



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۰۲۵

چاپ اول

فروردین ۱۳۹۲

INSO

16025

1st.Edition

Apr.2013

نمونه برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و  
مخازن سدها - راهنمای عملیات صحرائی

**Sampling of Rivers and Dam Reserviors  
Sediments – Guidance Field**

ICS: 93.020

## 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 پیشنهادات 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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 استانداردهای 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) و 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) و 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

### « نمونه برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها – راهنمای عملیات صحرائی »

#### رئیس:

سمت و/ یا نمایندگی  
دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

میر هادی، بهمن  
(دکتر مهندسی مواد- سرامیک)

#### دبیر:

کارشناس اداره کل نظارت بر اجرای  
استانداردهای صنایع غیرفلزی

عباسی رزگله، محمد حسین  
(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

#### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران

پوریکتا، پولاد  
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت تعالی نگر پیشرو

حسن زاده، زینت  
(کارشناس زمین شناسی)

شرکت مهندسی مشاور تژه

حاج جعفری، بهرام  
(کارشناس مهندسی عمران)

سرپرست گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

سامانیان، حمید  
(کارشناس ارشد مهندسی مواد- سرامیک)

مدرس مرکز آموزش عالی انقلاب اسلامی

عباسی، محمدرضا  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دفتر امور تدوین استاندارد سازمان ملی  
استاندارد ایران

فلاح، عباس  
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای  
صنایع غیرفلزی

کشاوری، محمد  
(کارشناس ارشد شیمی محض)

اداره کل استاندارد استان یزد

گلبخش، محمد حسین  
(کارشناس مهندسی عمران)

رئیس آزمایشگاه انجمن صنفی شن و ماسه

گنجی، مجتبی  
(کارشناس ارشد مهندسی معدن)

سازمان ملی استاندارد ایران

مجتبیوی، سیدعلیرضا  
(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

اداره کل استاندارد کردستان

مردوخی، شاهو  
(کارشناس مهندسی عمران)

پژوهشگاه استاندارد

مرشدی، عبدالرضا  
(کارشناس شیمی محض)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ اصطلاحات و تعاریف
۱	۳ ویژگی‌ها، تولید و انتقال مواد رسوبی
۱	۴ معیارهای انتخاب و کاربرد دستگاه‌های نمونه‌برداری رسوب در رودخانه و مخزن سد
۴	۱-۴ کلیات
۴	۲-۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری بار معلق
۱۵	۳-۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری بار کف بستر رودخانه
۲۰	۴-۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری از مواد بستر
۲۹	۵ نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رسوب در رودخانه‌ها
۲۹	۱-۵ نمونه‌برداری بارمعلق
۳۶	۲-۵ نمونه‌برداری بار کف بستر
۴۶	۳-۵ نمونه‌برداری از مواد بستر
۵۷	۴-۵ تناوب زمانی نمونه‌برداری رسوب
۵۹	۵-۵ توزیع مکانی نمونه‌برداری رسوب
۷۰	۶ نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رسوب در مخزن سد
۷۰	۱-۶ کلیات
۷۱	۲-۶ برنامه‌ریزی و تهیه نقشه‌های عملیاتی نمونه‌برداری رسوبات
۷۴	۳-۶ مراحل عملیاتی نمونه‌برداری از رسوبات بستر مخازن

## پیش‌گفتار

استاندارد «نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها - راهنمای عملیات صحرائی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در سیصد و هفتاد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۱/۹/۱۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های 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 ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:  
نشریه شماره ۳۴۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری: راهنمای عملیات صحرائی نمونه-برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها، سال ۱۳۸۵

## مقدمه

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه نشریه شماره ۳۴۹ تحت عنوان راهنمای عملیات صحرایی نمونه برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها، کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. نشریه مذکور در موسسه تحقیقات آب، توسط افراد زیر به ترتیب حروف الفبا تهیه شده است:

آقای خسرو حسینی	موسسه تحقیقات آب	دکترای هیدرولیک
آقای شروین فقیهی راد	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس مهندسی آب
آقای حسام فولادفر	موسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس مهندسی رودخانه
آقای حسین یونسی	موسسه تحقیقات آب	لیسانس زمین شناسی
آقای مسعود نیری	موسسه تحقیقات آب	لیسانس زمین شناسی

نشریه ۳۴۹ توسط اعضای کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل دفتر استانداردها و معیارهای فنی و نیز سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور به تایید و تصویب رسید. اسامی اعضای گروه نظارت به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای سید جمال الدین پرورده	کارشناس آزاد	فوق لیسانس آب شناسی
آقای ابراهیم جباری	دانشگاه علم و صنعت ایران	دکترای هیدرولیک
آقای رضا سلمانیان	سازمان آب منطقه‌ای ارومیه	لیسانس خاک شناسی

اسامی اعضای کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل دفتر استانداردها و معیارهای فنی که بررسی و تایید نشریه ۳۴۹ را بعهده داشته‌اند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای محمود افسوس	شرکت سازه پردازی	فوق لیسانس هیدرولیک
آقای محمد ابراهیم بنی حبیب	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی آب
آقای ابراهیم جباری	دانشگاه علم و صنعت ایران	دکترای هیدرولیک
آقای محمدحسن چیتی	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	فوق لیسانس سازه‌های آبی
آقای مهدی شفیعی فر	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای سازه‌های دریایی
خانم کیاندرخت کباری	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس راه و ساختمان
آقای جبار وطن فدا	سازمان مدیریت منابع آب ایران	فوق لیسانس سازه‌های آبی

با توجه به تغییرات ساختاری بوجود آمده در موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و ارتقای جایگاه موسسه به سازمان ملی استاندارد ایران، حوزه استانداردسازی گسترش یافته است، در همین راستا و به منظور فراگیر نمودن حوزه کاربری نشریات و دستورالعمل‌هایی که توسط سایر سازمان‌ها انتشار یافته‌اند پذیرش آن‌ها به عنوان استاندارد ملی در دستور کار سازمان ملی استاندارد ایران قرار گرفته است. نظر به این که استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که براساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط موسسه (سازمان ملی استاندارد ایران) تشکیل می‌گردد به تصویب رسیده باشد و با همین رویکرد، این استاندارد براساس نشریه شماره ۳۴۹ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور تهیه شده است.

## نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها - راهنمای عملیات صحرائی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی لازم برای برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رسوبات رودخانه‌ای و مخازن سدها است. این استاندارد برای آشنایی با برنامه‌ریزی و تکنیک‌های صحرائی و وسایل و تجهیزات مورد نیاز برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مواد معلق، مواد بستر مخازن سدها و انواع رودخانه‌های آبرفتی با رژیم‌ها با اندازه‌های مختلف کاربرد دارد.

### ۲ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۲

#### مواد رسوبی

مواد رسوبی ذراتی از سازندهای سنگی می‌باشند که توسط آب یا هوا، معلق، حمل و نهشته می‌شوند.

۲-۲

#### رسوبات رودخانه‌ای

رسوبات رودخانه‌ای قطعه سنگ‌های ریز و درشتی می‌باشند که در اثر هوازدگی سنگ‌ها و خرد شدگی آن‌ها بوجود می‌آیند و توسط آب حمل می‌گردند. به این مواد در آب، عناصر زیستی و شیمیایی و مواد آلی نظیر هوموس نیز اضافه می‌شود.

### ۳ ویژگی‌ها، تولید و انتقال مواد رسوبی

اندازه مواد رسوبی از سنگ‌های بزرگ تا ذرات کلئیدی را شامل می‌شوند و شکل آن‌ها از گرد تا تیز گوشه متغیر است. ترکیب کانی‌های تشکیل دهنده و وزن مخصوص آن‌ها نیز متفاوت می‌باشد. مواد رسوبی در اثر فرآیندهای فرسایشی روی سازندهای سنگی ایجاد شده و توسط جاذبه زمین، باد، آب یا ترکیبی از این‌ها حمل می‌گردند. زمانی که عامل حمل مواد رسوبی آب باشد، آن را رسوبات رودخانه‌ای می‌نامند.

فرسایش توسط آب به دو دسته کلی فرسایش ورقه‌ای و فرسایش کانالی بدون داشتن مرز مشخص و روشنی بین این دو، تقسیم می‌شود. فرسایش ورقه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که رسوبات از سطح یک ورقه فرسایشی با ضخامت یکسان توسط قطرات باران و یا جریان ورقه‌ای جدا می‌شوند. حرکت مواد رسوبی و ضربه قطرات باران باعث تراکم سطح خاک و آب بندی نسبی آن و لذا کاهش مؤثر آهنگ نفوذ و افزایش میزان آب قابل دسترس برای فرسایش و حمل مواد رسوبی می‌گردد. مقدار مواد رسوبی فرسایش یافته تابعی از شیب سطح، فرسایش



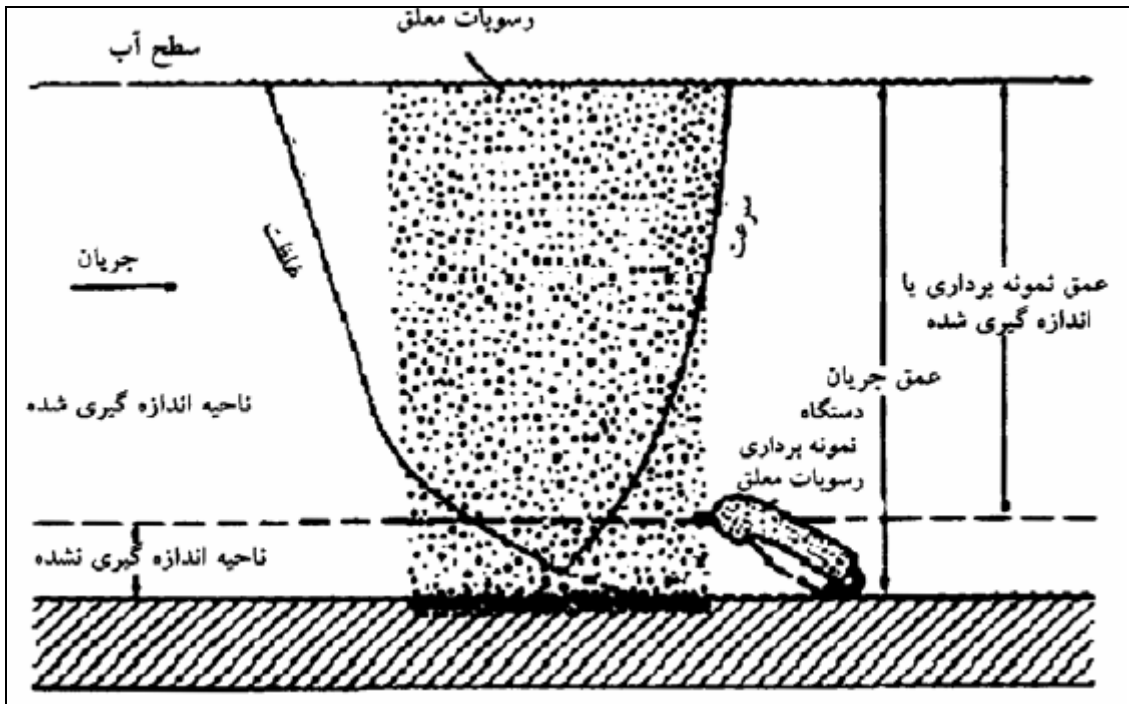
پذیری، شدت بارندگی و اندازه قطرات باران می‌باشد. نامنظمی سطح زمین باعث تمرکز جریان در داخل جویبارهای کوچک شده و این جویبارها با اتصال به یکدیگر در پایین دست، انهار و رودخانه‌های بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند. در داخل این رودخانه‌های بزرگ‌تر، مواد قابل فرسایش از کناره‌ها و بستر رودخانه در معرض جریان قرار می‌گیرند و تا مقداری که انرژی جریان اجازه دهد، رسوبات بیشتری توسط رودخانه حمل می‌شود. این گونه فرسایش‌های کانالی ممکن است به صورت عمومی و یا موضعی در طول رودخانه باشند. هرچند که در طبیعت به صورت موضعی ظاهر می‌شوند.

عامل باد می‌تواند رسوباتی را وارد رودخانه کند، اما سهم این رسوبات در مقایسه با بار رسوبی رودخانه معمولاً مقدار ناچیزی می‌باشد. علاوه بر فرسایش کناره‌ای رودخانه که در اثر فرسایش ناشی از جریان اتفاق می‌افتد، انتقال ثقلی رسوبات به درون رودخانه نیز از سهم بالایی برخوردار است. انتقال ثقلی رسوبات شامل خزش‌های کند تا لغزش‌های سریع کناره‌های رودخانه است.

از دیگر عوامل ایجاد رسوب در رودخانه، جاده‌سازی در حاشیه رودخانه، برداشت شن و ماسه و یا دیگر فعالیت‌های انسانی در حوضه آبریز، در بستر یا در حاشیه رودخانه می‌باشد.

رودخانه معمولاً رسوبات ریز دانه را به صورت معلق حمل می‌کند و رسوبات دانه درشت از طریق جریان‌های غلیظ، چرخش و یا جهش در بستر رودخانه به پایین دست منتقل می‌شود. به طور کلی، رسوبات دانه ریز با سرعتی معادل سرعت جریان به پایین دست منتقل می‌شوند. در صورتی که رسوبات درشت‌دانه گاهی دارای حرکت موقتی می‌باشند و بیشتر اوقات در حالت سکون به سر می‌برند.

