند. با اینحال عمق نفوذ بستگی به سختی لایه‌های روی هم قرار گرفته و وجود ته نشست‌های گاز مانند متان اوتیژنیک دارد.

پارامترهای ردیاب صوتی متعددی (توان خروجی، فرکانس سیگنال و طول پالس) بر روی سطح کارائی وسیله اثرگذار هستند.

افزایش توان خروجی موجب نفوذ بهتر، و معمولاً عمیق‌تر، به داخل لایه‌های زیر سطح می‌شود. با این حال در برخی موارد، اگر کف خیلی سخت باشد یا به اندازه کافی عمیق نباشد، افزایش توان خروجی موجب بازتاب سیگنال‌های بیشتری از رسوب‌ها می‌شود. سپس ممکن است سیگنال‌ها از سطح مخزن بازتاب پیدا کنند که منجر به بازتاب‌های چندگانه و "نوفه"^۱ در داده‌ها شود.

فرکانس سیگنال نیز روی سطح کارائی سیستم اثر گذار است. سیستم‌های با فرکانس بالاتر ۲ کیلوهرتز تا ۲۰ کیلوهرتز داده‌هایی از لایه‌های رسوب بالایی را با وضوح بالاتر ایجاد می‌کنند. سیگنال‌های با فرکانس بالاتر طول موج‌های کوتاهتری دارند، که قادر به ایجاد تمایز بین لایه‌های نزدیک به یکدیگر هستند. سیستم‌های با فرکانس پایین‌تر نفوذ بیشتر و تفکیک پذیری پایین‌تری خواهند داشت.

طول پالس صوتی بلندتر انرژی بیشتری منتقل می‌کند و موجب نفوذ بیشتری می‌شود. با این حال، یک طول پالس بلند ممکن است توانایی تمایز بین بازتابنده های مجاور را کاهش دهد، بنابراین تفکیک پذیری سیستم را کاهش می‌دهد.

۱۰ روش های حس‌گری از راه دور

۱-۱۰ کلیات

روش‌های متداول کمی سازی رسوب در یک مخزن (مانند مساحی‌های مربوط به هیدروگرافی و روش‌های جریان ورودی - جریان خروجی) طاقت فرسا، هزینه بر و زمان بر هستند. علاوه بر این، پیش بینی پروفیل‌های رسوب با استفاده از روش‌های تجربی و عددی نیازمند حجم زیادی از داده‌ها است و با این همه نتایج چندان دقیق نیستند.

در رویکرد حسگری، عکاسی‌های هوایی که محدوده سطوح آب مخزن را پوشش می‌دهند به دست می‌آیند. این عکاسی‌های هوایی برای تعیین مساحت سطح آب مخزن مورد تحلیل قرار می‌گیرند. داده‌های فتوگرامتری و دیجیتال می‌توانند اطلاعاتی در مورد انتشار آب که در تعیین تغییرات در ظرفیت مخزن مناسب هستند، فراهم کنند. روش‌های تعیین مساحت مرطوب مخزن بر اساس نوع داده‌های به دست آمده و آنچه در دسترس کاربر است، تغییر می‌کنند. روش‌ها از تخمین مساحت یک عکس هوایی، با استفاده از یک شبکه استاندارد، برای محاسبه مساحت بر اساس تعداد المان‌های عکس (پیکسل‌ها) در یک عکس دیجیتال متغیر هستند. با ضرب کردن تعداد پیکسل‌های آب در مساحت یک پیکسل، مساحت انتشار آب مخزن در زمان جمع آوری داده‌ها به دست می‌آید.

بیشتر مخازن فروکش سطح آب و چرخه‌های دوباره پر شدن سالانه دارند. ارتفاع سطح آب حقیقی در مخزن در زمان اکتساب داده‌ها از مسئولین امور سدها می‌تواند به دست آید. تحلیلی از مجموعه‌ای از عکاسی‌های هوایی انتشار آب در مخزن را در ارتفاع‌های مختلف در محدوده عملکرد ارائه می‌کند. ظرفیت مخزن بین دو سطح را می‌توان با استفاده از معادله شبه منشور یا مخروط ناقص محاسبه کرده و جدول ارتفاع-ظرفیت را آماده‌سازی کرد. مقایسه این جدول با جدول قبلی افت ظرفیت در طی بازه مداخله نشان خواهد داد.

۲-۱۰ مزایا

الف- داده‌های حس‌گریاز طریق مشخصه‌های فضایی، طیفی و زمانی می‌تواند اطلاعات کامل، مکرر و به موقع مربوط به مساحت انتشار آب در مخزن تجدید نظر شده‌ای را فراهم کند.

ب- با استفاده از روش‌های تحلیل دیجیتالی همراه با GIS، الگوی رسوب ته‌نشین شده در یک مخزن می‌تواند تعیین شود.

پ- در مقایسه با روش‌های متداول، رویکرد حس‌گریاز لحاظ هزینه بسیار کارآمد است، استفاده از آن بسیار آسان بوده و در تحلیل‌ها نیاز به زمان کمی دارد.

ت- تحلیل داده‌های پروژه‌هایی که در نواحی غیر قابل دسترسی قرار دارند می‌تواند به همان آسانی انجام گیرد.

۳-۱۰ محدودیت‌ها

الف- مقدار رسوب ته‌نشین شده زیر پایین‌ترین سطح آب مشاهده شده نمی‌تواند از طریق حس‌گر تعیین شود. بنابراین، تخمین نرخ رسوب‌گذاری واقعی در تمامی مخزن امکان پذیر نیست.

ب- وجود ابرها در عکس بالای انتشار آب مخزن مساله‌ای در تعیین صحیح حدود مساحت مخزن ایجاد می‌کند.

پ- این روش برای مخازنی که در دره‌های باریک با شیب تند شکل گرفته‌اند مناسب نیست.

ت در پردازش عکس دیجیتال، ممکن است خطاهایی در تعیین این که پیکسل‌های پیرامون مخزن پیکسل آب یا زمین هستند رخ دهد.

۱۱ آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی

۱-۱۱ کلیات

آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی^۱ یک حس‌گر بر پایه نوری است، مشابه رادار، که پالس‌های لیزر را به یک هدف منتقل کرده و زمان مورد نیاز برای برگشت پالس به گیرنده حس‌گر را ثبت می‌کند. توانایی آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی در اندازه‌گیری دقیق مساحت زمین به طول موج پالس لیزر و مقدار توان تولیدی در پالس لیزری بستگی دارد. مساحی‌های نقشه برداری با استفاده از آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی نوعاً در طیف زیر قرمز عمل می‌کند که فراوان‌ترین نوع مساحی انجام گرفته با استفاده از آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی هستند. با این حال، آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی زیر قرمز نمی‌تواند به زیر سطح آب نفوذ کند؛ بنابراین، نمی‌تواند برای عمق‌سنجی مورد استفاده قرار گیرد. مساحی‌های عمق‌سنجی با استفاده از آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی می‌تواند در طیف سبز انجام گیرد و نوعاً کار کند؛ این طیف می‌تواند از ستون آب تا سه برابر عمق Secchi نفوذ کند. این فناوری در حال حاضر برای نقشه‌برداری نقشه برداری با قابلیت تفکیک بالا با نصب یک حس‌گر آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی، در مجموعه‌ای همراه با GPS و فناوری واحد اندازه‌گیری اینرسی (IMU) به کف یک هواپیما و اندازه‌گیری نرخ برگشت پالس برای تعیین ارتفاع سطوح مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مهمترین مزیت آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی ظرفیت آن در ضبط کردن تغییرات کوچک در نقشه برداری عوارض سطح نسبی با دقتی عمودی از ۰/۱ متر تا ۰/۲ متر است. برای مساحی‌های مربوط به اندازه‌گیری عمق، با تغییر طول موج، فرکانس تکرار پالس، و زمینه دید به سیستم‌هایی اجازه رشد را می‌دهد که می‌توانند به آب نفوذ کنند و مساحی زیر دریایی نقشه‌برداری کنند. بر اساس پروازهای آزمایشی روی محیط‌های نوعی ساحل مرجانی کارائیب، تحقیق هواپرد تجربی پیشرفته آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی^۲، یک سیستم بر اساس آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی که برای نقشه برداری مساحی زیر دریایی طراحی شده است، نفوذ تا عمق بیش

^۱ - Light Detection and Ranging (LIDAR)

^۲ - Experimental Advanced Airborne Research LIDAR (EAARL)

از ۲۵ متر را نشان داده است و می‌تواند به طور عادی از صخره‌های مرجانی با عمق متغیر از ۰/۵ متر تا ۲۰ متر زیر سطح آب نقشه برداری کند. نقشه برداری نقشه برداری سطحی از سطوح در معرض دید مخزن و نیز نقشه برداری زیر سطحی می‌تواند با استفاده از این فناوری‌ها انجام گیرد.

۱۱-۲ کاربردهای هوایی آشکارسازی نوری و مسافت یابی

جداول ظرفیت نواحی برای حجم‌های مخازن بر مبنای اطلاعات دقیق نقشه برداری/ارتفاع مخزن تا ارتفاع سرریز هستند. این داده‌های ارتفاع شامل سطوح خیس و غیر خیس مخزن هستند. در مواردی که رسوب نواحی بالایی مخزن را پر کرده و به دلیل سطوح آب در حال تنزل در معرض دید هستند، روش‌های مساحی روی آب برای نقشه برداری کل مساحت رسوب ته‌نشین شده کافی نیستند. کاربردهای آشکارسازی نوری و مسافت یابی هواپرد نشانگر روش‌های کارآمد و سریع برای نقشه برداری مساحی یک مخزن، شامل عمق سنجی زیر دریایی است.

در یک کاربرد نوعی، یک سیستم حس گر آشکارسازی نوری و مسافت یابی بر روی سطح یک مخزن یا دریاچه شناور شده و انبوهی از داده‌ها را در مورد ارتفاع روی کل مخزن جمع‌آوری می‌کند. با اندازه‌گیری زمان برای نور بازتابی از لیزر، محدوده، یا فاصله، را می‌توان با دقت بالایی تعیین کرد. سیستم‌های اندازه‌گیری اینرسی و GPS، تعیین دقیق موقعیت حس گر در هواپیما در حال پرواز در روی سطح زمین را ممکن می‌سازد. سپس یک نقشه شمارش گر یا مدل ارتفاع دیجیتال شبکه بندی مخزن با مقیاس مناسب و فاصله شمارش گر آماده می‌شود که از آن ظرفیت مخزن در زمان مساحی محاسبه می‌شود. با انجام دو یا چند مساحی روی مخزن، اختلاف ظرفیت ناشی از ته نشین شدن رسوب در بازه مداخله می‌تواند محاسبه شود.