توزیع عمودی رسوبات معلق در طول مسیر و در عرض رودخانه ممکن است تغییر نماید. هرچند که بطور کلی، ذرات ریز رسوبات به طور یکنواخت در امتداد محور قائم توزیع شده‌اند و دانه‌های درشت در مجاورت بستر رودخانه تمرکز یافته‌اند. گاهی اوقات، دانه‌های درشت ممکن است در نتیجه جریان‌های آشفته و یا در نتیجه پدیده پخشودگی به سطح آب برسند. بنابراین با استفاده از دستگاه‌های نمونه‌برداری تجمعی عمقی یا نقطه‌ای، نمونه‌های اخذ شده شامل دامنه وسیعی از اندازه دانه‌های رسوبی بوده و معرف مناسبی برای بده رسوبات معلق می‌باشند. در جهت قائم دو منطقه را می‌توان از یکدیگر مجزا کرد (شکل ۱)، این تفکیک به دلیل نوع طراحی دستگاه نمونه‌برداری و محدودیت آن در عمق مؤثر نمونه برداشت شده می‌باشد. نمونه‌برداری در تمامی عمق امکان‌پذیر نمی‌باشد. به دلیل آن‌که، موقعیت فیزیکی دهانه ورودی نسبت به کف دستگاه نمونه‌برداری مانع از نزدیک شدن دهانه ورودی به کف رودخانه می‌شود. این قسمت عمق، منطقه غیر قابل نمونه‌برداری نامیده می‌شود و مشخصاً غلظت بیشتر و دانه‌های درشت‌تر رسوبی را حمل می‌کند. رسوبات معلق واقع در این قسمت غیر قابل نمونه‌برداری، بسته به عمق، سرعت، و اغتشاش جریان در قائم ممکن است قابل ملاحظه باشند و یا این‌که از آن صرف‌نظر کرد. چنانچه سرعت و شرایط اغتشاش در ناحیه قابل نمونه‌برداری بر نیروهای برشی حمل بار کف در ناحیه غیر قابل نمونه‌برداری غلبه کند و به طور مؤثر همه رسوبات معلق را در سراسر عمق به صورت معلق نگه دارد، در چنین حالتی بده رسوبی اندازه‌گیری شده تقریباً برابر با بده رسوبی کل خواهد بود.



شکل ۱- نواحی قابل نمونه برداری و غیر قابل نمونه برداری در نمونه برداری قائم از رودخانه

با صرف نظر از دقت محدود پیش بینی های تئوریکي فرآیندهای رسوبي، فعالیت های بشري تغییرات زیادی را روی متغیرهای مؤثر بر فرسایش، حمل رسوب و رسوب گذاری ایجاد می کند. لذا نیاز مبرمی برای اندازه گیری های مستقیم و یا غیر مستقیم از حرکت و مشخصه های رسوبات رودخانه ای می باشد. به دلیل پیشرفت های سریع در فناوری، تهیه فهرستی از کلیه مشکلات رسوبي و انواع داده های مورد نیاز برای حل این مشکلات غیر ممکن می باشد. هر چند که بیان چند محدوده از مشکلات لازم به نظر می رسد.

داده های رسوبي به منظور حل مشکلاتی مرتبط با بهره برداری از آب، مفید می باشند. بسیاری از صنایع در فرآیندهایشان نیاز به آب بدون رسوب دارند. آگاهی از میزان و مشخصه های رسوب در منابع آب مورد نیاز می باشد. با توجه به امکان جداسازی رسوبات از اقتصادی ترین راه، قبل از ورود آب به سیستم توزیع، آگاهی از حرکت رسوبات و مشخصه های رسوبات برای طرح سازه های هیدرولیکی مانند سدها، کانال ها و سازه های آبیاری مورد نیاز می باشد.

داده های مربوط به حرکت رسوبات و ویژگی های رسوبي به منظور تعیین و درک این که چگونه مواد رادیو اکتیو و بسیاری از مواد آلی توسط رسوبات جذب و تمرکز داده می شوند، مورد نیاز می باشد. آگاهی از تأثیر تغییرات طبیعی و بشري در حوضه های آبریز روی مقدار و ویژگی های رسوبي به پیش بینی شرایط رودخانه ای در اثر تغییرات آبی کمک مؤثری می کند. آگاهی از شرایط حاضر رسوبات رودخانه ای به ارزیابی معیارهایی برای استانداردهای کیفیت آب نیز کمک مؤثری می کند.

داده های رسوبي مذکور به برنامه هایی به منظور تأمین موارد زیر نیاز دارند:

- اطلاعات مفهومی بر پایه شبکه ملی؛
- اطلاعات خاص در باره نواحی خاص مشکل دار برای مدیریت آب؛
- شرح و فهم روابط بین آب، رسوب و محیط زیست (تحقیقات پایه).

به طور خلاصه، داده‌های رسوبی دارای انواع زیر می‌باشند:

- داده‌های از نوع پیوسته یا ثبت روزانه در جاهایی که محاسبه بار روزانه مورد نیاز می‌باشد.
  - داده‌های از نوع جزئی در جاهایی که ثبت روزانه برای قسمتی از سال مورد نیاز می‌باشد.
  - داده‌های از نوع ثبت ادواری در جاهایی که نمونه‌ها به صورت ادواری مورد نیاز می‌باشند.
- معمولاً مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های شناسایی قبل از کاربرد این برنامه‌ها انجام می‌گیرد. حتی بعد از آغاز یک برنامه خاص، ممکن است سازگاری‌هایی با در نظر گرفتن ابزار، زمان نمونه‌برداری و یا حتی محل اندازه‌گیری لازم باشد.
- با کاربرد صحیح معیارها برای رسیدن به اهداف پروژه، می‌توان از تغییر مسیر و یا دوباره‌کاری‌ها اجتناب کرد.

#### ۴ معیارهای انتخاب و کاربرد دستگاه‌های نمونه‌برداری رسوب در رودخانه و مخزن سد

##### ۱-۴ کلیات

یکی از مراحل مهم در نمونه‌برداری رسوب، انتخاب مناسب‌ترین تجهیزات و امکانات می‌باشد. انتخاب دستگاه‌های اندازه‌گیری با توجه به طیف گسترده آن‌ها، به عوامل مورد سنجش، امکانات موجود شامل کارکنان متخصص و کارآموده، اتومبیل صحرایی، قایق، ادوات و تجهیزات اندازه‌گیری به‌همراه استفاده از فن‌آوری و دقت مورد نظر وابسته است. شناخت اولیه از محدوده عملکرد و دقت دستگاه‌های اندازه‌گیری در هر رده اعم از بار معلق، بار بستر و مواد بستر می‌تواند کاربر را به مسیر درستی رهنمون سازد. به نظر می‌رسد، علاوه بر شناخت فیزیکی از هر سامانه اندازه‌گیری، تجربه عملی آشنایی با دستگاه، یک امر مهم تلقی شده و باید قبل از انجام یک پروژه اندازه‌گیری، به‌درستی از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل کرد. اطلاعات فنی و چگونگی عملکرد و محدودیت‌های هر دستگاه اندازه‌گیری، عمدتاً در دفترچه شناسایی آن موجود است. هدف از مطالب این بند، فقط معرفی و ارائه این گونه اطلاعات نیست، بلکه سعی شده بیشتر به حوزه‌های کارکرد و توانایی‌های آن‌ها اشاره گردد. بدیهی است با مقایسه نقاط قوت و محدودیت‌های متفاوت ارزیابی شده، تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب دستگاه بهینه، آسان می‌شود.

##### ۲-۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری بار معلق

دستگاه‌های اندازه‌گیری بار معلق، بر اساس دو روش نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم غلظت مواد معلق طراحی و ساخته شده‌اند.

##### ۱-۲-۴ روش مستقیم<sup>۱</sup>

این روش، بر مبنای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مستقیم متوسط زمانی غلظت رسوب در حال انتقال در یک نقطه معین (پیوسته- نقطه ای)<sup>۲</sup> یا در امتداد یک عمق معین (پیوسته عمقی)<sup>۳</sup> می‌باشد. طرز نمونه‌برداری بدین صورت است که نمونه‌بردار در امتداد یک عمق معین به‌صورت عمودی و با سرعت ثابت حرکت کرده و

---

1 - Direct Method  
2 - Point Integrating  
3 - Depth Integrated

نمونه‌برداری می‌کند. از جمله این نمونه‌بردارها، می‌توان به بطری‌ها و نمونه‌بردارهای تله‌ای و پمپی اشاره کرد.

#### ۴-۲-۲ روش غیر مستقیم<sup>۱</sup>

این روش، برپایه نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غیر مستقیم متوسط زمانی غلظت استوار می‌باشد. استفاده از این روش با فرضیات زیر همراه است:

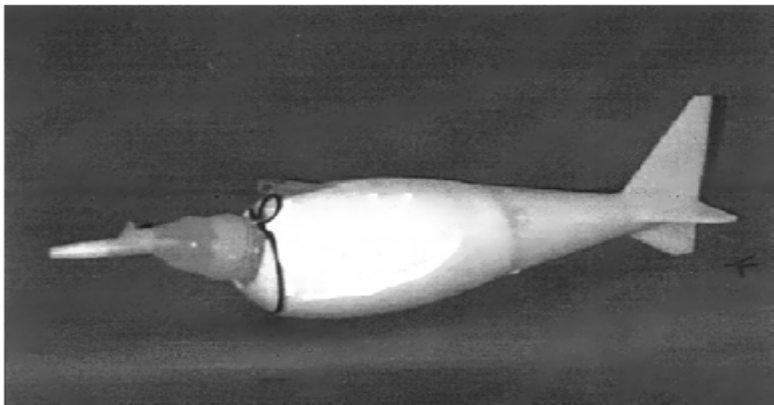
- از نوسان سرعت دانه رسوب و غلظت رسوب در ارتفاع (عمق) صرف نظر می‌گردد.
- سرعت دانه‌های رسوب و سیال با یکدیگر مساوی فرض می‌شود.

براساس اطلاعاتی که در مورد عدم دقت روش غیرمستقیم توسط اندرسون ارایه گردیده، انتقال رسوب اندازه‌گیری شده توسط روش مستقیم در حدود ۱۰٪ از مقدار اندازه‌گیری شده توسط روش غیر مستقیم کوچک‌تر می‌باشد. مالدر و همکاران، این مقدار را ۵٪ گزارش کرده‌اند. در حالی که سولزبی و همکاران مقدار آن را ۱٪ گزارش کرده‌اند.

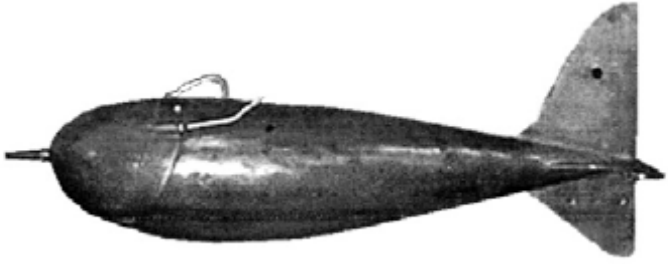
متوسط زمانی غلظت رسوبات می‌تواند در یک نقطه (پیوسته-نقطه‌ای) یا در امتداد یک عمق معین (پیوسته-عمقی) اندازه‌گیری شود. نمونه‌بردارهای صوتی و نوری از انواع نمونه‌بردارهای روش غیر مستقیم به حساب می‌آیند.

در جدول ۱ تعدادی از دستگاه‌های نمونه‌برداری بار معلق معرفی شده است. در این جدول، مشخصات فنی دستگاه، چگونگی عملکرد، محدودیت‌های هر دستگاه به تفکیک آورده شده و تصویر نمونه‌بردار نیز نشان داده شده است.

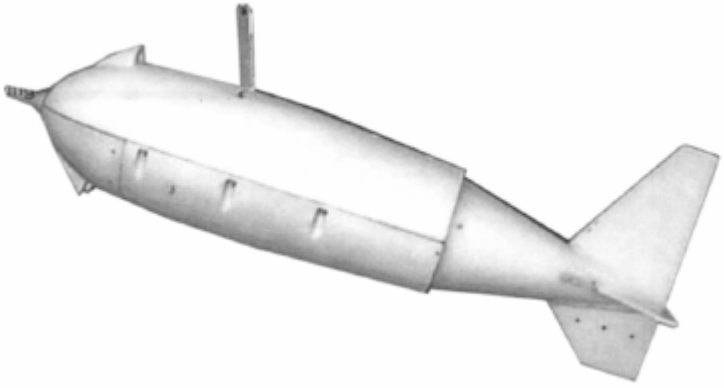
جدول ۱- دستگاه‌های نمونه بردار بار معلق

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						نمونه بردار رده	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>با مدل USD-77 سازگار می‌باشد. قسمت انتهایی نمونه بردار از پره پلاستیکی ساخته شده تا از آلوده شدن و تغییر کیفیت آب در زمان اندازه‌گیری جلوگیری شود.</p>	<p>قابلیت قرارگیری و نمونه برداری در جریان‌های با سرعت (۰/۴۶ تا ۲/۲) متر بر ثانیه. برای نمونه برداری در رودخانه‌های با عمق حداکثر ۴/۶ متر مناسب است. با در نظر داشتن استانداردهای لازم برای نمونه برداری مطالعه کیفی آب قابل استفاده است.</p>	<p>تفلون یا پلاستیکی (۰/۸ تا ۱) لیتر</p>	<p>برنزی و با پوشش پلاستیکی</p>	<p>۰/۷۹ ۰/۶۴ ۰/۴۸</p>	<p>۲۹</p>	<p>۱۷/۰۲</p>	<p>۶۶/۰۴</p>	<p>بار معلق (پیوسته - عمقی)</p>	<p>US<sup>TM</sup> D-95</p>
<p>تصویر USD-95<sup>TM</sup></p> 									