مساحی آشکارسازی نوری و مسافت یابی عمق‌سنجی، از اختلاف بین نور بازتابی از سطح آب و نوری که از ستون آب عبور می‌کند و از کف مخزن دریاچه بازتاب پیدا می‌کند، استفاده می‌کند. پردازش پس از پرواز هر مجموعه از این بازتاب‌ها را ارزیابی می‌کند تا عمق زیر سطح آب را استخراج کند. علاوه بر عمق آشکارسازی نوری و مسافت یابی و اندازه‌گیری‌های ارتفاع، نوعاً یک دوربین دید از پایین^۱ جغرافیایی مرجع، مستقر می‌شود تا مساحی را از لحاظ دیداری ثبت کند.

۱۱-۳ کاربردهای مستقر بر زمین آشکارسازی نوری و مسافت یابی

حالت بهبود یافته یک سیستم حس گر آشکارسازی نوری و مسافت یابی نصب شده روی هواپیما، سیستم آشکارسازی نوری و مسافت یابی مستقر بر زمین است. این سیستم مشابه سیستم ایستگاه مطلق مورد استفاده در مساحی‌های سنتی است؛ با این حال، واحدهای آشکارسازی نوری و مسافت یابی مستقر بر زمین بر خط دید مساحی یا اسکن سطوح استناد می‌کنند. آشکارسازی نوری و مسافت یابی مستقر بر زمین بر روی یک سه پایه سنتی یا روی یک سکوی توسعه پذیر، یا موقعیتی که رو به پایین و به ناحیه مورد مساحی است مستقر باشد. سیستم حتی می‌تواند بر بالای یک قایق در وسط یک مخزن کوچک نصب شود. مساحی با یک ابزار آشکارسازی

1 - Down- look

نوری و مسافت یابی سه پایه اغلب باید با تعدادی از وضعیت‌های قرارگیری مختلف کامل شود تا سایه‌ها حذف شده و یک مساحی سه بعدی کامل به دست آید. سپس یک نقشه شمارش گر یا مدل ارتفاع دیجیتال شبکه بندی مخزن با مقیاس مناسب و فاصله شمارش گر آماده می‌شود که از آن ظرفیت مخزن در زمان مساحی محاسبه می‌شود. با انجام دو یا چند مساحی روی مخزن، اختلاف ظرفیت ناشی از ته‌نشین شدن رسوب در بازه دوره می‌تواند محاسبه شود.

۱۲ روش‌های عکاسی هوایی

۱-۱۲ کلیات

دلیل اساسی استفاده از روش‌های عکاسی هوایی به دست آوردن مساحت گسترش آب یک مخزن در سطوح آب مختلف که دامنه آن شامل پایین‌ترین سطح پس‌روی آب^۱ تا بالاترین سطح آب^۲ است، می‌باشد. مساحت گسترش آب با استفاده از عکاسی سیاه و سفید یا عکاسی هوایی نزدیک به عمود رنگ طبیعی یا از عکاسی ماهواره ای دیجیتال می‌تواند به دست آید. انواع دیگر عکاسی (به عنوان مثال، عکاسی هوایی رنگی مادون قرمز^۳، عکاسی اسکنر گرمایی و عکاسی ریزموج، عکاسی ماهواره‌ای چند طیفی و فراطیفی) معمولاً برای آشکارسازی داده‌های مشخصه‌های ممتاز به غیر از موقعیت و جزئیات شکل مورد استفاده قرار می‌گیرند. ممکن است این نوع از عکس‌ها در یک GIS مورد استفاده قرار گیرند و در مجموعه دیگری از داده‌های جغرافیایی مرجع ثبت شوند. عکس‌های هوایی ممکن است به صورت دستی یا با استفاده از فنون پردازش دیجیتال مورد پردازش قرار گیرند تا مساحت مخزن در سطوح آب مختلف به دست آید.

اگر باید تحلیلی برای یک بازه معین صورت گیرد، در این صورت باید داده‌های متناظر مورد استفاده قرار گیرند. اگر ثبت‌های تاریخی از سطوح آب بیشینه و کمینه در هر سال در دسترس باشد، بهتر است سال آبی انتخاب شود که در آن بیشترین تغییرات برای تحلیل رسوب اتفاق افتاده است. یک سال پرآب که به دنبال آن سال خشکی وجود داشته است بهترین بازه برای چنین مطالعه‌ای در نظر گرفته می‌شود، زیرا برای چنین توالی، سطح آب مخزن احتمالاً از یک بالاترین سطح به پایین‌ترین سطح نوسان داشته است. باید مجموعه داده‌های حس‌گریبرای همان سال آبی یا سال‌های آبی پشت سر هم تا حد امکان به طور متوالی انتخاب شوند.

در دسترس بودن داده‌های ماهواره و هزینه‌های آن عوامل دیگری هستند که انتخاب بازه تحلیل را تعیین می‌کنند. در حالت کلی، بهتر است ارزیابی رسوب برای مخازن اصلی پس از فاصله‌های ۵ تا ۱۰ ساله اتفاق بیفتد.

¹ - Minimum drawdown level (MDDL)

² - Maximum water level (MWL)

³ - Colour infrared aerial photography

۱۲-۲ روش‌های اندازه‌گیری و مساحی از روی عکس‌های هوایی (فتوگرامتری)

عکاسی هوایی نزدیک به عمود که برای نقشه برداری پلانیمتری^۱ و نقشه برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد، معمولاً به صورت جفت‌های استریو^۲ جمع‌آوری می‌شوند. عکسبرداری با هم پوشانی رو به جلو بین هر عکس گردآوری می‌شود در حالی که عکس‌ها در یک خط پرواز گرفته می‌شوند. در این موارد، خطوط پرواز عکاسی هوایی به گونه‌ای انجام می‌گیرند که هم پوشانی داشته باشند (هم پوشانی کناری). در حالت کلی، عکاسی هوایی نزدیک به عمود با یک همپوشانی روبه جلوی ۶۰٪ و هم پوشانی کناری ۳۰٪ انجام می‌گیرد. این پارامترها به خلبان و عکاس اجازه می‌آورد عمل در مجموعه‌ی عکاسی هوایی را می‌دهند و بهتر است همپوشانی کافی را برای کامپایلر ایجاد کند تا استریو را مشاهده کرده و مشخصه‌های مورد نیاز را نقشه برداری کند. در حالت کلی، مشخصه‌های پلانیمتری (ساختمان‌ها، جاده‌ها، تسهیلات روی سطح زمین و ...) و نقشه برداری (نقاط جرم، خطوط شکست، و شمارش گرها) از عکاسی‌های هوایی سیاه و سفید یا عکاسی‌های هوایی با رنگ طبیعی نزدیک به عمود گردآوری می‌شود. نقشه برداری پلانیمتری و نقشه برداری در حالت کلی مجموعه داده‌های اساسی نقشه کشی در یک GIS یا مجموعه داده‌های مهندسی هستند. دقت محاسبات و بررسی انجام گرفته از این مجموعه داده‌های نقشه برداری پایه بر اساس تمامیت و دقت این داده‌ها هستند. عکاسی هوایی سیاه و سفید و عکاس هوایی رنگ طبیعی عموماً وضوح و تفکیک‌پذیری فضایی مورد نیاز برای به دست آوردن دقت‌های نقشه برداری با مقیاس بسیار بزرگ و کوچک را تأمین می‌کنند.

کنترل زمینی برای فتوگرامتری به منظور تصحیح عکس‌های زمین پیش از مجموعه مشخصه‌ها مورد نیاز است. دقت کنترل زمینی در حالت کلی باید بزرگتر از دقت مورد نیاز نقشه برداری فتوگرامتریک باشد. کنترل زمینی باید بر اساس روش تصحیح عکس باشد تا در پروژه مورد استفاده قرار گیرد. فرآیند تنظیم عکاسی هوایی نسبت به زمین در مورد دقت محصولات نقشه برداری نهایی بسیار حیاتی است.

امروزه، اغلب پروژه‌ها با استفاده از روش‌های مثلث بندی در نقشه برداری هوایی تنظیم می‌شوند. این روش‌ها نسبت به روش‌های تنظیم متداول نیازمند نقاط کنترل زمینی کمتری هستند و با نرم افزار کامپیوتری انجام می‌شوند. نرم افزار بسیار کارآمد است و اجازه بررسی‌های کنترل کیفی از طریق فرآیند را می‌دهد. در روش مثلث بندی در نقشه برداری هوایی، باید عکاسی هوایی در بلوک‌ها جمع‌آوری شود؛ بنابراین، در نواحی پروژه بزرگ بسیار کارآمد است. معمولاً، روش‌های مثلث بندی در عکس هوایی نواحی کوچک یا ناحیه‌هایی که شکل‌های بسیار بی‌قاعده‌ای دارند کارآمد نیست و ممکن است هزینه بر باشد. با این حال، کنترل سرعت و کیفیت ممکن است این فرآیند را برای بسیاری از پروژه‌های با شکل‌های بسیار نامنظم یا کوچک قابل قبول سازد. بهتر است در حالت کلی، در عکاسی هوایی دقت‌های شبکه بندی مثلثی بزرگتر از دقت‌های مورد نیاز در مجموعه داده‌های نقشه برداری نهایی باشد.

1 - Planimetric

2 - Stereo pairs

۱۲-۳ روش‌های عکاسی ماهواره‌ای

۱۲-۳-۱ کلیات

سکوه‌های ماهواره‌ای که توسط کشورهای مختلف و توسط صنعت خصوصی به کار گرفته می‌شوند، حس گرهای را فراهم می‌کنند که قادر به گرفتن عکس‌های دیجیتالی از زمین هستند. این حس گرها می‌توانند داده‌های دیجیتال IR، حساس نسبت به همه رنگ‌ها و رنگی را در تفکیک‌های فضایی و طیفی مختلف فراهم کنند. ممکن است این نوع داده‌ها عکاسی هوایی را که در قسمت‌های اعظم زمین از نظر هزینه کارآمد باشند را فراهم کنند. داده‌های فضایی عموماً از یک تفکیک‌پذیری بسیار بیشتر از تفکیک‌پذیری فراهم شده توسط سکوه‌های هواپیماها برخوردار هستند و برای بسیاری از نقشه برداری‌ها در مقیاس بزرگ و GIS‌ها مناسب نیستند. با این حال، عکاسی ماهواره‌ای با تفکیک‌پذیری بالا می‌تواند یک راه حل اقتصادی برای برخی از پروژه‌های مقیاس کوچک تا متوسط باشد.

۱۲-۳-۲ انتخاب ماهواره و حس‌گر مناسب

برای شناسایی پیکسل‌های آب و برای ممیزی پیکسل‌های آب از پیکسل‌های زمین خیس پیرامون، اطلاعات چند طیفی مورد نیاز است. باید معلوم شود که داده‌های ماهواره بدون ابر با کیفیت خوب در دسترس هستند. همچنین استفاده از داده‌های با تفکیک‌پذیری بالا برای نتایج بهتر مطلوب است. در حدود ۸ تا ۱۲ عکس هوایی برای سطوح آب مختلف بین پایین‌ترین سطح فروکش شده آب تا بالاترین سطح آب مطلوب است. دقت تحلیل‌ها با افزایش تعداد عکس‌های هوایی در فواصل نزدیکتر سطوح آب مخزن بهبود می‌یابد.

۱۲-۳-۳ شناسایی پیکسل‌های^۱ آب

خروجی اولیه از تحلیل داده‌های رصد از راه دور، سطح انتشار آب مخزن است. دو روش تعبیر حس‌گری (دیداری و دیجیتال) می‌تواند برای توصیف انتشار آب مورد استفاده قرار گیرد. فنون دیداری به طور خالص بر اساس قابلیت تفسیری تحلیل‌گر است و امکان استفاده از داده‌های چند طیفی در دسترس، وجود ندارد. این روزها، استفاده از تعبیر دیداری متداول نیست. با استفاده از فنون دیجیتال، می‌توان از داده‌های چند طیفی برای شناسایی مرز ناحیه گسترش آب استفاده کرد. تعداد پیکسل‌های آب پیوسته در عکاسی ماهواره‌ای ناحیه گسترش آب را بیان می‌کند. حس‌گری و نرم افزار GIS می‌تواند در تحلیل عکاسی ماهواره‌ای برای به دست آوردن ناحیه انتشار آب مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲-۳-۴ محاسبه ظرفیت تجدید نظر شده

ارتفاع مخزن در زمان گرفتن عکس باید از مسئولین امور سد جمع‌آوری شود. ظرفیت مخزن یا حجم بین دو ارتفاع متوالی مخزن با استفاده از معادله شبه منشور (بند ۷-۴) محاسبه می‌شود. حجم تجدید نظر شده می‌تواند با حجم اصلی مقایسه شود؛ اختلاف بین این دو، نشانگر ظرفیت کمتر ناشی از رسوب است.

۱۳ تحلیل عدم قطعیت

۱-۱۳ کلیات

این بند تحلیل عدم قطعیت را در اندازه‌گیری رسوب مخزن با دنبال کردن روش‌های توصیف شده در ISO/TS 25377 به طور خلاصه بیان می‌کند. برای یک مقدمه کلی بر عدم قطعیت اندازه‌گیری، به پیوست ب مراجعه کنید.

۲-۱۳ اصول

تحلیل عدم قطعیت محاسبه حجم مخزن باید بر اساس اصول کلی زیر باشد:

- الف- خطای مشاهده شده به صورت خطای نسبی بیان می‌شود.
- ب- عدم قطعیت به صورت ارزیابی خطاهای آماری بیان می‌شود.
- پ- منابع عدم قطعیتی که از شرایط یکسان هستند می‌توانند برای شکل دادن یک نمونه خطا مورد استفاده قرار گیرند، که اندازه نمونه نباید کمتر از ۳۰ باشد.
- ت- خطای سیستماتیک و خطای تصادفی به طور جداگانه در نظر گرفته می‌شوند. خطای کل ترکیبی از دو نوع خطاست.

ث- میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده تقریبی از مقدار واقعی کمیت را تامین می‌کند؛ که این در حالت کلی قابل اعتمادتر از مقدار اندازه‌گیری شده به تنهایی است. پراکندگی و تعداد مقادیر اندازه‌گیری شده، اطلاعات مربوط به مقدار میانگین را به عنوان تقریبی از مقدار واقعی فراهم می‌کند.

ج- با وجود اینکه امکان جبران خطای اندازه‌گیری تصادفی در نتیجه یک اندازه‌گیری وجود ندارد، معمولاً با افزایش تعداد مشاهدات میزان این خطا می‌تواند کاهش یابد، که مقدار مورد انتظار صفر است.

چ- فرض کنید که منابع عدم قطعیت، و توابع هدف، از توزیع نرمال گوسی پیروی می‌کنند.

ح- هر متغیر حالت اندازه‌گیری شده مستقل است. عدم قطعیت‌های خروجی‌های تابع هدف با استفاده از روش انتشار عدم قطعیت به دست آید.

عدم قطعیت ترکیب شده توسط مقدار عددی به دست آمده با به کار بردن روش معمول برای ترکیب واریانس‌ها مشخص می‌شود. عدم قطعیت ترکیب شده و مولفه‌های آن بهتر است به شکل انحراف‌های استاندارد بیان شود. در صورتی که، در موارد خاصی، نیاز به ضرب عدم قطعیت ترکیب شده توسط یک عامل برای به دست آوردن یک عدم قطعیت کلی وجود داشته باشد، عامل ضرب شونده نیز باید بیان شود.

مطابق با رویه هیدرومتری، بیان نتایج تقریب عدم قطعیت باید در محدوده ۹۵٪ حد اطمینان باشد. ترکیب عدم قطعیت‌ها از روش‌های تقریب نوع A و نوع B عدم قطعیت را قادر می‌سازد تا در حد اطمینان ۶۸٪ حاصل شود؛ با این حال، کارایی ابزار معمولاً در حد اطمینان ۹۵٪ بیان می‌شود.

۳-۱۳ تقریب عدم قطعیت

۱-۳-۱۳ این بند برای کاربر این استاندارد اطلاعاتی برای تقریب عدم قطعیت اندازه‌گیری رسوب مخزن توسط روش موازنه انتقال رسوب فراهم می‌کند. در این روش، کمیت رسوب مخزن، V_s ، توسط مقایسه رسوب جریان به داخل L_{in} با رسوب جریان خروجی L_{out} ارزیابی می‌شود.

$$V_s = L_{in} - L_{out} \quad (۱۶)$$

رسوب جریان به داخل در بازه زمانی از t_1 تا t_2 می‌تواند توسط معادله ۱۷ به دست آید:

$$L_{in} = \int_{t_1}^{t_2} Q(t)C(t)dt = \int_{t_1}^{t_2} L(t)dt \quad (۱۷)$$

$$L(t) = Q(t)C(t) \quad \text{که در آن:}$$

و

$Q(t)$ جریان به مخزن در زمان t است؛

$C(t)$ تراکم رسوب متوسط سطح مقطعی در زمان t است.

تاثیر پراکندگی‌های کوچک $\Delta Q(t)$ و $\Delta C(t)$ روی $L(t)$ توسط معادله ۱۸ زیر داده می‌شود

$$\left(\frac{u_c(L(t))}{L(t)}\right)^2 = \left(\frac{u(Q(t))}{Q(t)}\right)^2 + \left(\frac{u(C(t))}{C(t)}\right)^2 \quad (۱۸)$$

از آن جایی که احتمالاً عدم قطعیت‌های $L(t)$ در طی یک بازه زمانی مستقل از یکدیگر هستند، این احتمال‌ها نیازمند این هستند که این عدم قطعیت‌ها در یک تربیع در بازه زمانی از t_1 تا t_2 جمع آوری شود

$$\left(\frac{u_c(L_{in})}{L_{in}}\right)^2 = \left|\frac{1}{L_{in}}\right|^2 \int_{t_1}^{t_2} \left[\left(\frac{u(Q(t))}{Q(t)}\right)^2 + \left(\frac{u(C(t))}{C(t)}\right)^2\right] dt \quad (۱۹)$$

مقادیر $\frac{u_c(L_{in})}{L_{in}}$ ، $\frac{u(Q(t))}{Q(t)}$ و $\frac{u(C(t))}{C(t)}$ اشاره به عدم قطعیت‌های استاندارد بدون بعد می‌کنند و با نمادهای $u_c^*(L_{in})$ ، $u_c^*(Q(t))$ و $u_c^*(C(t))$ نشان داده می‌شوند. بنابراین،

$$u_c^*(L_{in}) = \left|\frac{1}{L_{in}}\right| \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} [u^*(Q(t))^2 + u^*(C(t))^2] dt} \quad (۲۰)$$

عدم قطعیت بدون بعد $u_c^*(L_{out})$ می‌تواند به روشی مشابه و با استفاده از جریان خروجی و تراکم رسوب متوسط به صورت تابعی از زمان تخمین زده شود. از آن جایی که $V_s = L_{in} - L_{out}$ ؛ مولفه‌های عدم قطعیت درگیر در L_{in} و L_{out} باید ترکیب شوند. بنابراین،

$$u_c^*(V_s) \cong \left|\frac{1}{V_s}\right| \sqrt{u_c^*(L_{in})^2 + u_c^*(L_{out})^2} \quad (۲۱)$$

۱۳-۳-۲ این بند برای کاربر این استاندارد اطلاعاتی برای تقریب و بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری رسوب مخزن توسط مساحی نقشه برداری، روش‌های حس‌گری و روش‌های نقشه برداری زیر سطحی توصیه شده در این استاندارد فراهم می‌کند. در این روش‌ها، رسوب مخزن، V_s ، با مقایسه ظرفیت فعلی مخزن V_p با ظرفیت اصلی V_o ارزیابی می‌شود.

(۲۲)

ظرفیت مخزن، V_p ، بر اساس ناحیه سطح مقطع (عمودی) یا ناحیه شمارش‌گر (افقی) و فاصله بین این ناحیه‌ها با استفاده از معادله شبه منشور [معادله ۹] یا معادله دوزنقه‌ای [معادله ۱۰] محاسبه می‌شود. همین‌طور، عدم قطعیت کلی اندازه‌گیری به موارد زیر بستگی دارد:

الف- عدم قطعیت ناحیه‌ها،

ب- عدم قطعیت اندازه‌گیری فاصله بین ناحیه‌ها.

چه معادله (۹) یا معادله دوزنقه‌ای (۱۰) می‌تواند برای محاسبه ظرفیت مخزن مورد استفاده قرار گیرد. نسبتی که هر پارامتر در این معادلات در عدم قطعیت اندازه‌گیری تاثیر دارد، $U(V_p)$ ، در حجم مخزن، V_p ، با استفاده از دیفرانسیل‌های معادله توسط حل تحلیلی به دست می‌آید.