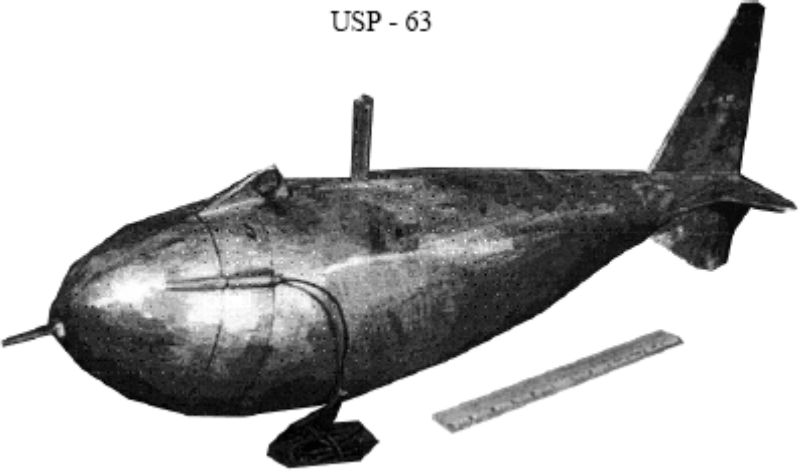
جدول ۱- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>پره‌ها طوری تعبیه شده است که نمونه‌گیر به دقت در برابر جریان قرار می‌گیرد.</p> <p>قبل از باز شدن نازل، توسط یک هشدار هشدار دهنده، فشار طوری تنظیم می‌گردد که جریان به یک‌باره وارد مخزن نشود.</p>	<p>قابلیت برداشت نمونه به صورت پیوسته و قرارگیری در یک نقطه خاص از مقطع نمونه- برداری.</p> <p>سامانه راه اندازی به صورت الکترونیکی با باتری قابل شارژ US RBP- 95.</p> <p>قابلیت خروج هوای محبوس درون ظرف نمونه‌گیر.</p> <p>تنظیم و باز و بسته کردن شیر ورودی نازل در شروع و خاتمه عملیات به صورت اتوماتیک صورت می‌پذیرد.</p> <p>دارای سامانه هشداردهنده به منظور متعادل ساختن فشار هوای درون ظرف نمونه‌گیر با فشار هیدرولیکی موجود در هنگام غوطه‌وری دستگاه.</p>	شیشه‌ای (در حد الیتر)	برنزی		۴۸٫۵	۱۸٫۶	۷۱٫۱	بار معلق (پیوسته - عمقی) (نقطه‌ای)	USP-61-A1
<p>USP- 61- A1</p> 									

جدول ۱- ادامه

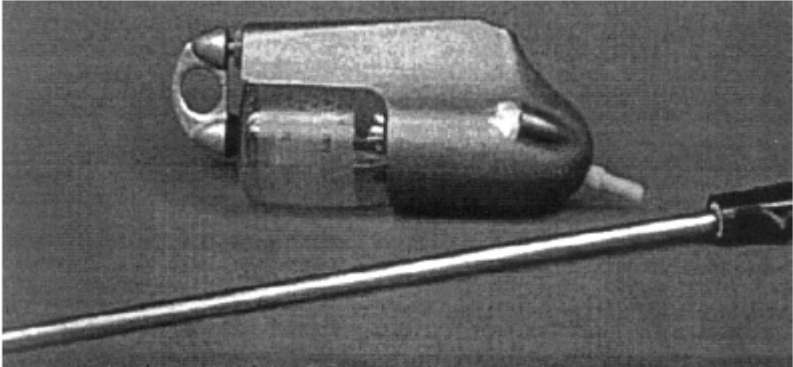
توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>- سنگین وزن.</p> <p>- در رده US ها نمونه‌گیر تمیز نامیده می‌شود.</p> <p>- در صورت استفاده در اعماق بیشتر قطر نازل ورودی کاهش می‌یابد.</p> <p>- محدوده کاربرد آن بیشتر در مخازن سدها است.</p>	<p>قابلیت نمونه برداری رسوبات معلق و پارامترهای مربوط به کیفیت آب.</p> <p>راه اندازی با سامانه کابل و قرقره و قابلیت اتصال به کشتی.</p> <p>- از نازل به قطر ۰/۷۹ سانتی‌متر برای نمونه برداری تا عمق ۱۱/۹ متر استفاده گردد.</p> <p>- از نازل به قطر ۰/۶۴ سانتی‌متر برای نمونه برداری تا عمق ۱۸/۳ متر استفاده گردد.</p> <p>- از نازل به قطر ۰/۴۸ سانتی‌متر برای نمونه برداری تا عمق ۳۳/۵ متر استفاده گردد.</p>	پلاستیک مخصوص - ۳ لیتر	برنزی- آلومینیم ی با پوشش مقاوم	۰/۷۹ ۰/۶۴ ۰/۴۸	۶۰	۲۰/۳	۸۸/۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US™ D-96
<p>USD-96™</p> 									

جدول ۱- ادامه

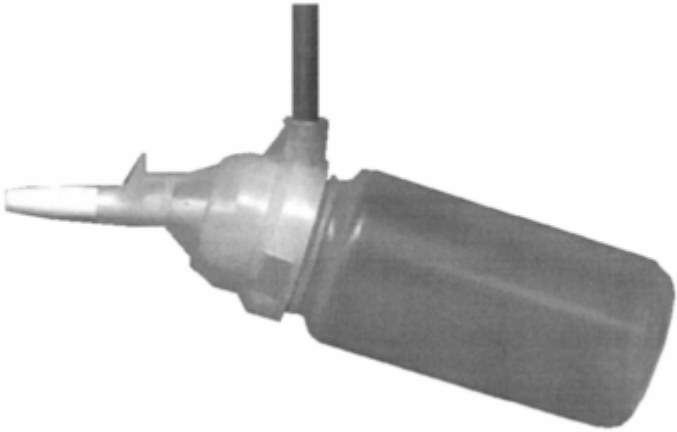
توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-عملکرد آن شبیه دستگاه USP-61 بوده ولی به علت وزن بیشتر برای نمونه‌برداری در اعماق بیشتر و سرعت‌های بالاتر مناسب است.</p> <p>-ورود جریان از نازل به مخزن کاملاً افقی است.</p>	<p>- قابلیت برداشت نمونه به صورت پیوسته و قرارگیری در یک نقطه خاص از مقطع نمونه- برداری (به منظور ثبت تغییرات مقطع قائم). - برای نمونه‌برداری تا عمق ۵۴٫۹ متری از طرف نمونه‌گیر ۰٫۵ لیتری استفاده شود. - برای نمونه‌برداری تا عمق ۳۶٫۶ متری از طرف نمونه‌گیر الیتری استفاده گردد. -راه‌اندازی سامانه به صورت الکترونیکی با کابل و یا با باتری قابل شارژ. -دارای محفظه متعادل کردن فشار به هنگام غوطه‌وری نمونه‌بردار در اعماق جریان</p>	شیشه‌ای (در حد ۰٫۵ لیتر)	برنزی		۹۱٫۶	۲۲٫۹	-	بار معلق (پیوسته - عمقی) (نقطه‌ای)	USP-63
									



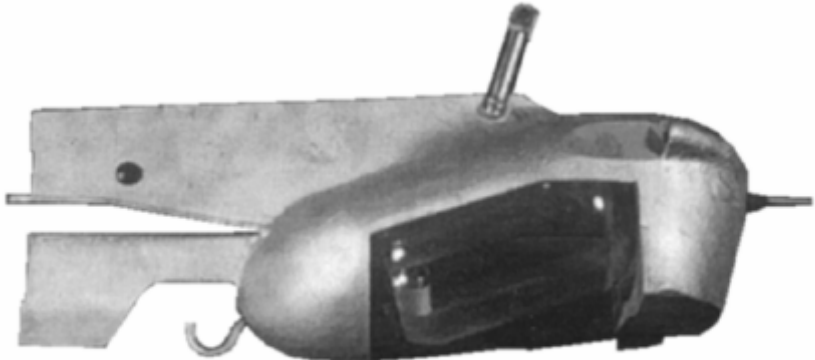
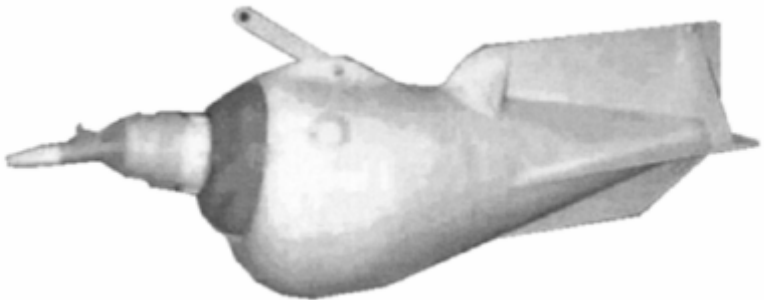
جدول ۱- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-متوسط وزن. -در زمان نمونه- برداری نازل کاملاً افقی قرار می‌گیرد.</p>	<p>- قابلیت نمونه‌برداری حداکثر تا فاصله ۸٫۹ سانتی‌متری از جریان‌های کف -سامانه نگه‌داری توسط یک میله آلومینیمی به طول ۳۳ سانتی‌متر -امکان خروج هوای محبوس درون محفظه جمع‌آوری کننده</p>	پلاستیک مخصوص	برنزی	۰٫۶۴	۱۱٫۳	۸٫۱	۲۴٫۴	بار معلق (پیوسته - عمقی)	USDH-48
USDH-48									
									

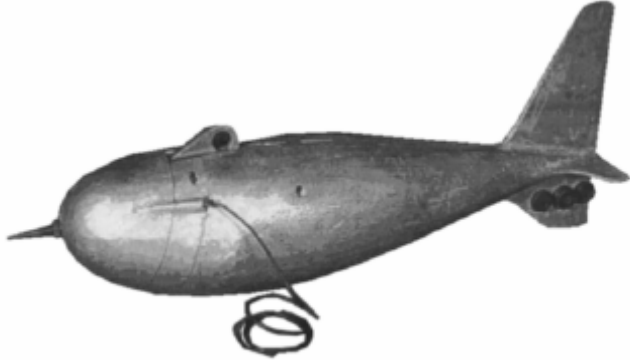
جدول ۱- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه</p> <p>توضیحات</p>	<p>قابلیت نمونه‌برداری نمونه‌های کیفیت آب و فلزات ردیاب برای بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی</p> <p>قرارگیری در آب توسط یک میله با پوشش مقاوم پلاستیکی به قطر ۱٫۲۷ سانتی‌متر</p>	پلاستیک	پلاستیک	۰٫۷۹ ۰٫۶۴ ۰٫۴۸	۴۳	۲۲٫۹	۷۴٫۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	USDH-81
<p>USDH-81</p> 									

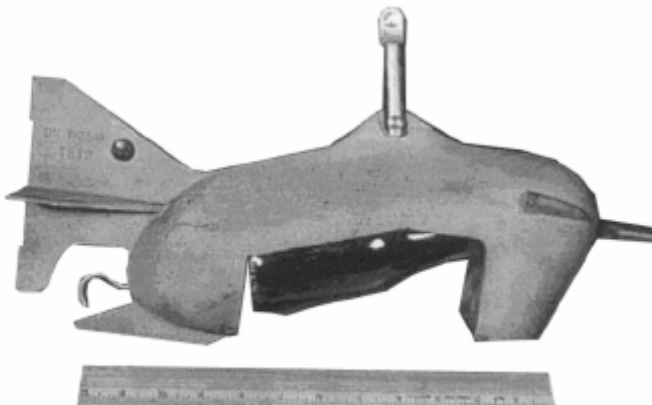
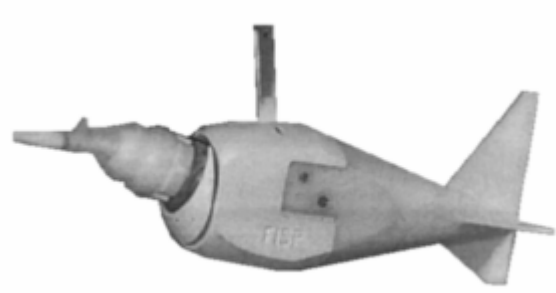
جدول ۱- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-متوسط وزن -برای قرارگیری نازل کاملاً افقی است.</p> <p>-غیرقابل استفاده در نمونه برداری مسایل مربوط به کیفیت آب است.</p>	<p>-قابلیت خروج هوای محبوس در ظرف نمونه- گیر از انتهای دستگاه. -راه‌اندازی سامانه دستی است.</p>	شیشه‌ای	برنزی	۰٫۶۳ ۰٫۴۸ ۰٫۳۲	۱۱٫۳	۱۱٫۴	۴۳٫۲	بار معلق (پیوسته - عمقی)	USDH-76
		USDH-76							
<p>نمونه‌گیری با حجم زیاد انجام می‌گیرد.</p>	<p>-قابلیت جمع‌آوری نمونه- های شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات معلق. -نوع برنزی آن قابلیت قرارگیری نمونه‌برداری در جریان‌های با سرعت (۰٫۴۶ تا ۲٫۲) متر بر ثانیه را دارد.</p>	پلاستیک مقاوم ۲٫۷ لیتر	پلاستیک مقاوم	۰٫۷۹ ۰٫۶۴ ۰٫۴۸	۴۳	۲۲٫۹	۷۴٫۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US-D77
		US-D77							