الف) معادله شبه منشور (۹) می‌تواند برای محاسبه حجم بین دو ناحیه A_i و A_{i+1} که توسط فاصله y_i جدا شده‌اند، که می‌تواند برای به دست آوردن حجم کلی توسط جمع n تعداد از سطح مقطع‌ها به صورت زیر به کار رود:

$$V_p = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{3} y_i (A_i + A_{i+1} + \sqrt{A_i A_{i+1}}) \right) = C_1 + C_2 + C_3 \quad (23)$$

معادله توسط سه جمله C_1 ، C_2 و C_3 نشان داده می‌شوند که توابعی از A_i و A_{i+1} و y_i هستند. A_i مساحت سطح مقطع i ام، و A_{i+1} مساحت سطح مقطع $i+1$ و y_i فاصله‌ی بین سطح مقطع i ام و $i+1$ است. اثر پراکندگی‌های کوچک ΔA_i ، Δy_i و ΔA_{i+1} روی مقدار V_p سه مولفه دارد که از این سه جمله حاصل می‌شود.

$$\left(\frac{u(C_1)}{C_1} \right)^2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_i)}{A_i} \right]^2 + \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (24)$$

$$\left(\frac{u(C_2)}{C_2} \right)^2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}} \right]^2 + \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (25)$$

$$\left(\frac{u(C_3)}{C_3} \right)^2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_i)}{A_i} \right]^2 + \left[\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}} \right]^2 + \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (26)$$

از آن جایی که عدم قطعیت‌های A_i و A_{i+1} و y_i احتمالاً مستقل از یکدیگر هستند، این احتمال نیازمند این است که سه مولفه معادله (۲۳) در تربیع اضافه شود (به بند ب-۷ مراجعه کنید).

$$\left(\frac{u_C(V_p)}{V_p} \right)^2 = \left| \frac{1}{V_p} \right|^2 \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \frac{5}{4} \left[\frac{u(A_i)}{A_i} \right]^2 + \frac{5}{4} \left[\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}} \right]^2 + 3 \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (27)$$

مقادیر $\frac{u(y_i)}{y_i}$ و $\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}}$ ، $\frac{u(A_i)}{A_i}$ ، $\frac{u_c(V_p)}{V_p}$ اشاره به عدم قطعیت‌های استاندارد بدون بعد می‌کنند و با نمادهای $u_c^*(V_p)$ ، $u_c^*(V_i)$ و $u_c^*(A_i)$ ، $u_c^*(A_{i+1})$ و $u_c^*(y_i)$ نشان داده می‌شوند. بنابراین،

$$u_c^*(V_p) \cong \left| \frac{1}{V_p} \right| \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \frac{5}{4} u^*(A_i)^2 + \frac{5}{4} u^*(A_{i+1})^2 + 3u^*(y_i)^2 \right\}} \quad (28)$$

از آن جایی که $V_s = V_p - V_o$ ؛ مولفه‌های عدم قطعیت درگیر در V_o و V_p باید ترکیب شوند. در صورتی که $u_c^*(V_o)$ عدم قطعیت استاندارد بدون بعد در حجم اصلی باشد، در این صورت

$$u_c^*(V_s) \cong \left| \frac{1}{V_s} \right| \sqrt{u_c^*(V_p)^2 + u_c^*(V_o)^2} \quad (29)$$

ب) معادله ذوزنقه ای (۱۰) برای محاسبه حجم بین دو ناحیه A_i و A_{i+1} که توسط فاصله y_i جدا شده‌اند، که می‌تواند برای به دست آوردن حجم کلی توسط جمع n تعداد از سطح مقطع‌ها به صورت زیر به کار رود:

$$V_p = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{2} y_i (A_i + A_{i+1}) \right) = C_1 + C_2 \quad (30)$$

که

C_1 و C_2 توابعی از A_i و A_{i+1} و y_i هستند؛

A_i مساحت سطح مقطع i ام است؛

A_{i+1} مساحت سطح مقطع $i + 1$ است؛

و y_i فاصله ی بین سطح مقطع i ام و $i + 1$ است.

به دلیل پراکندگی‌های کوچک Δy_i ، ΔA_i و ΔA_{i+1} روی مقدار V_p دو مولفه دارد.

$$\left(\frac{u(C_1)}{C_1} \right)^2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_i)}{A_i} \right]^2 + \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (31)$$

$$\left(\frac{u(C_2)}{C_2} \right)^2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}} \right]^2 + \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (32)$$

از آن جایی که عدم قطعیت‌های A_i و A_{i+1} و y_i احتمالاً مستقل از یکدیگر هستند، این احتمال نیازمند این است که دو مولفه معادله (۳۰) در تربیع اضافه شود (به بند ب- ۷ مراجعه کنید).

$$\left(\frac{u_c(V_p)}{V_p} \right)^2 = \left| \frac{1}{V_p} \right|^2 \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_i)}{A_i} \right]^2 + \left[\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}} \right]^2 + 2 \left[\frac{u(y_i)}{y_i} \right]^2 \right\} \quad (33)$$

مقادیر $\frac{u(y_i)}{y_i}$ و $\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}}$ ، $\frac{u(A_i)}{A_i}$ ، $\frac{u_c(V_p)}{V_p}$ اشاره به عدم قطعیت‌های استاندارد بدون بعد می‌کنند و با نمادهای $u_c^*(V_p)$ ، $u_c^*(A_i)$ ، $u_c^*(A_{i+1})$ و $u_c^*(y_i)$ نشان داده می‌شوند. بنابراین،

$$u_c^*(V_p) = \left| \frac{1}{V_p} \right|^2 \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ u^*(A_i)^2 + u^*(A_{i+1})^2 + 2u^*(y_i)^2 \right\}} \quad (34)$$

از آن جایی که کمیت رسوب در مخزن برابر است با $V_s = V_p - V_o$ ؛ مولفه‌های عدم قطعیت درگیر در V_o و V_p باید ترکیب شوند. در صورتی که $u_c^*(V_o)$ عدم قطعیت استاندارد بدون بعد در حجم اصلی باشد، در این صورت

$$u_c^*(V_s) \cong \left| \frac{1}{V_s} \right| \sqrt{u_c^*(V_p)^2 + u_c^*(V_o)^2} \quad (۳۵)$$

پیوست الف

(اطلاعاتی)

بهینه سازی چینش گستره‌ها

الف- ۱ چینش سطح مقطع‌ها

قبل از آبرگیری یک مخزن، باید یک نقشه دقیق با مقیاس نسبتاً بزرگ برای محل‌های مخزن و نواحی بالادستی که رسوب ممکن است ته‌نشین شود داشته باشیم. قبل از پر شدن یک مخزن، موقعیت مناسب برای تعداد کافی از سطح مقطع‌ها ایجاد می‌شود به گونه ای که با اندازه‌گیری‌های متوالی عمق آب در مقاطع یکسان داده‌های لازم برای محاسبه حجم رسوب به دست آید. بهتر است ابتدا مقاطع روی یک کاغذ مشخص شوند، تا نقشه جامعی از این که بهتر است مقاطع چگونه با اشاره به یکدیگر و کل مخزن در حالت کلی قرار گیرند ایجاد شود. صف بندی مقاطع ممکن است در محل بسته به مساحی و ... نیاز به برخی اصلاح مدل داشته باشد. برای مخازن موجود، موقعیت سطح مقطع‌ها نیز باید روی نقشه ناحیه مخزن نشان داده شود. برای نهایی کردن صف بندی سطح مقطع‌ها لازم است که کانال رودخانه اصلی شناسایی شود. کانال رودخانه اصلی و مساحی ناحیه مخزن را می‌توان با استفاده از ارجاع به نقشه‌های نقشه برداری ناحیه پیش از آبرگیری مخزن به دست آورد.

الف- ۲ نشان سطح مقطعی / نشان گستره خط

انتهای خطوط سطح مقطعی پیشنهادی بهتر است در میدان با یک تیر از نوع دائمی مشخص شود. ممکن است تیر از بتون یا بنایی ایجاد شود. برای این که تیرهای محدوده به خوبی ارجاع داده شوند، بهتر است شبکه‌ای از مثلث‌ها با ارجاع به یک خط مبنای دقیق ایجاد شوند که ترجیحاً در امتداد خط مبنای خود سد باشد. ایجاد میناهایی در امتداد پیرامون مخزن در فاصله‌های مناسب در هر جا و هر زمان که مورد نیاز باشد، نیز برای ایجاد کنترل‌های عمودی لازم خواهد بود. تمامی ایستگاه‌های شبکه‌بندی مثلثی، ستون‌های معیار و تیرهای محدوده بهتر است به صورت مناسب نشان داده شود به گونه‌ای که به آسانی شناسایی شوند. برخی از اجسام دائمی در ساحل بهتر است به صورت مناسب موقعیت دهی شوند به گونه‌ای که برای کنترل افقی در طی کار عمق یابی واقعی مفید واقع شوند. تمامی تیرهای محدوده ممکن است به طور مناسب شماره گذاری شوند که ترجیحاً این شماره گذاری از سد شروع می‌شود. موقعیت صحیح خطوط سطح مقطعی روی نقشه شمارش گر برای به دست آوردن ظرفیت اصلی بین سطح مقطع‌ها لازم است.

در حین ثابت کردن خطوط سطح مقطعی، جنبه‌های زیر نیازمند ملاحظات دقیق هستند.

الف- انتهای سطح مقطع‌ها بهتر است در میدان " نشانه‌گذاری " شوند، به گونه‌ای که تیرهای محدوده در مساحی‌های بعدی قابل ردیابی باشند.

- ب- تیرهای محدوده باید بالای بیشینه سطح آب ثابت شوند.
- پ- بهتر است تیرهای محدوده در نقطه‌ای از تپه کوتاه یا در نقطه تغییر ناگهانی مقطع مخزن قرار نگیرند، زیرا ارتفاع زمین ممکن است در فاصله نسبتاً کوتاه دور تر از خط مرکزی محدوده تغییر نشان دهد.
- ت- فاصله گذاری نزدیک بین سطح مقطع ها در سواحل بالایی و کم عمق تر نسبت به سواحل پایینی و عمیق تر ترجیح داده می شود.
- ث- اگر در مخزن، فروکش سطح آب شدیدی پیش بیاید، بهتر است فاصله گذاری سواحل بین سطح فروکش آب تا بیشینه سطح آب نزدیکتر باشد.
- ج- موقعیت انشعاب با مشخصه‌های رسوب آن معین شود؛ بنابراین، ممکن است این ناحیه نیاز به مسافت یابی نزدیک بهم داشته باشد.
- چ- مساحی زمینی بالای سطح آب و در امتداد این سطح مقطع ها ضروری است.
- ح- ترجیحاً سطح مقطع‌ها باید موازی باشند، اما این نیاز بسیار تغییر ناپذیر نیست.
- خ- اگر ترتیب قرارگرفتن محدوده‌ها به صورت موازی نسبت به یکدیگر عملی نباشد، ممکن است اختلاف ۱۰ درجه بین محدوده‌ها برای راحتی موقعیت‌دهی مجاز باشد، اما بیش از ۱۰ درجه مجاز نیست.
- د- در برخی موارد، وجود خم‌ها یا انحناها در رودخانه باعث غیرعملی بودن می‌شود. در چنین مواردی، بهتر است امتداد به سواحل کوتاهی تقسیم شود که حدود واگرایی در هر ساحل حفظ شود. در بخش‌های بین کناره‌ها، کناره‌ها نباید واگرایی بیش از ۹۰ درجه داشته باشند. در این بخش‌ها، ممکن است محدوده‌های انتهایی بسیار نزدیک به یکدیگر تنظیم شوند، یا از یک نقطه مشترک با دیدی برای متمرکز کردن بی قاعدگی‌ها در کوچکترین ناحیه شروع شود، به گونه‌ای که کمترین اثر را داشته باشد.
- ذ- اگر مخزن در انشعاب وصل شونده به رودخانه اصلی خلیجی داشته باشد، بهتر است این قسمت به صورت جداگانه محدوده گذاری شود و ممکن است محدوده‌ها جهتی متفاوت با جهت اصلی داشته باشند.
- ر- محدوده بهتر است دهانه انشعاب متصل شونده به رودخانه اصلی را پوشش دهد.
- ز- در جایی که انشعاب وارد می‌شود، یا یک بازوی دریاچه بریدگی پیدا می‌کند، مجموعه جدیدی از محدوده‌ها ممکن است بدون توجه به سمت محدوده‌های اصلی شروع شوند. بهتر است محدوده اصلی سرتاسر دهانه انشعاب و تقریباً عمود بر جهت کلی آن باشد.

الف- ۳ مساحی پایه سطح مقطع‌ها

پس از این که تیرهای محدوده در میدان موقعیت‌دهی شدند، یک پروفیل پایه (یعنی، سطح مقطع و مقطع طولی) برای مقایسه بعدی، در فاصله‌های مناسب، برای مساحی‌های مجدد لازم است. این امر ممکن است توسط یک مساحی نقشه برداری قبل از پر کردن مخزن یا به وسیله عمق یابی صوتی بلافاصله پس از پر شدن مخزن انجام گیرد. توصیه می‌شود این مخازن که کناره‌های دره دارای شیب تند هستند و عمق آب زیاد است، یک پروفیل دقیق توسط مساحی در امتداد کناره قبل از پر شدن مخزن به دست می‌آید. در مخازن واقع شده در

عوارض زمین که مساحی شیب زیادی ندارد، عمق آب کم و پهنا زیاد است، پروفیل در امتداد محدوده نیز می تواند توسط عمق سنجی بلافاصله پس از پر شدن مخزن تعیین شود. با این حال، برای تکمیل کردن عمق یابی در امتداد محدوده، مساحی زمینی بالای سطح آب لازم است.

الف-۴ ترتیب بندی محدوده‌ها در فاصله‌های منطقی

الف-۴-۱ کلیات

مساحی رسوب برای یک مخزن بهتر است حداقل در چندین محدوده در بالا دست جریان انتهایی رسوب‌های مرداب گسترش یابد. اگر فاصله بین انتهایی رسوب‌های مرداب و ایستگاه هیدرومتریک مورد استفاده به عنوان ایستگاه اندازه‌گیری رسوب جریان به داخل زیاد باشد، بهتر است تعدادی از محدوده‌ها تنظیم شوند. در چنین کناره‌ای بستر رودخانه تحت تغییراتی از سوی خود تنظیمی کانال رسوبی قرار می‌گیرد. از اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در این محدوده‌ها، ممکن است داده‌هایی برای تایید پروفیل سطح آب یا کمک به ارتفاع یا موازنه رسوب به دست آید. در یک کناره ی رودخانه، بهتر است محدوده‌ها به گونه ای ترتیب داده شوند که به طور منطقی تمامی بسترها و ناحیه‌های انتقال، دریاچه‌ها و قسمت‌های کم عمق رود، قسمت های پهن و باریک پوشش دهند. تعداد محدوده‌های "منطقی" در نظر گرفته شده ایجاب می‌کند که تعداد حداقلی از محدوده‌ها در کناره یک رودخانه یا مخزن که می‌تواند الگوی اصلی و توزیع رسوب را باز می‌تاباند ایجاد شود، هر دو به صورت طولی و عرضی، و همچنان بدون اینکه دقت مطلوب در محاسبات حجم کل رسوب نادیده گرفته شود. به عنوان یک قانون کلی، توصیه می‌شود تا اختلاف حجم رسوب محاسبه شده توسط روش محدوده و توسط روش نقشه برداری در محدوده $\pm 5\%$ حفظ شود. دو رویه مورد استفاده قرار می‌گیرد (به بندهای الف-۴-۲ و الف-۴-۳ مراجعه شود).

الف-۴-۲ روش اول

در نقشه نقشه برداری اولیه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰، محدوده‌های فاصله‌گذاری شده با فاصله یکسان (به عنوان مثال ۲۰۰ متر) به طور تقریبی عمود بر شمارش‌گرهای زیر ارتفاع نرمال بالای آب کشیده می‌شوند. ظرفیت یا حجم در ارتفاع نرمال بالای آب توسط روش سطح مقطع محاسبه شده و با حجم محاسبه شده از دوزنقه نقشه برداری توسط میدان سنجی یا سایر روش‌ها مقایسه می‌گردد. سپس محاسبات با استفاده از محدوده‌های کمتر انجام می‌گیرد، برای انتخاب یکی از دو محدوده، یکی از سه محدوده، یا غیره، ساده سازی یا کاهش محدوده‌ها بهتر است تا جایی پیش برود که با استفاده از حجم محاسبه شده توسط روش نقشه برداری به عنوان یک مرجع، خطای نسبی محاسبه ظرفیت یا حجم هنوز در محدوده $\pm 5\%$ باشد. مثلاً، اگر حجم در یک ارتفاع معین محدود به سطح مقطع‌های ۱ و ۳ و محاسبه شده توسط روش نقشه برداری، V_d باشد، در این صورت حجم محاسبه شده توسط معادله دوزنقه‌ای برابر است با:

$$V_d = \frac{1}{2} \Delta h (A_1 + 2A_2 + A_3) \quad \text{(الف-۱)}$$

که در آن:

V_d حجم دوزنقه ای بر حسب مترمکعب؛

Δh اختلاف ارتفاع بین شمارش‌گرها بر حسب متر؛

A_1, A_2, A_3 مساحت‌های محدود شده توسط سه شمارش‌گر مختلف بر حسب متر مربع هستند.

حجم محاسبه شده توسط روش محدوده بهتر است به صورت زیر باشد:

$$V_{du} = \frac{1}{2} [L_1 w_1 + (L_1 + L_2) w_2 + L_2 w_3] \quad \text{(الف-۲)}$$

که در آن:

V_{du} حجم با روش محدوده بر حسب مترمکعب؛

L_1 و L_2 فاصله ی بین محدوده‌ها بر حسب متر؛

w_1, w_2, w_3 مساحت سطح مقطع‌ها در یک ارتفاع معین بر حسب مترمربع هستند.

با این فرض که L_1 و L_2 برابر هستند، معادله بالا ممکن است به صورت زیر نوشته شوند:

$$V_{du} = \frac{1}{2} L_r (w_1 + 2w_2 + w_3) \quad \text{(الف-۳)}$$

که L_r فاصله بین محدوده‌ها بر حسب متر است.

برای یک کناره یا یک مخزن، محاسبات مشابهی با تعدادی از محدوده‌ها می‌تواند انجام گیرد. رویه به دفعات با استفاده از تعداد ساده سازی شده‌ای از محدوده‌ها انجام می‌گیرد تا جایی که خطای حجم محاسبه شده از رواداری‌های $\pm 5\%$ تجاوز کند، یا

$$100 \frac{V_d - V_{du}}{V_d} < \pm 5\% \quad \text{(الف-۴)}$$

که L_r فاصله بهینه برای ترتیب بندی محدوده‌ها است.

الف-۴-۳ روش دوم

هاکانسون (۱۹۷۸) ترتیب بندی بهینه محدوده‌ها را در مساحی یک دریاچه مورد مطالعه قرار داده است. تعداد بهینه محدوده‌ها ممکن است از معادله زیر که با استفاده از داده‌های به دست آمده از چهار مخزن بزرگ در چین (ایستگاه آزمایش مخزن سانمنکسیا^۱) به دست آمده است، حاصل شود:

$$L_r = \frac{A}{L_i F^{1/3}} \quad \text{(الف-۵)}$$

که در آن:

A نمایشگر مساحت محدود به بالاترین خط شمارش‌گر بر حسب کیلومتر مربع؛

^۱ - Sanmenxia Reservoir Experiment Station

L_i فاصله جمع شونده بین محدوده‌ها بر حسب کیلومتر؛

$F = L_i / 2(\Pi A)^{1/2}$ که L_i طول بالاترین خط شمارش‌گر اندازه‌گیری شده بر حسب کیلومتر است.

بر اساس مطالعات داده‌های مخزن، دریافتند که فاصله‌گذاری محدوده بر طبق معادله بالا منجر به مساحی‌هایی با دقتی از درجه متوسط خواهد شد. اگر فواصل محدوده به صورت مناسب قرار داده شود، دقت در محاسبه رسوب توسط روش محدوده در بازه ۵٪ از مقدار تعیین شده توسط روش نقشه‌برداری خواهد بود.

روش محدوده بر اساس جمع زنی بخش‌های حجم یا منشورها، که توسط سطح مقطع‌های متوالی محدود شده‌اند و با این فرض که بخش‌های خط مستقیم در امتداد خط کناره بین سطح مقطع‌ها، است. سیستم‌های اطلاعات

جغرافیایی (GIS) از یک شبکه بی‌قاعده مثلث‌بندی شده (TIN) برای محاسبه حجم‌ها استفاده می‌کنند. TIN مجموعه‌ای از مثلث‌های هم‌جوار و بدون هم‌پوشانی است که مدلی دقیق از مساحی کف یک دریاچه یا دیگر سطوح عوارض زمین تعریف می‌کند

از آن جایی که روش TIN می‌تواند یک سطح طبیعی و الگوهای زمین مواج که در اغلب عوارض زمین مشترک هستند را تصویر کند، تخمین‌های حجم محاسبه شده توسط روش TIN احتمالاً دقیق‌تر هستند.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

مقدمه ای بر عدم قطعیت اندازه‌گیری

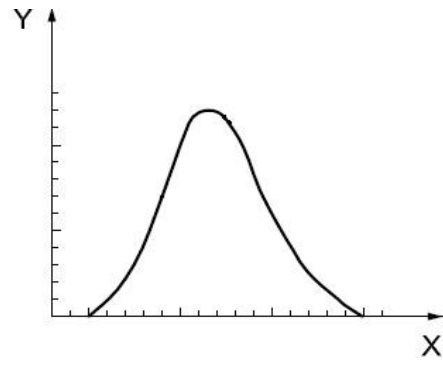
ب-۱ کلیات

نتایج اندازه‌گیری‌ها یا تحلیل‌ها نمی‌توانند دقیق باشند. ناهمخوانی بین مقدار واقعی - که نامعلوم است - و مقدار اندازه‌گیری شده خطای اندازه‌گیری است. مفهوم عدم قطعیت روش بیان این کمبود اطلاعات است. به عنوان مثال، اگر آب کنترل شود تا با نرخ ثابتی جریان پیدا کند، در این صورت یک دبی سنج اندازه‌گیری‌های زیادی را حول یک مقدار میانگین نشان خواهد داد. اگر به طبیعت عدم قطعیت داده‌ها توجه نشود، ممکن است تصمیمات نادرستی گرفته شود که نتایج مالی یا قضایی خواهند داشت. بیان واقع‌گرایانه‌ای از عدم قطعیت اطلاعات را زیاد کرده و آن‌ها را مفیدتر می‌سازد.