جدول ۱- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-پره‌ها طوری تعبیه شده است که نمونه‌گیر به دقت در برابر جریان قرار می‌گیرد.</p> <p>-قبل از باز شدن نازل، توسط یک سیستم هشدار دهنده فشار طوری تنظیم می‌گردد که جریان به یکباره وارد مخزن نشود.</p>	<p>-قابلیت برداشت نمونه به صورت پیوسته و استقرار در یک نقطه خاص از مقطع نمونه‌برداری.</p> <p>-سامانه راه اندازی به صورت الکترونیکی با باتری قابل شارژ US RBP- 95.</p> <p>-قابلیت خروج هوای محبوس درون ظرف نمونه‌گیر.</p> <p>-تنظیم و باز و بسته کردن شیر ورودی نازل در شروع و خاتمه عملیات به صورت الکترونیکی انجام می‌پذیرد.</p> <p>-دارای سامانه هشدار دهنده به منظور متعادل ساختن فشار هوای درون ظرف نمونه گیر با فشار هیدرولیکی موجود در هنگام غوطه‌وری.</p>	شیشه‌ای (درحد یک لیتر)	آلومینیم ی		۳۷٫۶	۱۸٫۶	۷۱٫۱	بار معلق (پیوسته- عمقی) (نقطه‌ای)	USP-72
<p>USP-72</p> 									

جدول ۱- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-متوسط وزن. -ورود جریان به درون شیشه برای قرارگیری نازل، کاملاً افقی است. -غیر قابل استفاده در نمونه‌برداری مسایل مربوط به کیفیت آب.</p>	<p>-قابلیت اتصال به کابل برای راه‌اندازی دستی -امکام خروج هوای محبوس درون شیشه از انتهای نمونه‌گیر</p>	شیشه‌ای مطابق حجم بطری شیر	برنزی	۰٫۶۴ ۰٫۴۸ ۰٫۳۲	۱۰	۸٫۸۹	۳۸٫۱	بار معلق (پیوسته - عمقی)	USDH-59
		<p>USDH-59</p> 							
<p>-محفظه جمع-آوری کننده سازگار با مدل‌های USD-95<sup>TM</sup> یا USD-77 می-باشد. -پره نمونه‌بردار از جنس پلاستیک می‌باشد.</p>	<p>-قابلیت نمونه‌برداری‌های کیفی آب.</p>	تفلون یا پلاستیکی ۱ لیتر	برنزی و پلاستیکی	-	۱۳٫۳	-	۵۵٫۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	USDH-59 <sup>TM</sup>
		<p>USDH-59<sup>TM</sup></p> 							

#### ۳-۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری بار کف بستر رودخانه

به طور کلی، اندازه‌گیری و نمونه‌برداری بار کف بستر به دو روش مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گردد.

#### ۱-۳-۴ نمونه‌برداری بار کف به صورت مستقیم

در این روش به کمک دستگاه نمونه‌بردار، مواد رسوبی در حال حرکت در بستر رودخانه، تله اندازی و جمع‌آوری می‌گردد. سپس با انجام عملیات آزمایشگاهی و محاسبات، مقدار بار کف تعیین می‌شود.

#### ۱-۱-۳-۴ نمونه‌بردار سبدي و جعبه‌ای

در این نوع نمونه‌بردارها، با استفاده از کاهش دادن سرعت جریان آب، ذرات رسوب در داخل جعبه یا سبدهای توری تله‌اندازی می‌گردد. این نوع نمونه‌بردار بیشتر برای رودخانه‌های بزرگ با جریان زیاد و رسوبات بار کف درشت دانه کاربرد دارد. معروف‌ترین دستگاه نمونه‌برداری در این رده، نمونه‌بردار نسپر<sup>۱</sup> است که دارای ضریب نمونه‌برداری حدود ۴۵٪ می‌باشد.

#### ۲-۱-۳-۴ نمونه‌بردار سینی‌دار

این نمونه‌بردار شامل یک صفحه خم شده شیب‌دار است که ذرات بار کف ضمن عبور از روی آن به داخل محفظه تعبیه شده در قسمت عقب دستگاه سقوط می‌کند. معروف‌ترین دستگاه‌های نمونه‌برداری در این رده، نمونه‌بردارهای لوسین بسکی<sup>۲</sup> و پلیاکوف<sup>۳</sup> هستند. ضریب این نمونه‌بردارها به ترتیب ۳۸٪ و ۴۶٪ درصد است. این نمونه‌بردارها بیشتر برای رودخانه‌های با بار کف و سرعت کم مناسب هستند.

#### ۳-۱-۳-۴ نمونه‌بردار اختلاف فشاری

در این رده از نمونه‌بردارها، با ایجاد دیواره‌های انحراف جریان در قسمت عقب دهانه نمونه‌بردار و ایجاد اختلاف فشار، ذرات رسوبی به داخل کیسه نمونه‌برداری وارد می‌گردند. از معروف‌ترین دستگاه‌های نمونه‌برداری در این رده، نمونه‌بردارهای گونچاروف<sup>۴</sup> و آرنهم<sup>۵</sup> هستند. به تدریج، نمونه‌بردارهای اصلاح شده به شکلی ساخته شده‌اند که دارای ضریب تله‌گیری بالا، بین ۰٫۹ تا ۱٫۱ گردیده‌اند. نمونه‌بردار هلی اسمیت، در واقع نوع اصلاح شده نمونه‌بردار آرنهم است و یک نمونه‌بردار شناخته شده و معتبر در این گروه می‌باشد.

#### ۲-۳-۴ نمونه‌برداری بار کف بستر به صورت غیرمستقیم

در این روش، از دستگاه‌هایی که بر اساس خاصیت صوت، نور و یا مواد رادیواکتیو کار می‌کنند، استفاده می‌شود. به طور کلی، کاربرد این روش‌ها بیشتر آزمایشگاهی و تحقیقاتی است و تجربه‌های صحرائی آن نیز اندک می‌باشد. یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده مسیریابی شکل بستر می‌باشد. در این روش، پروفیل

---

1 - Nespar  
2 - Losien Bsky  
3 - Polyacov  
4- Goncharov  
5 - Arnham

طولی کف در یک دوره تناوبی برداشت شده و با مقایسه مداوم پروفیل‌ها، سرعت حرکت فرم‌های بستر قابل محاسبه خواهد بود. جزییات بیشتر روش مسیریابی فرم بستر، در ادامه تشریح خواهد شد.

#### ۱-۲-۳-۴ مسیریابی شکل بستر<sup>۱</sup>

این روش، بر اساس محاسبه انتقال بار بستر از پروفیل‌های اندازه‌گیری شده فرم بستر در بازه‌های زمانی مناسب و در شرایط جریان مشابهی بسط داده شده است. با فرض شرایط جریان ماندگار و عدم به هم خوردن فرم بستر در هنگام حرکت، نرخ انتقال بار بستر می‌تواند از فرمول زیر محاسبه گردد:

$$S_b = \alpha_s \cdot (1-P) \cdot P_s \cdot \alpha \cdot \Delta \quad (1)$$

که در آن:

$S_b$  بار کف در حال انتقال، برحسب کیلوگرم بر ثانیه بر متر؛

$\alpha_s$  ضریب شکل ( $\approx 0.5$  تا  $0.6$ )؛

$P$  ضریب تخلخل ( $\approx 0.5$ )؛

$P_s$  وزن مخصوص رسوب ( $\approx 2650$  کیلوگرم بر مترمکعب)؛

$\alpha$  سرعت متوسط فرم بستر، برحسب متر بر ثانیه؛

$\Delta$  ارتفاع متوسط فرم بستر، برحسب متر.

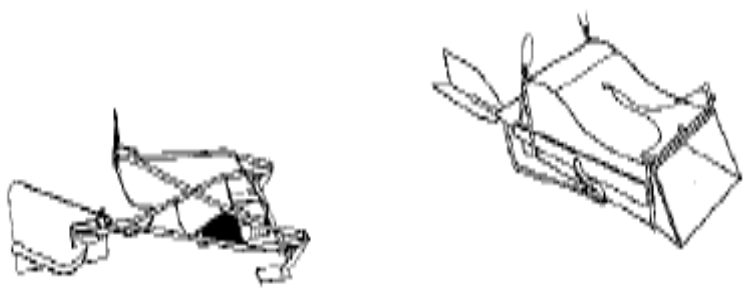
برای به کار بردن این معادله، سرعت حرکت و ارتفاع فرم بستر باید از روی پروفیل‌های بستر تعیین گردد. جدول ۲ حاوی طیف گسترده‌ای از دستگاه‌های نمونه‌برداری بار کف بستر می‌باشد. در این جدول، مشخصات فنی و چگونگی عملکرد و محدودیت‌های هر دستگاه به تفکیک ارائه شده است.

جدول ۲- دستگاه‌های نمونه‌بردار بار کف

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه‌بردار	نوع
		جنس محفظه نمون بردار	جنس	دهانه ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-سبک وزن. -قطر منافذ کیسه جمع‌آوری نمونه ۰/۲۵ میلی‌متر. -بررسی‌ها نشان می‌دهد نمونه‌بردار مذکور قادر به جمع‌آوری ذرات با قطر بزرگ‌تر از ۳۸ میلی‌متر نیز می‌باشد. -بررسی‌ها نشان می‌دهد در جریان‌های با سرعت حداکثر ۳ متر بر ثانیه کاربرد دارد. -برای نمونه‌برداری در رودخانه‌های کم‌عمق کاربرد دارد. -برای استقرار آن در رودخانه از میله آلومینیمی به طول ۷۱ سانتی‌متر استفاده می‌گردد. -به دلیل شکل دهانه ورودی مواد بستر بدون کاهش سرعت وارد کیسه شده و تله‌اندازی می‌گردد که در این شرایط، احتمال پارگی کیسه زیاد است.</p>	<p>-قابلیت جمع‌آوری ذرات با قطر کم‌تر از ۳۸ میلی‌متر -برای نمونه‌برداری در جریان‌های با سرعت حداکثر ۳ متر بر ثانیه کاربرد دارد. -برای نمونه‌برداری در رودخانه‌های کم‌عمق کاربرد دارد. -برای استقرار آن در رودخانه از میله آلومینیمی به طول ۷۱ سانتی‌متر استفاده می‌گردد. -بالای ۲ متر بر ثانیه کارایی دستگاه کاهش می‌یابد.</p>	پلی‌استر	آلومینیمی	۷۶۲× ۷۶۲	۴,۵	۱۴	۷۱,۱	بار بستر	US BLH-84
<p>US BLH-84</p> 									



جدول ۲- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس محفظه نمون بردار	جنس	دهانه ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>-مدت زمان نمونه برداری نباید به پرشدن بیش از ۴۰٪ حجم سبد نمونه بردار منجر گردد.</p> <p>-نمونه بردار برای رسوبات متوسط دانه در اندازه ماسه و شن.</p>	<p>-قابلیت جمع آوری ذرات با قطر <math>(0.3 &lt; D &lt; 50)</math> میلی متر.</p> <p>-زمان نمونه برداری باید بیشتر از ۲ دقیقه باشد.</p> <p>-قابلیت اتصال به کشتی یا قایق</p>	سبد فلزی	فلزی	-	-	-	-	بار کف	Arnhem (BTM A)
									

جدول ۲- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس محفظه نمون بردار	جنس	دهانه ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>قطر منافذ کیسه جمع‌آوری نمونه ۰,۲۵ میلی‌متر. در حالت تعلیق دستگاه نمونه بردار باید کمی به طرف عقب سنگینی داشته و زاویه حدود ۱۵ درجه با محور افقی داشته باشد.</p> <p>برای نمونه برداری در رودخانه‌های بزرگ و با سرعت بیشتر، از نوع سنگین آن استفاده می‌شود که دارای دهانه ورودی به ابعاد (۱۵,۲۴×۱۵,۲۴) سانتی‌متر و وزن حدود ۴۵ تا ۷۵ کیلوگرم می‌باشد.</p> <p>سطح کیسه نمونه بردار حدود ۱۹۰۰ سانتی‌متر مربع. بررسی‌ها نشان می‌دهد نمونه بردار مذکور قادر به جمع‌آوری ذرات با قطر بزرگتر از ۳۸ میلی‌متر نیز می‌باشد.</p> <p>بررسی‌ها نشان می‌دهد در جریان‌های با سرعت بالای ۲,۵ متر بر ثانیه لازم است از نوع سنگین آن استفاده کرد.</p>	<p>قابلیت جمع‌آوری ذرات با قطر (D&lt;۳۸) میلی‌متر. برای نمونه برداری در جریان‌های با سرعت حداکثر ۳ متر بر ثانیه کاربرد دارد.</p> <p>قابلیت اتصال به کابل برای اتصال به پل تلفریک.</p> <p>در زمان نمونه برداری، باید حداکثر ۶۰٪ حجم کیسه پر گردد.</p>	پلی‌استر	آلومینیمی - استیل	۷,۶۲ × ۷,۶۲	۱۴,۴	۳۸,۱	۹۲,۱	بار بستر	S BL84 U Helly - Smith
									

#### ۴-۴ دستگاه‌های نمونه‌برداری از مواد بستر

برای نمونه‌برداری از مواد بستر، از دستگاه‌های نمونه‌برداری به شرح زیر استفاده می‌شود. در جدول ۳ خلاصه‌ای از انواع هر کدام از این دستگاه‌ها درج شده است.

#### ۴-۴-۱ دستگاه نمونه‌برداری نوع چنگکی<sup>۱</sup>

نمونه‌برداری نوع چنگک برای جمع‌آوری رسوبات سطحی و در موقعیتی که هدف از نمونه‌برداری، تغییرات مواد بستر رودخانه یا مخزن (به صورت دست‌خورده) در پلان مطرح است، مناسب می‌باشند. این نوع دستگاه نمونه‌بردار، برای جمع‌آوری رسوبات سطحی که دارای توزیع افقی هستند (بستر مخازن سدها و دریاچه‌ها) به کار می‌رود. این نمونه‌بردار، به دلیل سهولت کاربرد و حجم زیاد مواد نمونه‌برداری شده، کاربرد زیادی دارد. در نمونه‌بردار چنگکی، فک‌های دستگاه به هنگام پایین رفتن و قرار گرفتن در سطح بستر بسته می‌شوند. در این نمونه‌بردارها، بخشی از رسوبات ریزدانه از داخل فک‌ها شسته شده و هنگام بیرون آوردن از آب، نمونه رسوب جا به جا می‌گردد. به طور کلی چنگک‌ها در نمونه‌برداری رسوب به صورت پیمانانه، قاشق، قیف و لایروب عمل می‌کنند.