عدم قطعیت یک اندازه‌گیری نمایشگر پراکندگی مقادیری است که می‌توانند به آن نسبت داده شوند. روش‌های آماری مقادیر هدفی را بر اساس کاربرد تئوری فراهم می‌کنند. عدم قطعیت استاندارد به صورت زیر تعریف می‌شود:

" عدم قطعیت استاندارد معادل است با پراکندگی اندازه‌گیری‌ها که به صورت یک انحراف استاندارد تعریف می‌شود."

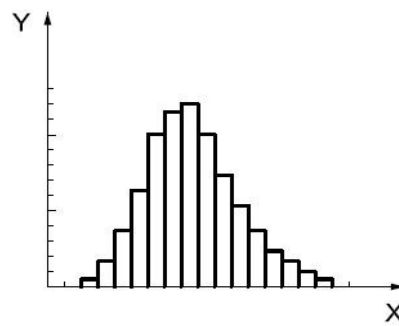
با این تعریف، عدم قطعیت می‌تواند برای مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها محاسبه شود.



a)

راهنما:

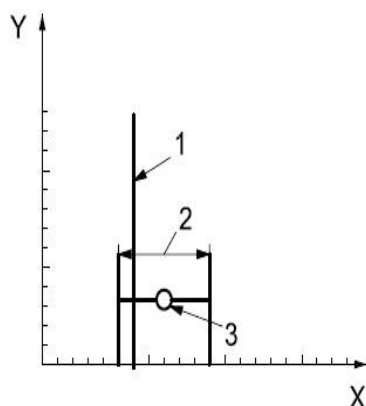
X مقدار جریان
Y احتمال



b)

راهنما:

X مقدار جریان
Y تعداد نمونه‌ها



c)

راهنما:

حد	1
انحراف استاندارد	2
مقدار میانگین	3
مقدار جریان	X
تعداد نمونه‌ها	Y

شکل ب-۱- نمایش تصویری چند پارامتر عدم قطعیت

در قسمت الف شکل ب-۱ احتمال اینکه یک اندازه‌گیری جریان تحت شرایط ثابت مقدار خاصی را به دلیل عدم قطعیت‌های مولفه‌های مختلف فرآیند اندازه‌گیری را به خود می‌گیرد را به شکل تابع چگالی احتمال نشان می‌دهد.

در قسمت ب شکل ب-۱ (اندازه‌گیری‌های جریان نمونه‌برداری شده را به شکل یک هیستوگرام) نشان می‌دهد. در قسمت پ شکل ب-۱ انحراف استاندارد اندازه‌گیری‌های نمونه‌برداری شده را در مقایسه با یک مقدار محدودکننده نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که مقدار متوسط از مقدار محدودکننده بیشتر است، اما در باند عدم قطعیت (بیان شده به صورت انحراف استاندارد حول مقدار میانگین) قرار دارد.

ب-۲ حدود اطمینان و ضرایب پوشش

در یک توزیع احتمال نرمال، تحلیل نشان می‌دهد که ۶۸٪ از یک مجموعه بزرگ اندازه‌گیری‌ها در انحراف استاندارد از مقدار میانگین قرار می‌گیرند. بنابراین، گفته می‌شود که عدم قطعیت استاندارد سطح اعتماد ۶۸٪ دارد.

با این حال، در برخی نتایج اندازه‌گیری‌ها، بیان عدم قطعیت در سطح اطمینانی که بخش بزرگتری از اندازه‌گیری‌ها را پوشش می‌دهد، به عنوان مثال، در سطح اطمینان ۹۵٪ (به شکل ب-۴ مراجعه شود) مرسوم

است. این امر با به کار بردن یک ضریب، که ضریب پوشش، k ، خوانده می‌شود، برای محاسبه مقدار عدم قطعیت استاندارد انجام می‌گیرد.

در یک توزیع احتمال نرمال، ۹۵٪، ۴۵٪ (به طور موثر ۹۵٪) اندازه‌گیری‌ها برای مقدار k برابر ۲ پوشش داده می‌شود. بنابراین، عدم قطعیت در سطح اطمینان ۹۵٪ دو برابر مقدار عدم قطعیت استاندارد است.

در عمل واریانس‌های اندازه‌گیری به ندرت توزیع احتمال نرمال را دنبال می‌کنند. شاید آن‌ها را با توزیع‌های احتمال مثلثی، مستطیلی یا دونمایی بهتر بتوان نشان داد و فقط گاهی اوقات توزیع نرمال را تخمین می‌زنند. بنابراین، توزیع احتمالی باید انتخاب شود که واریانس‌های مشاهده شده را مدل کند. برای بیان عدم قطعیت چنین مدل‌هایی در حد اطمینان، ۹۵٪ یک ضریب پوشش که نشان دهنده ۹۵٪ از مشاهدات باشد مورد نیاز است. با این حال، همان ضریب پوشش، $k = 2$ ، برای تمامی مدل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این امر رویه را ساده‌تر می‌کند در حالی که سازگاری کاربرد را در محدوده‌های قابل تحمل تضمین می‌کند.

ب-۳ خطای تصادفی و سیستماتیک

جملات تصادفی و سیستماتیک در استانداردهای هیدرومتریک برای تمایز بین موارد زیر به کار رفته‌اند:

الف- خطاهای تصادفی، که نشانگر پراکندگی ذاتی مقادیر تحت شرایط پایدار هستند، و

ب- خطاهای سیستماتیک، که وابسته به محدودیت‌های ذاتی وسیله‌های تعیین کمیت اندازه‌گیری شده هستند. مشکل مفهوم خطای سیستماتیک این است که نمی‌تواند بدون اطلاع قبلی از مقادیر واقعی تعیین شود. اگر وجود آن معلوم بوده یا احتمال آن وجود داشته باشد، در این صورت باید گام‌هایی برای به حداقل رساندن چنین خطاهایی که توسط کالیبراسیون مجدد تجهیزات یا توسط معکوس کردن اثر آن در فرآیند محاسبه برداشته شود- در چه نقطه‌ای، خطای سیستماتیک در عدم قطعیت مانند مولفه‌های تصادفی عدم قطعیت نقش دارد.

به این دلیل، ISO/TS 25377 بین طرز عمل عدم قطعیت‌های تصادفی و سیستماتیک تمایزی قائل نمی‌شود. در حالت کلی، هنگام تعیین یک تخلیه منفرد، خطاهای تصادفی غالب است و نیازی به جداسازی خطاهای تصادفی و سیستماتیک نیست. با این حال، در جایی که حجم جمع زده شده بر پایه یک زمان طولانی ایجاد می‌شود، خطاهای سیستماتیک، حتی در صورتی که کاهش یافته باشند، می‌توانند در تخمین عدم قطعیت غالب بمانند.

ب-۴ استانداردهای اندازه‌گیری

استاندارد ملی ایران شماره ۵۱۶۸ و استاندارد ISO/TS 25377، قوانینی برای کاربرد اصول عدم قطعیت اندازه‌گیری، به خصوص در شناسایی مولفه‌های خطا، کمی سازی عدم قطعیت‌های متناظر با آن‌ها و این‌که چگونه این‌ها با استفاده از روش‌های حاصل از تئوری آماری در یک نتیجه کلی برای فرآیند اندازه‌گیری ترکیب می‌شوند را فراهم می‌کند.

مولفه‌های عدم قطعیت توسط تخمین‌های انحرافات استاندارد مشخص می‌شوند. دو روش تقریب وجود دارد. تقریب نوع A:

الف- این امر توسط تحلیل آماری اندازه‌گیری‌های مکرر که از آن یک انحراف استاندارد هم ارز به دست می‌آید. این فرآیند ممکن است در زمان واقعی برای اندازه‌گیری عمق یا سرعت به صورت خودکار در آورده شود. تقریب نوع B:

ب- این امر توسط نسبت دادن یک توزیع احتمال به فرآیند اندازه‌گیری انجام می‌گیرد. این امر در مورد موارد زیر اجرا شدنی است:

- (۱) قضاوت انسان در مرود یک اندازه‌گیری دستی (فاصله یا وزن)؛
- (۲) قرائت‌های دستی از ابزارها (تذکر سازنده)؛ یا
- (۳) داده‌های کالیبراسیون (از سازنده).

ب- ۵ ارزیابی عدم قطعیت نوع A

همان طور که در ب-۱ تعریف شد، عبارت "عدم قطعیت استاندارد" معادل است با پراکندگی اندازه‌گیری‌ها که به صورت انحراف استاندارد بیان می‌شود. بنابراین، هر اندازه‌گیری منفرد از یک مجموعه از n اندازه‌گیری طبق تعریف عدم قطعیتی به صورت زیر دارد:

$$u(x) = l_c \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{ب-۱})$$

که \bar{x} "بهترین تقریب"، مقدار میانگین است:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) \quad (\text{ب-۲})$$

و t_c ضریبی است که از تئوری آماری حاصل شده است و عدم قطعیت افزایش یافته را هنگامی که تعداد کمی از اندازه‌گیری‌ها در دسترس هستند را توضیح می‌دهد (جدول ب-۱).

در صورتی که، به جای یک اندازه‌گیری منفرد از یک مجموعه، عدم قطعیت باید در مورد میانگین تمام مقادیر n به کار برده شود، در این صورت

$$u(\bar{x}) = \frac{t_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \right)} \quad (\text{ب-۳})$$

برای اندازه‌گیری‌های پیوسته، ارزیابی‌های نوع A ممکن است به صورت یک متغیر پیوسته از اندازه‌گیری اولیه به دست آید، یعنی از سطح آب یا سرعت آب.

با گرفتن مقادیر میانگین در تعداد زیاد، n ، اندازه‌گیری‌ها، عدم قطعیت مقدار متوسط $u(\bar{x})$ با یک ضریب $\frac{1}{\sqrt{n}}$ در مقایسه با عدم قطعیت $u(x)$ یک اندازه‌گیری منفرد کاهش می‌یابد. به این دلیل، بهتر است تجهیزات نظارت

کارآیی اندازه‌گیری را بر حسب $u(\bar{x})$ و $u(x)$ تعیین کنند تا گستره‌ای را که میانگین گرفتن در مورد آن انجام می‌گیرد را نشان دهند.