این نوع دستگاه نمونه‌بردار برای جمع‌آوری رسوبات در آب‌های کم‌عمق به کار می‌روند. استفاده از پیمانانه‌ها با میله‌های تلسکوپی یا طناب و وزنه‌های سنگین، این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان از آن‌ها در جمع‌آوری رسوبات بستری در آب‌های عمیق‌تر نیز استفاده کرد. باید دقت شود که وقتی چنگک را از داخل آب بیرون می‌آوریم، مواد خیلی ریزدانه از آن خارج نشود. با کمی تجربه، فرد نمونه‌بردار می‌تواند به کیفیت لایه‌های زیرین پی برده و مکان‌های نمونه‌برداری را طبق آن تعیین و بهترین نمونه‌ها را برداشت کند. مزایای چنگک‌ها به قرار زیر است:

- ارزان هستند؛
  - به راحتی قابل دسترس و تهیه می‌باشند و در بیشتر مکان‌ها یافت می‌شوند؛
  - راحت جا به جا می‌شوند؛
  - تقریباً توانایی نمونه‌برداری از هر نوع رسوب ریز و درشت دانه را دارند؛
  - استفاده از آن‌ها آسان است و به سهولت کاربری دارند؛
  - اغلب، تجهیزات و وسایل گران قیمت لازم نداشته و در اندازه‌های مختلف نیز وجود دارند.
- نمونه‌برداری با چنگک‌ها با توجه به دستورالعمل‌های اجرایی دستگاه و نوع آن انجام می‌گیرد. در زمان نمونه‌برداری، چنگک‌ها به صورت سقوط آزاد روی لایه‌های رسوب قرار نمی‌گیرند. بلکه باید به آرامی پایین برده شده و چند متر مانده به سطح رسوبات، حرکت آن‌ها آرام‌تر شود تا از جا به جایی رسوبات ریزدانه توسط امواج ایجاد شده جلوگیری به عمل آید. پس از چرخاندن چنگک در داخل رسوبات، دستگاه باید به آهستگی از میان ستون آب بیرون کشیده شده و نمونه رسوب در یک ظرف مخصوص ریخته شود. اگر نمونه رسوب، کم یا نامناسب جمع‌آوری گردد، باید نمونه‌برداری دوباره انجام گیرد تا نمونه رسوب بیشتری به دست آید. اگر وزنه-

های اضافی در جمع‌آوری رسوبات کمکی نمی‌کنند، وسایل نمونه‌برداری و روش نمونه‌برداری با توجه به نوع رسوبات در محیط رسوبی باید ارزیابی شوند.

برخی از معایب نمونه‌بردارهای رسوبات سطحی (دست خورده) توسط چنگک‌ها به قرار زیر می‌باشند:

- عمق کم نفوذ نمونه‌بردار در رسوب؛
- ایجاد موج و محیط جریان متلاطم به هنگام نمونه‌برداری که سبب پراکندگی رسوبات ریزدانه می‌گردد؛
- آلودگی آب بر اثر پراکندگی رسوبات؛
- برای آب‌های در حال جریان به کار نمی‌روند و عموماً در آب‌های ساکن کاربرد دارند؛
- مواد و قطعات چوبی یا سنگی، مانع بسته شدن دهانه چنگک می‌شود.

#### ۴-۴-۱-۱ چنگک اکمن<sup>۱</sup>

اندازه چنگک‌های اکمن، مستقیماً با اندازه قالب‌های مورد نیاز متغیر بوده و از یک دستگیره بالابرنده و یک جرثقیل بالابرنده تشکیل شده‌اند. انواع قدیمی آن‌ها از فلز برنج ساخته می‌شدند. اما امروزه برای ساخت آن، از فولاد ضد زنگ استفاده می‌شود. چنگک فولادی نسبت به نوع برنجی آن دارای مزایایی بوده که یکی از آن‌ها مربوط به خوردگی کمتر و دیگری استقرار بهتر نمونه‌بردار روی رسوبات بستر است.

یک فنر تحت فشار روی محور فک‌های ملاقه‌ای نصب شده که هنگام نمونه‌برداری، با کنترل مدار الکتریکی فعال می‌شود. نمونه‌بردار اکمن برای جمع‌آوری رسوبات دانه‌ریز در اندازه شن و لای و ذرات دانه‌درشت‌تر مانند سنگریزه مناسب می‌باشد. اگر موادی مانند قطعات چوب یا صدف‌های موجودات نرم‌تن در بین فک‌های نمونه‌بردار قرار بگیرد، نمونه‌گیر کاملاً بسته نشده و در نتیجه بخشی از رسوب جمع‌آوری شده از بین خواهد رفت. در اینجا، یادآوری این نکته ضروری است که اگر فک‌های نمونه‌گیر بسته نشده باشند، نمونه‌برداری باید دوباره انجام شود.

#### ۴-۴-۲ چنگک پترسون<sup>۲</sup>

چنگک پترسون از یک جفت فک سیلندری سنگین وزن تشکیل شده که توسط یک میله گیره مانند، باز نگه داشته می‌شود. به محض فشار روی رسوب (به وسیله شل کردن طناب) در میله مذکور، کششی ایجاد شده که سبب بسته شدن فک‌های نمونه‌بردار و به تله افتادن رسوب می‌گردد. وزنه‌های کمکی سنگین می‌توانند به برداشت بهتر رسوبات کمک کرده و باعث نفوذ نمونه‌بردار به داخل رسوبات سخت و متراکم شوند. نمونه حجمی بدست آمده، در داخل سینی نمونه‌بردار جمع‌آوری می‌شود. این نوع چنگک، برای نمونه‌برداری مواد رسوبی سخت‌تر مانند شن، مارن، سنگریزه و رس فشرده مناسب می‌باشد.

---

1 - Ekman Grab  
2 - Petersen Grab

#### ۴-۴-۱-۳ چنگک پونار<sup>۱</sup>

چنگک پونار از دو کفه مخروطی شکل سنگین وزن تشکیل شده که به وسیله یک بازوی متحرک باز نگه داشته می‌شود. سامانه بستن فک‌های این نمونه‌بردار، شباهت زیادی با چنگک پترسون دارد. قسمت فوقانی فکها، از شبکه‌های الک مانند پوشیده شده که این شبکه‌ها حرکت جریان آب را به صورت آزاد در زمان نمونه-برداری آسان می‌کند. چنگک پونار برای جمع‌آوری ذرات ریز رسوبی (لای و رس) مناسب است.

#### ۴-۴-۲ دستگاه نمونه‌برداری مغزه‌گیری

نمونه‌برداری مغزه‌گیری برای جمع‌آوری رسوبات عمقی و در موقعیتی که هدف از نمونه‌برداری تفسیر تغییرات مواد بستر رودخانه یا مخزن (به صورت دست‌نخورده) در عمق مطرح است، مناسب می‌باشد. انتخاب نهایی بین نمونه‌بردارهای مغزه‌گیری یا چنگکی باید بر اساس هدف پروژه و نوع نمونه دست‌خورده و یا دست‌نخورده مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. به طور مثال، در یک پروژه تعمیق آبراهه یا بررسی رسوب-گذاری تاسیسات نزدیک ساحل، نمونه‌گیری توسط دستگاه مغزه‌گیری مناسب می‌باشد. در صورتی که در یک پروژه نگهداری آبراهه یا گذرگاه، معمولاً یک نمونه‌بردار چنگکی کافی به نظر می‌آید. زیرا تغییر در طبقه بندی لایه‌ها به‌طور نسبی جزئی است.

نمونه‌بردارهای مغزه‌ای عموماً برای نمونه‌برداری دست‌نخورده به کار می‌رود. در این نوع نمونه‌برداری، عمق نفوذ بیشتر از نمونه‌بردارهای چنگکی است و از مقاطع عرضی لایه‌های رسوبی ته‌نشین شده به خوبی نمونه-برداری می‌شود. با کمک نمونه‌بردارهای مغزه‌گیر، اطلاعات مربوط به لایه‌های رسوبی از قبیل وزن مخصوص، درصد رطوبت، تخلخل، تراکم و... را می‌توان تعیین نمود.

نمونه‌بردارهای مغزه‌ای در اثر سقوط آزاد از یک ارتفاع مناسب در رسوب نفوذ کرده و عمل نمونه‌گیری را انجام می‌دهند. در خصوص رسوبات نرم آلی (مارن آلی = آهک + رس + مواد آلی) وزن خود نمونه‌بردار به تنهایی برای گرفتن نمونه مغزه کفایت می‌کند و نیازی به سقوط آزاد نمی‌باشد. در این نمونه‌بردارها، یک دریچه در قسمت بالای نمونه‌بردار قرار دارد که به وسیله کنترل الکتریکی بسته می‌شود و سبب می‌گردد که یک خلاء باز دارنده برای ممانعت از شستگی و بیرون ریختن رسوبات از لوله مغزه‌گیر ایجاد شود.

به‌طور کلی، برای تعیین دانه‌بندی رسوبات دست‌خورده یا دست‌نخورده نمونه‌برداری شده، می‌توان از نمونه-بردارهای چنگکی و مغزه‌گیر استفاده کرد، ولی مناسب‌ترین نمونه‌بردار برای تعیین توزیع اندازه ذرات بستر مخازن سدها یا دریاچه‌ها، نمونه‌بردارهای مغز هگیر به صورت دست‌نخورده می‌باشند. هنگام نمونه‌برداری، بخشی از ذرات بسیار ریز رسوب، در نتیجه تغییرات فشاری که در مقابل دریچه نمونه‌بردار ایجاد می‌شود، از دست رفته و دچار آب‌شستگی می‌شوند. تخمین بهتر برای توزیع اندازه ذرات رسوبات ته‌نشین شده در بستر دریاچه‌ها یا مخازن سدها با استفاده از روش تله‌اندازی رسوب امکان پذیر می‌باشد.

یکی از روش‌های تله‌اندازی رسوب که به عنوان روش کاملاً فنی برای نمونه‌برداری مغزه‌گیری و تعیین اندازه دانه‌های رسوب دارای دقت زیاد است، روش انجماد رسوبات<sup>۲</sup> است.

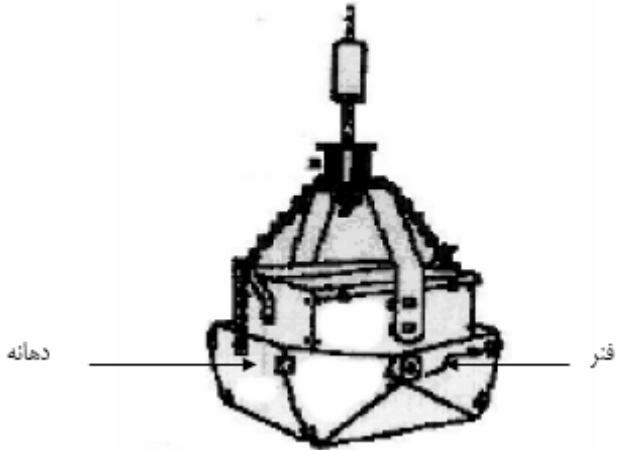
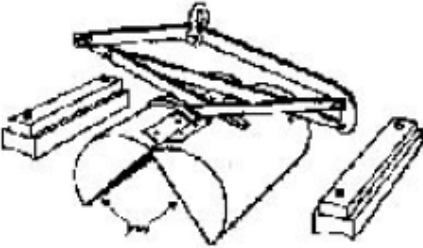
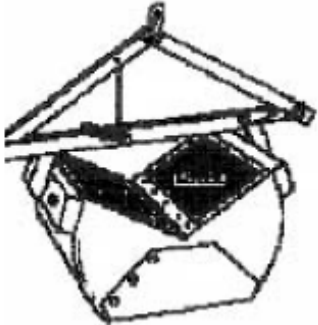
1 - Poner Grab

2 - Freeze method

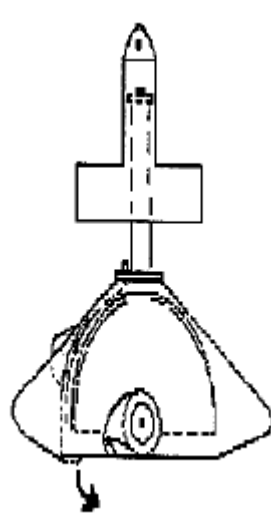
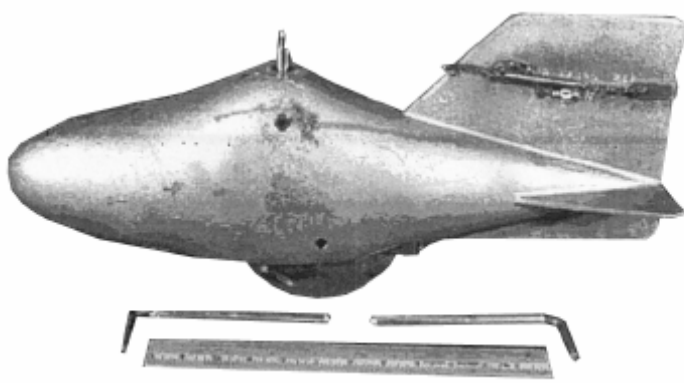
این روش از دقت بالایی برخوردار، ولیکن بسیار پر زحمت و مشکل است. تله‌های رسوبی ساده‌تری وجود دارد که به صورت سطل‌های در باز با حجم معین هستند. این سطل‌های نمونه‌بردار، توسط سنگ‌ریزه‌های تمیز پر شده و در کف دریاچه سد یا بستر آبراه به صورت مستغرق قرار می‌گیرند. این سطل‌ها پس از مدتی جمع-آوری شده و رسوبی که در آنها ته‌نشین شده برای تعیین اندازه ذرات رسوب تجزیه و تحلیل می‌گردد. عمده مزایای نمونه‌بردارهای مغزه‌ای به قرار زیر می‌باشد:

- نمونه‌بردارهای مغزه‌ای معمولاً ساده و ارزان بوده و توانایی نمونه‌برداری عمقی لایه‌های رسوبات ته‌نشین شده را دارند؛
- مقاطع عمودی را با عمق کم و زیاد نمونه‌برداری کرده و ستون چینه‌شناسی لایه‌های رسوبی و طبقه‌بندی مربوط به رسوب را مشخص می‌کنند؛
- اغتشاشات کمتری در زمان نمونه‌برداری ایجاد می‌شود و در نتیجه محیط نمونه‌برداری اغلب بدون موج و تلاطم است.