جدول ب-۱- مقادیر

سطح اطمینان (درصد)			درجه آزادی
۹۹	۹۵	۹۰	
۶۳٫۶۶	۱۲٫۷۱	۶٫۳۱	۱
۹٫۹۲	۴٫۳۰	۲٫۹۲	۲
۵٫۸۴	۳٫۱۸	۲٫۳۵	۳
۴٫۶۰	۲٫۷۸	۲٫۱۳	۴
۴٫۰۳	۲٫۵۷	۲٫۰۲	۵
۳٫۱۷	۲٫۲۳	۱٫۸۱	۱۰
۲٫۹۵	۲٫۱۳	۱٫۷۵	۱۵
۲٫۸۵	۲٫۰۹	۱٫۷۲	۲۰
۲٫۷۹	۲٫۰۶	۱٫۷۱	۲۵
۲٫۷۵	۲٫۰۴	۱٫۷۰	۳۰
۲٫۷۰	۲٫۰۲	۱٫۶۸	۴۰
۲٫۶۶	۲٫۰۰	۱٫۶۷	۶۰
۲٫۶۳	۱٫۹۸	۱٫۶۶	۱۰۰
۲٫۵۸	۱٫۹۶	۱٫۶۴	بی نهایت

ب-۶ ارزیابی عدم قطعیت نوع B

ب-۶-۱ کلیات

در صورتی که هیچگونه دسترسی به جریان پیوسته‌ای از داده‌های اندازه‌گیری شده یا مجموعه بزرگی از اندازه‌گیری‌ها نباشد، در این صورت روش تقریب نوع B مورد استفاده قرار می‌گیرد:

توزیع احتمالی به فرآیند اندازه‌گیری نسبت دهید تا احتمال نشان دادن مقدار واقعی را توسط هر مقدار اندازه‌گیری شده منفرد نشان دهید؛

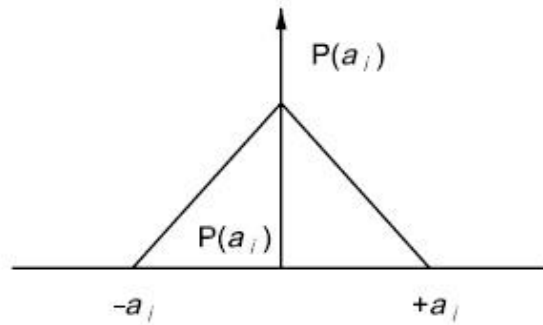
پهنای بالایی و پایینی اندازه‌گیری را تعریف کنید؛ و در این صورت عدم قطعیت استاندارد از یک انحراف استاندارد به کار رفته توسط توزیع احتمال نسبت داده شده تعیین کنید.

روش‌های نوع B اجازه تقریب‌های مقادیر پهنای بالایی و پایینی را برای استفاده در به دست آوردن انحراف استاندارد هم ارز را می‌دهند.

چهار توزیع سرعت در استاندارد ISO/ TS 25377 ارائه شده است و این‌ها در بند ب-۶-۲ تا ب-۶-۵ ارائه شده است.

ب-۶-۲ توزیع مثلثی

توزیع مثلثی در شکل ب-۲ نمایش داده شده است. این امر در مورد اندازه‌گیری‌های دستی به کار می‌رود که احتمال اینکه مقدار میانگین نسبت به دیگر مقادیر بین حدود قابل تشخیص بالا و پایین اندازه‌گیری به مقدار واقعی نزدیکتر باشد، بیشتر است.

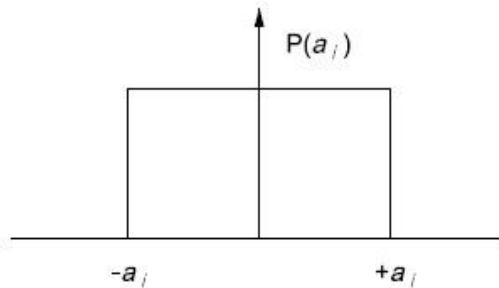


$$u(x_{mean}) = \frac{1}{\sqrt{6}} \left(\frac{x_{max} - x_{min}}{2} \right)$$

شکل ب-۲- توزیع مثلثی

ب-۳-۶ توزیع مستطیلی

توزیع مستطیلی در شکل ب-۳ نمایش داده شده است. این توزیع احتمال معمولاً در مورد حد تفکیک‌پذیری تجهیزات اندازه‌گیری (یعنی، تفکیک‌پذیری نمایشی یا تفکیک‌پذیری مبدل‌های آنالوگ/دیجیتال داخلی) به کار برده می‌شود. با این حال، این تنها منبع عدم قطعیت تجهیزات اندازه‌گیری نیست. ممکن است عدم قطعیت ناشی از الگوریتم اندازه‌گیری مورد استفاده و / یا از فرایند کالیبراسیون باشد. اگر تجهیزات مقادیر نسبی را اندازه‌گیری کنند، در این صورت در تعیین داده آن نیز عدم قطعیت وجود خواهد داشت.

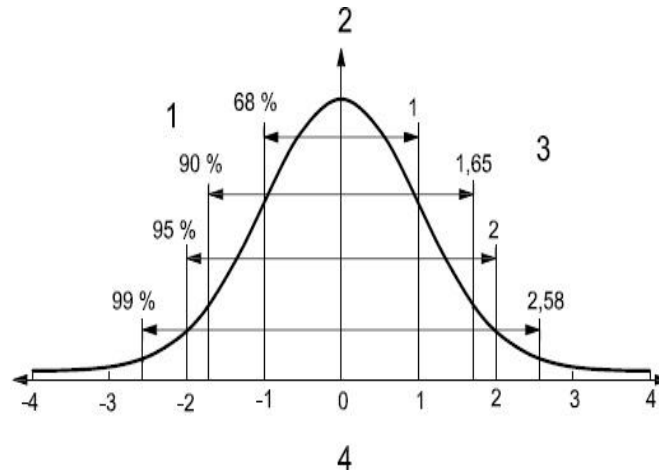


$$u(x_{mean}) = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{x_{max} - x_{min}}{2} \right)$$

شکل ب-۳- توزیع مستطیلی

ب-۶-۴ توزیع احتمال (گوسی) نرمال

توزیع احتمال (گوسی) نرمال در شکل ب-۴ نمایش داده شده است.



راهنما

- 1 درصد قرائت‌ها در پهنای باند
- 2 احتمال
- 3 ضریب پوشش

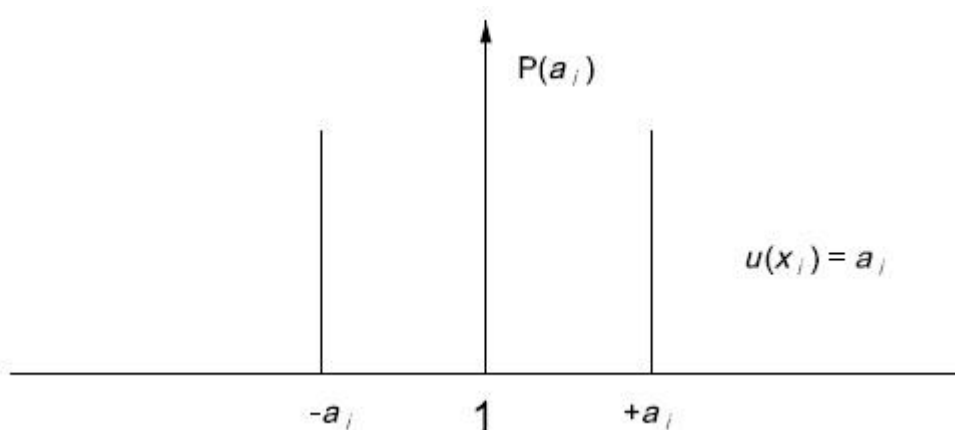
که k ضریب پوشش به کار رفته در مورد مقدار عدم قطعیت اندازه گیری شده است.
$$u(x_{mean}) = \frac{u(\text{معین})}{k}$$

شکل ب-۴- توزیع احتمال نرمال

این موارد بیان‌های عدم قطعیت بر مبنای تحلیل آماری "آفلاین" هستند، که معمولاً به عنوان قسمتی از یک فرآیند کالیبراسیون که با استفاده از یک فرآیند نوع A به دست آمده اند، هستند. هنگامی که به صورت عدم قطعیت استاندارد بیان می‌شوند، مقدار عدم قطعیت باید به طور مستقیم با ضریب پوشش هم ارز $k = 1$ مورد استفاده قرار گیرد.

ب-۶-۵ توزیع احتمال دونمایی

توزیع احتمال دو نمایی در شکل ب-۵ نمایش داده شده است. تجهیزات اندازه‌گیری با هیستریزیس فقط مقادیر پهنای بالا و پایین را نشان دهند. نمونه‌ای از این مورد مکانیسم شناور است، که اصطکاک و تنش سطحی ترکیب می‌شوند تا موجب حرکت شناور در گام‌های محدود شوند.



راهنما

$$u(x_{mean}) = \frac{1P(a_i)(x_{max} - x_{min})}{2}$$

شکل ب-۵- توزیع احتمال دو نمایی

ب-۷ مقدار عدم قطعیت مرکب، u_c

برای اغلب سیستم‌های اندازه‌گیری، یک نتیجه اندازه‌گیری از چندین متغیر به دست می‌آید. به عنوان مثال، اندازه‌گیری ظرفیت، V_p ، یک مخزن می‌تواند به صورت تابعی از متغیرهای مستقل داده شده توسط معادله ذوزنقه‌ای بیان شود و سه جمله دارد:

$$V_p = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{3} y_i (A_i + A_{i+1} + \sqrt{A_i A_{i+1}}) \right) = C_1 + C_2 + C_3 \quad (\text{ب-۴})$$

که y_i فاصله بین دو سطح A_i و A_{i+1} است.

$$C_1 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{3} A_i y_i \right) \quad (\text{ب-۵})$$

$$C_2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{3} A_{i+1} y_i \right) \quad (\text{ب-۶})$$

$$C_3 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{3} y_i \sqrt{A_i A_{i+1}} \right) \quad (\text{ب-۷})$$

مقادیر عدم قطعیت C_1 ، C_2 و C_3 طبق استاندارد ISO/TS 25377:2007، می‌توانند به صورت زیر به دست آیند:

$$(u_c(C_1))^2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{\partial C_1}{\partial A_i} u(A_i) \right)^2 + \left(\frac{\partial C_1}{\partial y_i} u(y_i) \right)^2$$

بنابراین:

$$\left(\frac{u_c(C_1)}{C_1} \right)^2 = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{1}{3} A_i y_i \right) \right)^2} \left[\sum_{i=1}^{i=n-1} \left(\frac{\partial C_1}{\partial A_i} u(A_i) \right)^2 + \left(\frac{\partial C_1}{\partial y_i} u(y_i) \right)^2 \right]$$

یا :

$$\frac{u_C(C_1)}{C_1} = \sum_{i=1}^{i=n-1} \sqrt{\left(\frac{u(A_i)}{A_i}\right)^2 + \left(\frac{u(y_i)}{y_i}\right)^2}$$

(ب-۸)

به طور مشابه،

$$\frac{u_C(C_2)}{C_2} = \sum_{i=1}^{i=n-1} \sqrt{\left(\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}}\right)^2 + \left(\frac{u(y_i)}{y_i}\right)^2}$$

(ب-۹)

$$\frac{u_C(C_3)}{C_3} = \sum_{i=1}^{i=n-1} \sqrt{\left(\frac{u(A_i)}{2A_i}\right)^2 + \left(\frac{u(A_{i+1})}{A_{i+1}}\right)^2 + \left(\frac{u(y_i)}{y_i}\right)^2}$$

(ب-۱۰)

با ترکیب سه عدم قطعیت به دست آمده فوق معادله‌های ب-۸، ب-۹ و ب-۱۰، مقدار عدم قطعیت مرکب برای ظرفیت مخزن به صورتی که در معادله ب-۱۱ ارائه شده است به دست می‌آید:

$$\left(\frac{u_C(V_P)}{V_P}\right) = \left| \frac{1}{V_P} \left| \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \frac{5}{4} \left[\frac{u(A_1)}{A_1} \right]^2 + \frac{5}{4} \left[\frac{u(A_2)}{A_2} \right]^2 + 3 \left[\frac{u(y)}{y} \right]^2 \right\} \right. \right. \right| \quad (\text{ب-۱۱})$$

به طور مشابه فرمول عدم قطعیت مرکب ب-۱۲) برای معادله دوزنقه‌ای با دو جمله می‌تواند به دست آید:

$$\left(\frac{u_C(V_P)}{V_P}\right) = \left| \frac{1}{V_P} \left| \sum_{i=1}^{i=n-1} \left\{ \left[\frac{u(A_1)}{A_1} \right]^2 + \left[\frac{u(A_2)}{A_2} \right]^2 + 2 \left[\frac{u(y)}{y} \right]^2 \right\} \right. \right| \quad (\text{ب-۱۲})$$

پیوست پ

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۶۱۱، اندازه‌گیری جریان مایع در مجاری باز - روش‌های اندازه‌گیری مشخصه‌های رسوب‌های معلق

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

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

[۴] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۸۲، کانل‌های باز - اندازه‌گیری جریان مایع - نمونه‌برداری و آنالیز مصالح
شنی بستر

[5] ISO748, Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels – using current – meters or floats

[6] ISO1100-1, Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels – Part 1: Guidelines for selection, establishment and operation of a gauging station

[7] ISO/TS 3716, Hydrometry – Functional requirements and characteristics of suspended sediment samplers

[8] ISO4364, Measurement of liquid flow in open channels – Bed material sampling

[9] ISO4365, liquid flow in open channels – Sediment in streams and canals – Determination of concentration, particle size distribution and relative density

[10] ISO/TR9212, Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels – Methods of measurement of bedload discharge

[11] ISO 9555(all parts), Measurement of liquid flow in open channels – Tracer dilution methods for the measurement of steady flow

[12] ISO/TR 11330, Determination of volume of water and water level in takes and reservoirs

[13] ISO 11657, liquid flow in open channels – Sediment in streams and canals – Determination of concentration by surrogate techniques

[14] ISO/TS 25377:2007, Hydrometry uncertainly guidance (HUG)

[15] Davis B.E.A guide to the proper selection and use of federally approved sediment and water-quality samplers: U.S. Geological Open-Filter Report 2005-1087,20 p.

[16] DIPLAS P., KUHNLE R., GRAY J.R., GLYSSON G.D., and EDWARDS T.K., 2008, Sediment transport measurements, in Marcelo Garcia, ed., Sedimentation Engineering – Processes, Measurements, Modeling, and Practice, American Society of Civil Engineers Manual 110, Chapter 5, pp. 307-353

[17] EDWARDS T.K., GLYSSON G.D.1999, Field methods for measurement of fluvial sediment. U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations Book 3, Chapter. C2, 89 P

[18] GRAY J.R., SIMÕES F.J.M. Estimating sediment discharge. In: Sedimentation Engineering – Processes, Measurements, Modeling, and Practice, American Society of Civil Engineers Manual 110, Appendix D,(GARCIA M., ed.) 2008, pp.1067-88

[19] GRAY J.R., GARTNER J.W.2009, Technological advances in suspended-sediment surrogate monitoring: Invited Paper, Water Resources Research, Vo.45, W00D29, doi: 1029/2008WR007063, 20 p
GRAY J.R., GARTNER J.W.2010a, Surrogate technologies for monitoring suspended-sediment transport in rivers, in, Poleto, Cristiano, and Chalesworth,

Susanne, eds., *Sedimentology of Aqueous Solutions*, London: Wiley- Blackwell, Chapter 1, pp. 3-45

[20] GRAY J.R., GARTNER J.W. 2010b, Surrogate technologies for monitoring bed-load transport in rivers, in, Poletto, Cristiano, and Chalesworth, Susanne, eds., *Sedimentology of Aqueous Solutions*, London: Wiley- Blackwell, Chapter 2, pp. 45-79.

[21] NOLAN K.M., GRAY J.R., GLYSSON G.D. (2005). Introduction to suspended-sediment sampling: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5077. Available on CD-ROM and at: <http://pubs.er.usgs.gov/pubs/sir/sir20055077>

[22] PORTERFIELD G. 1972, Computation of fluvial – sediment discharge: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, 3, C3, 66 P.,

[23] RASMUSSEN P. P., GRAY J. R., GLYSSON G. D. , ZIEGLER A. C. 2009, Guidelines and procedures for computing time – series suspended – sediment concentrations and loads from in-stream turbidity – sensor and stream flow data: U.S. Geological Survey Techniques and Methods book 3, chap. C4, 53 P. [Usgs.gov/tm/tm3c4/](http://www.usgs.gov/tm/tm3c4/)

[24] Sur l'exactitude de la représentation des profils du fond de la mer avec les sondeurs ultrasonores à haute fréquence. P. KELLER, F SCHULER DEUTSCHE HYDROGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT, 1951, vol4 cahier 3

[25] WMO. Measurement of river sediments WMO no. 561, Operational Hydrology report no. 16, 1981

[26] KELLER. P, BOUCHARD, J.P. Etude bibliographique de l'alluvionnement des retenues par les sédiments fins: mécanismes physiques et moyens de lutte. EDF DER Rapport E4383-26-Juillet 1983

[27] Sédimentation dans les retenues hydroélectriques et vidanges. JP LEPETIT EDF-DER-Rapport HE/30 85-04 1985

[28] Méthode de calcul de la sédimentation dans les réservoirs. Contribution au programme hydraulique International PH-II Project. Rapporteur: S. Bruk A2.6.1. Panel UNESCO Janvier 1986

[29] Sediments budgets LAHS Publication no. 174 Orads, M and Walling, (Eds.) (1988)

[30] WMO. Manual on operational methods for the measurement of sediment transport Long Yuqian WMO Optional Hydrology Report no. 29, 1989

[31] Maitrise de l'alluvionnement des retenues. Recommandations Stiger et al Bulletin no. 67 du CIGB JCOLD 1989

[32] Hydrographie et Bathymétrie. M le Gouic. 1^{er} congrès international de l'Association Française de topographie, 1990

[33] Demi-siècle d'études théoriques & expérimentales sur les transports de sédiments. M. Bouvard, P. Lefort SHF Actes du colloque "Transports solides en eaux continentale et littorale" Paris Nov 93

[34] HAKANSON L. Optimization of lake hydrographic surveys. Water Resour. Res. 14, 1978, pp. 545-560

[35] International Hydrographic Organization (IHO), May 2005, Publication C-13, Manual on Hydrography, (corrections to April 2010), Published by International Hydrographic Bureau, Monaco

[36] JIHN-SUNG lai, 1998, Sediment Deposition and Desilting Operation in Tapu Reservoir, Case Studies: Rivers. Parallel Session (parallel34), 01.09.1998, 16:00-18:15 (3 von 3) [19.11.02 14:13:41]

[37] MORRIS G.L., FAN J. Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for sustainable use. McGraw-Hill Book Company. New York, 1997, 758 p

- [38] B.N. Capacity Survey of Storage Reservoirs, Publication No 89. Central Board of Irrigation and Power, New Delhi, India, Revised Edition 1995
- [39] Sanmenxia Reservoir Experiment Station 1980 Optimistic Density of Ranges for Sedimentation Survey
- [40] Survey Manual – 2002 Rev. 2006, Section VI. Photogrammetric Surveys, page VI-1 to VI-24 [online database], [viewed 2012-05-19], Available from Manual/Section%20VI%20-%20Photogrammetric%20Surveys.pdf
- [41] SLOFF C.J. Modelling reservoir sedimentation processes for sediment management studies. Proc. Conf. Hydropower into the next century Portoroz, Slovenia, 15-17 Sept. 1997 pp.513-524 [Aqua Media Lnt., UK.]
- [42] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. (USACE), 2004. Engineering and Design – Hydrographic Surveying, EM 1110-2- 1003, Department of Army, Washington DC,
- [43] U.S.ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE), 1995 Engineering and Design-Sedimentation Investigations of Rivers and reservoirs, EM 110-2-4000, Department of Army, Washington DC.
- [44] U.S.ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE), 2002 Engineering and Design-Photogrammetric Mapping,, EM 1110-2-1000, Department of Army, Washington DC.
- [45] U.S.ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE), 2003 Engineering and Design- Remote sensing, EM 1110-2-2907, Department of Army, Washington DC.
- [46] U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, November 2006. Erosion and Sedimentation Manual
- [47] Yanjing Zhang, Chunhong Hu, and Yangui Wang, “1-D Mathematical Model for Heavily sediment laden rivers and its applications” US-China Workshop on Advanced Computational Modelling in Hydrosience & Engineering. September 19-21, Oxford, Mississippi, USA
- [48] XIAOQING Y. Manual on Sediment Management and Measurement. World Meteorological Organization, Operational Hydrology Report No. 47, WMO-No. 948, Secretariat of the World Meteorological Organization – Geneva-Switzerland, 2003
- [49] ZHANG QISHUN and LONG YUQIAN, Sediment problems of Sanmenxia Reservoir, In: Proceeding of the International Symposium on River Sedimentation, Beijing, China, 1980, 707-716