جدول ۳- دستگاه‌های نمونه‌بردار مواد بستر

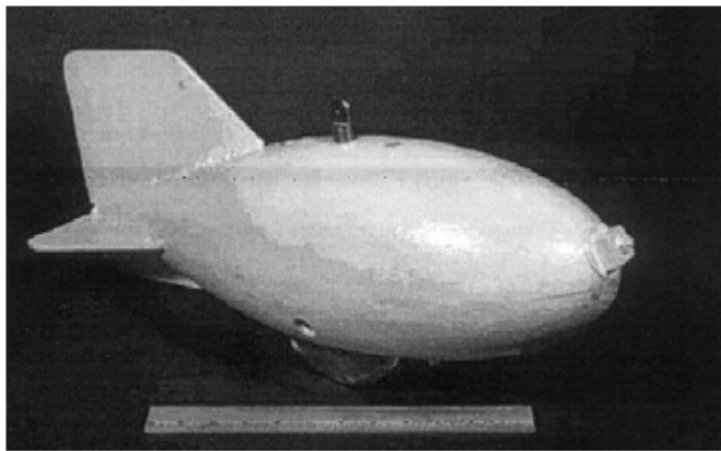

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه‌بردار	نوع	
		نوع جریان و مواد قابل نمونه‌برداری	سطح نمونه $m^2$				وزن kg
<p>-سبک وزن.</p> <p>-به علت سبکی وزن و عدم پایداری مناسب، ممکن اس در هنگام غوطه وری در محل مورد نظر به درستی قرار نگیرد.</p> <p>-هنگام خروج از آب، مقادیر متناهی ذرات ریزدانه از داخل چنگک دستگاه خارج می‌گردد.</p> <p>-برای نمونه‌برداری‌های دست‌خورده داخل مخزن یا دریاچه (آب‌های راکد)</p>	<p>-قابل استفاده در آب‌های آرام (مخزن).</p> <p>-نمونه اخذ شده با این دستگاه دارای دست‌خوردگی کمی است.</p> <p>-بهترین نمونه چنگکی برای برش دادن کامل نمونه.</p>	جریان راکد تا خیلی آرام	۰٫۰۲	۱۰	Ekman (Birge)	مواد بستر (رسوبات سطحی)	چنگکی GRAB
			<p>جریان راکد تا خیلی آرام</p> <p>-رس، لای و شن ریزدانه</p>	۰٫۲-۰٫۱	۳۰-۵۰	Petite Ponar Petersen	مواد بستر (رسوبات سطحی)
<p>-به دلیل سنگین بودن آن نسبت به مدل Ekman ، به هنگام نمونه‌برداری باید از کابل قوی و محکم استفاده شود.</p> <p>-برای برداشت نمونه دست-خورده در مخازن سدها کاربرد دارد.</p>	<p>-قابل استفاده در آب‌های راکد(مخزن) و دیگر احجام آبی.</p> <p>-پایداری مناسب.</p> <p>-توانایی ضعیف دستگاه در برش دادن کامل نمونه.</p> <p>-اگر از نوع سنگین آن استفاده شود، میزان از دست رفتن آب نمونه کاهش می‌یابد.</p>						
		<p>نمونه‌بردار چنگکی (مدل Petersen)</p>	<p>نمونه‌بردار چنگکی (مدل Ponar)</p>				

جدول ۳- ادامه

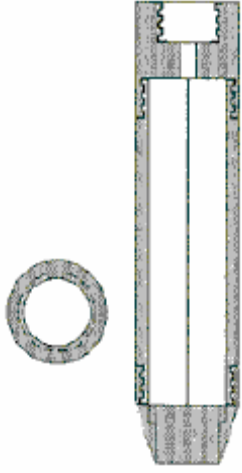
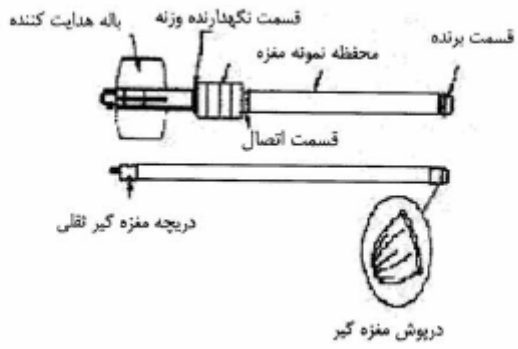
توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه‌بردار	نوع		
		نوع جریان و مواد قابل نمونه‌برداری	وزن kg				سطح نمونه m <sup>2</sup>	
	<p>-دستگاه مفید برای سادگی در راه‌اندازی، نگهداری و جلوگیری از شستگی و هرز رفتن رسوبات.</p> <p>-بهترین نمونه چنگکی برای برش دادن کامل نمونه.</p> <p>-بهترین نمونه‌بردار از نظر حفاظت از نمونه اخذ شده</p>	<p>-جریان راکد تا قوی (متلاطم)</p> <p>-رس تا شن</p>	۲۰-۳۰	۰٫۰۴	Shipek	چنگکی ) GRAB (		
								
	<p>وزن نمونه‌بردار باعث محدودیت استفاده از آن در شرایط متفاوت شده و فقط در نهرها و رودخانه‌هایی که با جریان آرام و با رسوبات کف که غالباً ریزدانه بوده و فشردگی بین دانه‌ها کم می‌باشد، قابل استفاده است. - حجم ظرف نمونه گیر حدود ۱۷۵ سانتی‌متر مکعب است.</p>	<p>-مناسب برای نمونه‌برداری از بستر رودخانه‌ها، دریاچه و مخازن.</p> <p>-میزان نفوذ این دستگاه در رسوبات کف تقریباً معادل ۴/۳ سانتی‌متر است.</p> <p>-راه‌اندازی سامانه به صورت دستی است.</p>	جنس	وزن kg	عرض cm	طول Cm	مواد بستر (رسوبات سطحی)	US BMH - 60
		<p>US BMH - 60</p> 						



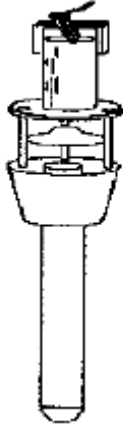
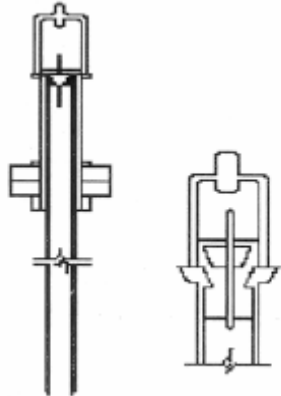
جدول ۳- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه‌بردار	نوع	
		نوع جریان و مواد قابل نمونه‌برداری	سطح نمونه m <sup>2</sup>				وزن kg
<p>-به‌علت جمع‌آوری رسوبات در یک مخزن، نمونه‌های برداشت شده در هنگام بالا آوردن از سطح آب به هیچ وجه شسته و یا خارج نمی‌گردد.</p>	<p>-مناسب برای نمونه‌برداری از بستر رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن. -نمونه از حدود ۵ سانتی‌متر بالاتر از کف بستر جمع‌آوری می‌گردد.</p>	جنس	وزن kg	عرض cm	طول Cm	US BM - 54	
		فلزی	۵۷٫۶	۱۷٫۵	۵۵٫۹		
		<p>US BM - 54</p> 					
	<p>-کارکرد سریع و آسان. -برای نمونه‌برداری نمونه‌های دست‌نخورده با حجم کوچک مناسب است. -برای استفاده در آب‌های عمیق می‌توان از دسته الحاقی استفاده کرد.</p>	<p>-جریان راکد تا آرام -رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه- برداری در خاک‌های ماسه‌ای لازم است.</p>	-	-	Coring Tube	<p>مواد بستر (رسوبات عمقی)</p>	<p>مغزه (COR E)</p>
		<p>لوله مغزه‌گیر (مدل مغزه)</p> 					

جدول ۳- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه‌برداری	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه‌برداری	نوع
			وزن kg	سطح نمونه m <sup>2</sup>			
<p>- هنگام نمونه‌برداری با دست یا وسیله‌ای دیگر مانند چکش باید به صورت ستونی کوبیده شود.</p> <p>- تجهیزات سنگین هستند.</p> <p>- جمع شدن سنگ‌ها باعث مداخله در کار نمونه‌برداری می‌شود.</p>	<p>- کارکرد سریع و آسان.</p> <p>- برای نمونه‌برداری نمونه‌های دست‌نخورده با حجم کوچک مناسب است.</p> <p>- برای استفاده در آب‌های عمیق می‌توان از دسته الحاقی استفاده کرد.</p> <p>- عموماً در رودخانه‌هایی با مواد رسوبی ریزدانه و احجام آبی کم عمق و یا رسوبات حاشیه رودخانه‌ها و سدها کاربرد دارد.</p>	<p>- جریان راکد تا آرام</p> <p>- رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه‌برداری در خاک‌های ماسه‌ای لازم است.</p>	-	-	Spilt Spoon	مواد بستر (رسوبات عمقی)	مغزه (COR E)
			<p>نمونه‌برداری خردکننده قاشقی (مغزه‌گیر)</p> 				
	<p>- مناسب برای استفاده در رودخانه، دریاچه کم عمق و مخازن سدها.</p> <p>- برای اعماق تا ۱۰ متر.</p> <p>- مناسب برای نمونه‌برداری رسوبات دست‌نخورده ریزدانه.</p>	<p>- جریان راکد تا آرام</p> <p>- سیلت رس</p>	-	-	Gravity	مواد بستر (رسوبات عمقی)	مغزه (COR E)
			<p>نمونه‌برداری مغزه‌گیر ثقلی</p> 				

جدول ۳- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه‌بردار	نوع
		نوع جریان و مواد قابل نمونه‌برداری	وزن kg			
	<p>-کارکرد سریع و آسان. -مناسب برای نمونه برداری نمونه‌های دست‌نخورده و با حجم کوچک. -گاهی اوقات نمونه‌ها فشرده می‌گردند.</p>	<p>-جریان راکد تا آرام -رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه- برداری در خاک‌های ماسه‌ای لازم است.</p>	-	-	KB CORE	<p>مغزه (COR E) مواد بستر (رسوبات عمقی)</p>
<p>نمونه‌گیر مغزه (مدل KB)</p> 						
	<p>-مناسب برای استفاده در مغزه‌های کوتاه در رسوبات نرم در زیر آب. -کارکرد سریع و آسان. -مناسب برای نمونه برداری نمونه‌های دست‌نخورده و با حجم کوچک. -گاهی اوقات نمونه‌ها فشرده می‌گردند.</p>	<p>-جریان راکد تا آرام -سیلت</p>	-	-	Phleger	<p>مغزه (COR E) مواد بستر (رسوبات عمقی)</p>
<p>نمونه‌گیر مغزه (مدل Phleger)</p> 						

جدول ۳- ادامه

توضیحات	توانایی‌ها و محدوده‌ی عملکرد دستگاه	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه‌بردار	نوع
		نوع جریان و مواد قابل نمونه‌برداری	سطح نمونه $m^2$			
هنگام نمونه‌برداری با دست یا وسیله‌ای دیگر مانند چکش باید به صورت ستونی کوبیده شود.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- برای استفاده در آب‌های کم‌عمق مطلوب است.</li> <li>- از دسته‌ای الحاقی برای کاربری در آب‌های عمیق می‌توان استفاده نمود.</li> <li>- برای نمونه‌برداری دست‌نخورده در رودخانه‌های کم‌عمق، رسوبات حاشیه رودخانه پس از فروکش کردن سیلاب و مناطق کم‌عمق مخازن سدها مناسب می‌باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- جریان راکد تا قوی (آشفته)</li> <li>- رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه‌برداری در خاک‌های ماسه‌ای لازم است.</li> </ul>	-	-	Manual	مغزه (COR E) مواد بستر (رسوبات عمقی)
نمونه‌گیر مغزه (مدل دستی) 						

### ۵ نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رسوب در رودخانه‌ها

به منظور آرایه یک روش عملی و دقیق برای عملیات نمونه‌برداری رسوب، باید روند کار به شکلی طراحی گردد که با وجود سادگی، از پایه‌های علمی و تجربی مستحکمی برخوردار باشد. طبعاً این گونه دستورالعمل‌ها برای شرایط متفاوت مکانی و زمانی در رودخانه‌های مختلف با اندکی تغییرات در عمل مواجه خواهد بود. عملیات نمونه‌برداری در رودخانه‌ها در سه محور نمونه‌برداری بار معلق، نمونه‌برداری بار کف و نمونه‌برداری از مواد بستر مورد بحث قرار می‌گیرد.

#### ۵-۱ نمونه‌برداری بار معلق

به طور کلی نمونه‌برداری بار معلق به دو صورت انتگرالسیون عمقی و نقطه‌ای در امتداد قائم مقطع جریان، در مواضع متعددی از عرض بستر انجام می‌شود. با توجه به کاربرد دستگاه‌ها و روش‌های مختلف، دقت و صحت اندازه‌گیری‌ها متفاوت هستند. به هر حال، هدف، برآورد بار معلق حمل شده در مقطع رودخانه است. باید این نکته را یاد آوری نمود که آگاهی از تغییرات غلظت مواد معلق در یک امتداد قائم مقطع در مطالعات رودخانه‌ای، موضوعی مهم تلقی می‌گردد.

در بخش تعیین بار معلق، اندازه‌گیری غلظت مواد معلق عبوری، به عنوان گام اساسی تلقی شده که در بخش بعدی به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد.

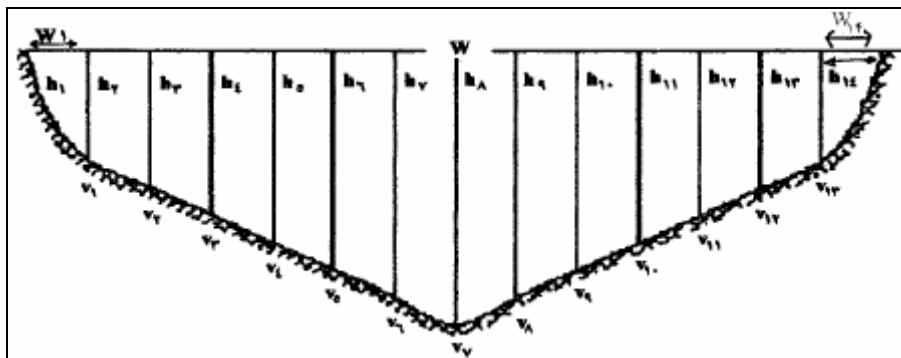
انتخاب مقطع مناسب رودخانه برای عملیات نمونه‌برداری رسوب، یکی از اولویتهای مهم در نمونه‌برداری بوده و به طور عملی، غالباً همان محل‌هایی که برای ایستگاه‌های هیدرومتری در نظر گرفته می‌شود، برای نمونه-

برداری رسوب نیز مناسب هستند. ایستگاه‌های هیدرومتری از نظر اهمیت اندازه‌گیری جریان‌های سیلابی و جریان پایه به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

- ایستگاه درجه یک: ایستگاه‌هایی که از نظر اهمیت از درجه بالایی برخوردار بوده و به خط کش اندازه‌گیری عمق آب (اشل)، پل تلفریک، قایق، و لیمینوگراف مجهز هستند. نمونه برداری رسوب در این ایستگاه‌ها از طریق پل تلفریک و یا قایق انجام می‌شود. متصدی در این ایستگاه‌ها حضور دائم دارد.
  - ایستگاه درجه دو: ایستگاه‌هایی که به خط کش اندازه‌گیری سطح آب، پل تلفریک یا لیمینوگراف مجهز بوده و متصدی مقیم ندارند. نمونه برداری رسوبات معلق در این ایستگاه‌ها با استفاده از پل تلفریک انجام می‌شود.
  - ایستگاه درجه سه: ایستگاه‌هایی هستند که فقط به خط کش اندازه‌گیری سطح آب مجهز بوده و نمونه برداری رسوب در آن‌ها از کنار رودخانه یا با رفتن داخل آب انجام می‌شود که بدون دقت است. شایان ذکر است که در حال حاضر، در هیچ‌یک از ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در کشور، بار کف بستر نمونه برداری و اندازه‌گیری نمی‌شود.
- نمونه برداری بار معلق، به دو روش چند مقطعی و سه مقطعی انجام می‌شود:

#### ۵-۱-۱ دستورالعمل نمونه برداری بار معلق به روش چند مقطعی

- این روش، بیشتر در ایستگاه‌های درجه یک استفاده می‌شود. در این روش با به دست آوردن رابطه‌ای میان غلظت متوسط رسوب رودخانه و غلظت رسوب در عمیق ترین نقطه مقطع در یک بازه زمانی مشخص و با دوره تداوم کافی (از نظر میزان غلظت رسوبات معلق در بده‌های مختلف) غلظت متوسط رسوب رودخانه از طریق اندازه‌گیری غلظت در عمیق ترین نقطه مقطع برآورد می‌گردد.
- مراحل انجام عملیات نمونه برداری چند مقطعی، به ترتیب زیر است:
- مقطع اندازه‌گیری عموماً همان مقطع اندازه‌گیری بده انتخاب می‌شود.
  - عرض این مقطع را به فواصل تقریباً مساوی تقسیم کرده و نیمرخ عرضی آن ترسیم می‌گردد (شکل ۲ برآورد صحیح مساحت اجزای تقسیم شده، بهتر است پروفیل عرضی به شکل داده‌های رقومی در یک نرم افزار کامپیوتری مناسب، مانند "اتو کد" ترسیم گردد.



شکل ۲- پروفیل مقطع نمونه برداری به همراه تقسیم‌بندی مقطع

- عمیق‌ترین نقطه مقطع را مشخص کرده و سپس در این مقطع نمونه‌بردار را به صورت یکنواخت از سطح آب به پایین یا کف رودخانه برده و بالا می‌آوریم (انتگراسیون عمقی). انتگراسیون عمقی از پایین به بالا (به صورت یکنواخت) انجام می‌گیرد. زمان لازم برای حرکت نمونه‌بردار از سطح آب به سمت بستر و برعکس باید طوری برآورد گردد که در این نمونه‌برداری ۸۰٪ حجم بطری نمونه‌بردار از مخلوط آب و رسوب پر شود. باید زمان مذکور برای انجام دادن عملیات بعدی ثبت شود.
  - برای تعیین زمان لازم نمونه‌برداری در دیگر اجزای تقسیم شده مقطع از تناسب استفاده می‌گردد. بدین ترتیب که اگر مثلاً عمیق‌ترین نقطه ۲ متر عمق داشته و زمان لازم برای نمونه‌برداری با خصوصیات ذکر شده ۲۰ ثانیه باشد، زمان لازم برای نمونه‌برداری در عمق ۱ متری، ۱۰ ثانیه برآورد می‌گردد. زمان لازم برای نمونه‌برداری در دیگر اعماق نیز، به همین ترتیب محاسبه می‌شود.
  - پس از تعیین زمان لازم نمونه‌برداری برای هر مقطع جزئی، عملیات نمونه‌برداری انجام می‌شود و نمونه‌ها با توجه به شماره مقطع و فاصله آن‌ها از ساحل تفکیک و نام‌گذاری می‌گردد. نمونه‌های بالا، با ثبت تاریخ و زمان انجام دادن آزمون برای تعیین غلظت متوسط مواد رسوبی، به آزمایشگاه منتقل می‌شود.
  - در این مرحله، از قسمت عمیق رودخانه نیز باید نمونه‌ای تهیه شود. این برداشت به صورت نقطه ثابت (Cf) انجام گرفته و معمولاً از نقطه ثابت در عمیق‌ترین نقطه مقطع، دو نمونه برداشت شده، یکی از نمونه‌های رسوبی برای غلظت متوسط مقطع و دیگری برای نقطه ثابت در نظر گرفته می‌شود.
- تذکر مهم این‌که، برداشت نقطه ثابت باید از عمیق‌ترین قسمت مقطع انجام شود. نمونه‌برداری از کناره‌های رودخانه به دلیل سرعت کم جریان و عدم وجود بار معلق کافی، بدون ارزش و اعتبار لازم است. همچنین در مواقع سیلابی زمان برداشت نمونه از نقاط ثابت باید هر دو ساعت یکبار انجام گیرد، تا غلظت بار رسوبی با دقت بیشتر محاسبه گردد. لازم به یادآوری است که همزمان با نمونه‌برداری بار معلق، اندازه‌گیری بده در هر بخش از مقطع نیز انجام می‌گیرد.
- در آزمایشگاه، غلظت نمونه‌های رسوبی اندازه‌گیری شده و پس از آن غلظت متوسط مقطع با توجه به بده اندازه‌گیری شده در هر قسمت، به صورت میانگین وزنی به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$C_m = \frac{C_1Q_1 + C_2Q_2 + C_3Q_3 + C_4Q_4 + \dots}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن:

$C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$  غلظت مواد معلق، برحسب میلی‌گرم در لیتر؛

$Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, \dots$  بده جریان در هر قسمت از مقطع رودخانه، برحسب متر مکعب در ثانیه، که مجموع آن‌ها برابر با بده اندازه‌گیری کل مقطع است؛

$C_m$  غلظت متوسط در مقطع برحسب میلی‌گرم در لیتر؛

در مرحله بعد، برای هر نمونه برداشت شده نسبت  $\frac{C_m}{C_f}$  را محاسبه کرده و آن را با  $K$  نشان می‌دهیم. پس از آن تغییرات  $K$  بر حسب بده رودخانه رسم می‌گردد (شکل ۳).

در شکل ۳ کافی است که نمونه برداری فقط در عمیق ترین نقطه مقطع ( $C_f$ ) انجام و تعیین شود. سپس برای مقدار بده عبوری مقطع، نسبت  $\frac{C_m}{C_f}$  از شکل ۳ و از آن جا مقدار  $C_m$  به دست می آید.

- مقدار بده رسوب ( $Q_s$ ) برحسب تن در روز مربوط به هر روز به صورت زیر محاسبه و در فرم های مربوط یادداشت می گردد.

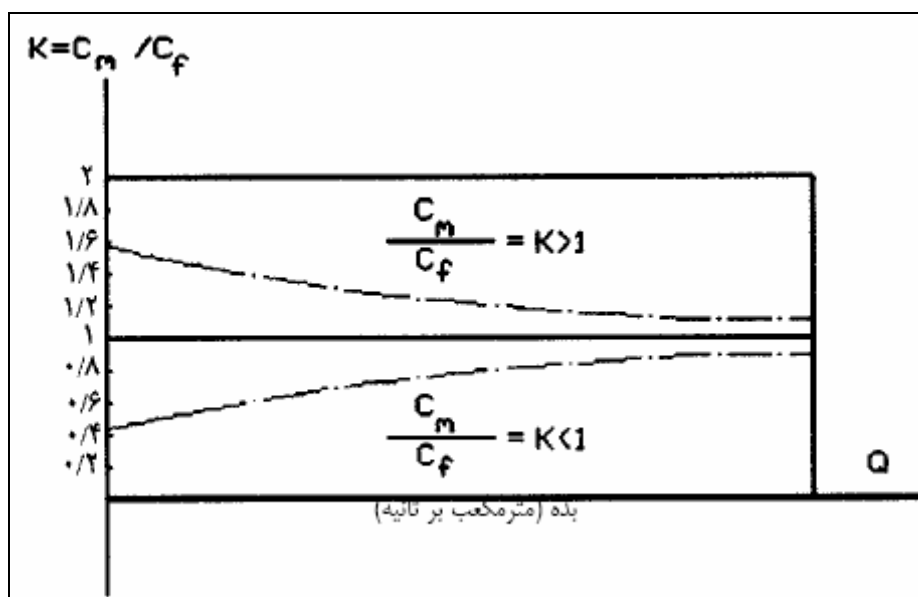
$$Q_s = 0.0864 Q_w \times C_m \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن:

$Q_s$  بده رسوب، برحسب تن در روز؛

$Q_w$  بده آب، برحسب متر مکعب بر ثانیه؛

$C_m$  غلظت متوسط، برحسب میلی گرم بر لیتر.



شکل ۳- نمودار تغییرات  $K$  در برابر بده عبوری  $Q$

با توجه به آبنگار هر سیل می توان بده رسوب مربوط به هر سیل را محاسبه کرد. تعداد دفعات نمونه برداری حداقل باید ۲۰ بار در سال باشد. لازم به یادآوری است که از این تعداد نمونه برداری، باید حداقل ۱۲ تا ۱۵ نمونه در فصول پر آبی و در مقیاس های مختلف برداشت شود. نمونه های ثابت ( $C_f$ ) در فصل سیلابی، باید با توجه به رژیم رودخانه برداشت گردد. در سیلاب های حاصل از ذوب برف عملیات نمونه برداری در سه مقیاس حداقل، متوسط و حداکثر مثلاً در ساعت های ۶، ۱۲ و ۱۸ مورد نظر است و در سیلاب های اتفاقی (رگبارها) لازم است هر ۲ ساعت یک نمونه از مقطع ثابت قائم (نقطه ثابت) برداشت شود، در فصل های کم آبی نیز، برداشت ۵ نمونه تا ۸ نمونه چند مقطعی ضرورت دارد.

#### ۵-۱-۲ دستورالعمل نمونه برداری بار معلق به روش سه مقطعی

زمانی که در ایستگاه های آب سنجی و رسوب سنجی رودخانه، نمونه برداری با روش چند مقطعی میسر نباشد، از روش سه مقطعی استفاده می شود.

به طور کلی، از روش سه مقطعی زمانی استفاده می‌شود که در مواقع سیلابی، بتوان مستقیماً از روی پل تلفریک از مواد رسوبی نمونه‌برداری نمود. از طرف دیگر روش چند مقطعی اغلب فقط در ایستگاههای درجه یک انجام می‌شود، در صورتی که از روش سه مقطعی در ایستگاههای درجه ۲ و ۳ نیز می‌توان استفاده کرد. مراحل عملیاتی نمونه‌برداری این روش به صورت زیر می‌باشد:

- مقطع مشخصی از رودخانه که در آن بده نیز اندازه‌گیری می‌شود، انتخاب می‌شود.
  - مقطع رودخانه به ۳ قسمت که دارای بده تقریباً مساوی است، تقسیم‌بندی می‌شود.
- از بخش وسط هر مقطع به طریق انتگراسیون عمقی، نمونه‌برداری تدریجی از سطح آب تا کف بستر رودخانه در امتداد قائم به عمل می‌آید. البته چون برداشت نمونه همزمان با اندازه‌گیری بده میسر نیست، باید پس از آنکه نمونه‌برداری رسوب به پایان رسید، با توجه به محل دقیق امتداد قائم نمونه‌برداری‌ها که روی نقشه مقطع یادداشت شده، بده جزئی هر یک از مقاطع سه گانه نیز اندازه‌گیری شود. در زمان نمونه‌برداری از هر مقطع، باید یک نمونه نیز به عنوان نقطه ثابت برداشت گردد.
- در زمان اندازه‌گیری از روی پل تلفریک، باید یک نقطه مکانی با رنگ روی سیم یا کابل پل مشخص گردد، تا عامل اندازه‌گیری (متصدی) بتواند از آن نقطه نمونه‌برداری برای نقطه ثابت ( $C_f$ ) را انجام دهد. در صورتی که از پل تلفریک استفاده نمی‌گردد و رودخانه در حالت عادی یا سیلاب کم باشد، باید فاصله نقطه ثابت انتخابی نسبت به نقطه نشانه ساحلی (رپر) که در نزدیکی رودخانه تعیین گردیده مشخص شود. براساس نمونه‌های برداشت شده از رودخانه، مقدار غلظت نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شود.
- غلظت متوسط مقطع ( $C_m$ ) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود؛
  - غلظت نمونه در نقطه ثابت ( $C_f$ ) نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شود؛
  - نسبت  $\frac{C_m}{C_f}$  و به عبارتی دیگر، مقدار  $K$  محاسبه شده و نمودار تغییرات  $K$  بر حسب بده هر مقطع ترسیم می‌گردد؛

- با استفاده از نمودار تغییرات  $K$  بر حسب  $Q$  کافی است که نمونه‌برداری فقط در عمیق‌ترین نقطه هر مقطع انجام شده و بدین ترتیب مقدار  $C_m$  برآورد گردد.
- با توجه به اینکه مقدار  $K$  نقش مهمی در تعیین  $C_m$  در نتیجه در  $Q_s$  (بده رسوب) دارد، موارد زیر لازم است در نظر گرفته شود:

- در رژیم عادی جریان رودخانه که مقدار تغییرات غلظت در عمیق‌ترین نقطه نسبت به غلظت متوسط محسوس نمی‌باشد، باید از متوسط غلظت استفاده کرد. بدین معنی که از میزان غلظت‌های مربوط به نمونه‌های برداشت شده، میانگین گرفته و برای محاسبه  $K$  در همان روزها از آن استفاده نمود؛
- در مواقعی که رژیم رودخانه سیلابی است، تغییرات غلظت در عمیق‌ترین نقطه مقطع نسبت به غلظت متوسط مقطع محسوس خواهد بود. در این مواقع باید تعیین ضریب  $K$  به صورت پی در پی و



به تناوب انجام گیرد و از آنجایی که تغییرات ضریب  $K$  متناسب با تغییرات میزان بار رسوبی است، می‌توان این تغییرات را در کل روز سرشکن نمود؛

- پس از ترسیم نمودار تغییرات ضریب  $K$  نسبت به بده آب که معمولاً به صورت نمودار ۱ می‌باشد، می‌توان با اندازه‌گیری غلظت در عمیق‌ترین نقطه مقطع، متوسط غلظت رسوب رودخانه را محاسبه کرد. از آنجایی که متصدی، هر روز یک نمونه از نقطه ثابت بر می‌دارد، برای هر روز یک بده متوسط (از روی پرونده بده اشل) و یک غلظت نقطه ثابت خواهیم داشت که با استفاده از نمودار مذکور  $K$  متوسط برای هر روز محاسبه می‌گردد؛ با توجه به، فرمول  $K = \frac{C_m}{C_f}$  غلظت متوسط روزانه برآورد می‌شود؛

- با داشتن غلظت متوسط رسوبات مقطع، و با استفاده از رابطه ۲، بده بار رسوبی قابل محاسبه می‌باشد. جدول ۴ خلاصه اندازه‌گیری بار معلق را نشان می‌دهد.

جدول ۴- جدول خلاصه اندازه‌گیری بار معلق

جدول خلاصه اندازه‌گیری بار معلق														
سازمان:														
استان:														
کد:														
نام حوضه آب‌ریز:			نام ایستگاه:			طول جغرافیایی:			عرض جغرافیایی:					
نام رودخانه:			کد ایستگاه:			ارتفاع:			U.T.M نقطه‌ای					
ردیف		تاریخ نمونه- بردار ی	شماره نمونه- بردار ی	درجه حرارت آب رودخانه	اشل (سانتی- متر)	شیفت اشل (سانتی- متر)	لحظه‌ای اندازه‌گیری شده	مانند اشل از روی منحنی تراز	متوسط روزانه	غلظت به میلی‌گرم بر لیتر				
										مقطع				
										نقطه ثابت CF	متوسط CM	(۱۲.۹.۶۳)	(۱۱.۸.۵۲)	(۱۰.۷.۳۰۱)
										ضریب K				
										پده رسوب (تن در روز)				
										جریان سیلابی آبرفتی S عادی B				
										نام نمونه بردار				
										ملاحظات				
										نام تهیه کننده:		نام کنترل کننده:		
										امضا:		امضا:		
										تاریخ کنترل:				

## ۵-۲ نمونه برداری بار کف بستر

اندازه‌گیری بار کف بستر توسط نمونه‌بردار، یکی از روش‌های مستقیم اندازه‌گیری بوده که با تعیین میزان رسوبات عبوری در واحد زمان در یک بخش از بستر رودخانه و گسترش آن برای کل عرض رودخانه محاسبه می‌گردد. از نظر تئوری، با استفاده از نمونه‌بردار به سادگی می‌توان میزان بار بستر را محاسبه کرد. ولی به دلیل وجود عوامل محدود کننده از قبیل شکل، نوع و ترکیب مواد بستر، ضریب نمونه‌برداری، تغییرات زیاد بار بستر در زمان، ماهیت دوره‌ای بودن پدیده، زمان نمونه‌برداری، تغییرات محسوس مقدار نمونه، ابهامات و پیچیدگی‌های زیادی در محاسبه بار بستر وجود دارد. به طوری که عملاً یک الگو و دستورالعمل خاص برای انتخاب موقعیت ایستگاه‌ها، زمان نمونه‌برداری و چگونگی محاسبه بار بستر ارائه نشده است.

مقدار رسوبات عبوری در بستر رودخانه‌ها، معمولاً هم از نظر زمانی و هم از نظر مکانی بسیار متغیر است. حتی در جریان‌های دائمی و ثابت نیز، تغییرات این مقدار در طول زمان قابل توجه می‌باشد. میزان انتقال بار بستر در محدوده بالای پستی و بلندیهای بستر، حداکثر و در پایین پستی و بلندیهای بستر، حداقل می‌باشد. بررسی‌های آزمایشگاهی و صحرایی مشخص کرده است که میزان حداکثر بار بستر لحظه‌ای در یک مقطع می‌تواند تا ۲/۲ برابر میزان متوسط بار بستر مقطع باشد. تغییرات زیاد در مقدار نمونه، بیانگر این موضوع است که اندازه‌گیری بار بستر در مدت زمان کوتاه نمی‌تواند بیانگر مقدار متوسط بار بستر مقطع باشد. بنابراین نمونه‌برداری باید در مدت زمان کافی و بطور مکرر در نقاط زیادی از مقطع انجام و تکرار شود، به طوری که ممکن است اندازه‌گیری در مقطعی از رودخانه به یک روز کامل کاری نیاز داشته باشد. موقعیت ایستگاه نمونه‌برداری رسوب و خصوصیات فیزیکی و هیدرودینامیکی محل نمونه‌برداری نقش شاخصی در دقت نمونه‌برداری و کاربرد نمونه‌های بار کف دارد.

در انتخاب محل نمونه‌برداری بار کف باید بررسی‌های اولیه و ارزیابی از نقاط قوت و ضعف آن محل، در مقایسه با ایستگاه‌های دیگر صورت پذیرد. به طور مثال، انتخاب محلی که در پایین دست آن سد یا تأسیسات آبی دیگری احداث شده و یا در دست احداث باشد، برتر است. به‌طور خلاصه، اقدامات زیر در ایستگاه انتخابی، بررسی و یا انجام می‌شود:

- ایستگاه دارای پل تلفریک و تجهیزات مناسب برای نمونه‌برداری باشد.
  - پروفیل عرضی رودخانه در محل ایستگاه تهیه گردد.
  - مشخصات بستر از قبیل: اندازه مواد بستر، شکل بستر، ترکیب و نوع مواد رسوبی موجود در بخش-های قابل نمونه‌برداری همچنین ثبات بستر و وضعیت هیدرولیکی آن بررسی شود.
  - در سواحل چپ و راست رودخانه، شاخصی برای تعیین فاصله نقاط نمونه‌برداری موجود باشد.
- نمونه‌برداری بار کف به سه روش که در ادامه توضیح داده خواهد شد انجام می‌گیرد.

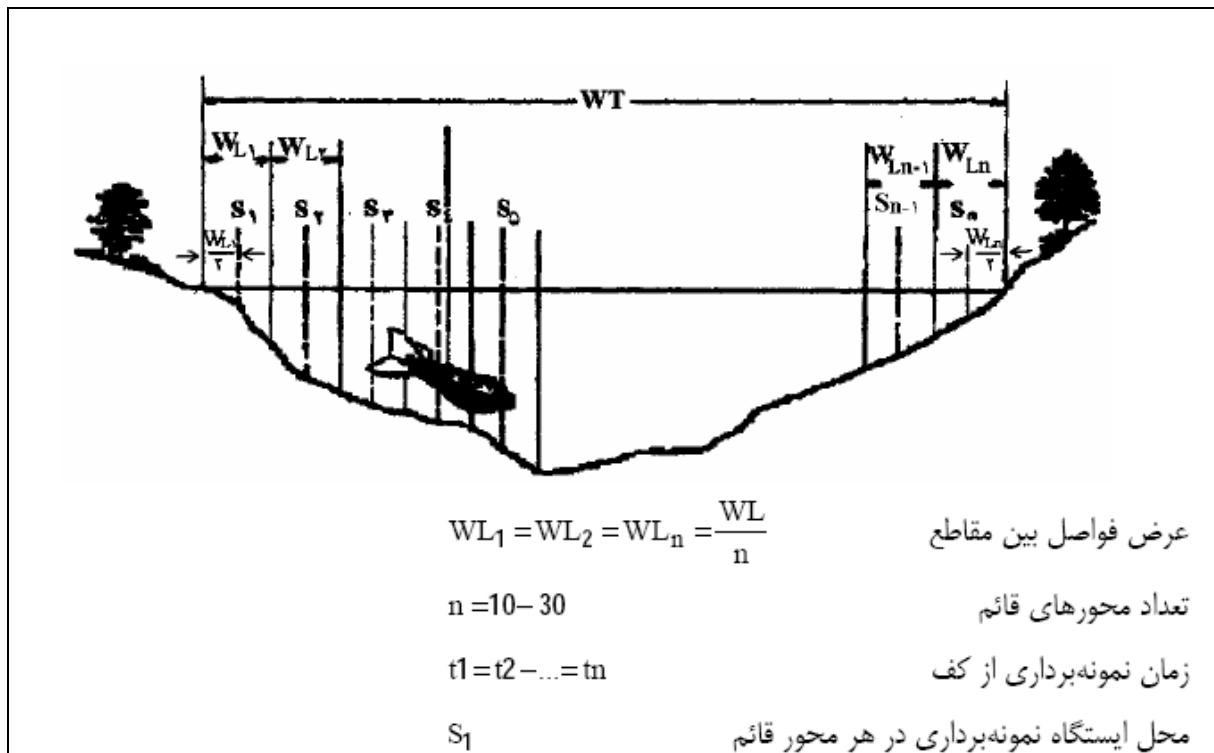
## ۵-۲-۱ دستورالعمل نمونه‌برداری بار کف به روش SEWI<sup>1</sup>

در این روش مقطع به اجزای مساوی تقسیم و با یک بار نمونه‌برداری رفت و برگشتی از مقطع به ترتیب زیر انجام می‌گیرد.

---

1 - Single equal-width-increment bedload - sampling method

- مقطع عرضی رودخانه به چند قسمت مساوی (۱۰ قسمت الی ۳۰ قسمت) تقسیم شود. (شکل ۴)
- نمونه برداری از یک طرف ساحل شروع و پس از اتمام عملیات، نمونه برداری، دوباره از ساحل اولیه تکرار گردد. نمونه برداری از وسط هر جزء تقسیم انجام شود.
- زمان نمونه برداری (زمان ماند دستگاه نمونه بردار در بستر) باید برای همه اندازه گیری ها در یک مقطع عرضی یکسان باشد. اما لازم نیست در مقطع عرضی دیگری نیز همین زمان در نظر گرفته شود.
- نمونه های برداشت شده از محورهای عمودی می توانند با یکدیگر مخلوط شوند ولی به منظور شناخت تغییرات بار رسوبی در عرض، بهتر است نمونه ها هر کدام به صورت جداگانه آنالیز شوند.
- زمان نمونه برداری، تاریخ، محل، نام متصدی، شماره، عرض مقطع، عرض هر مقطع جزئی، تعداد کل نمونه ها و دیگر مشخصات لازم برای محاسبات بار کف در یک فرم معین ثبت گردد.



شکل ۴- الگوی عملیات نمونه برداری بار کف به روش SEWI

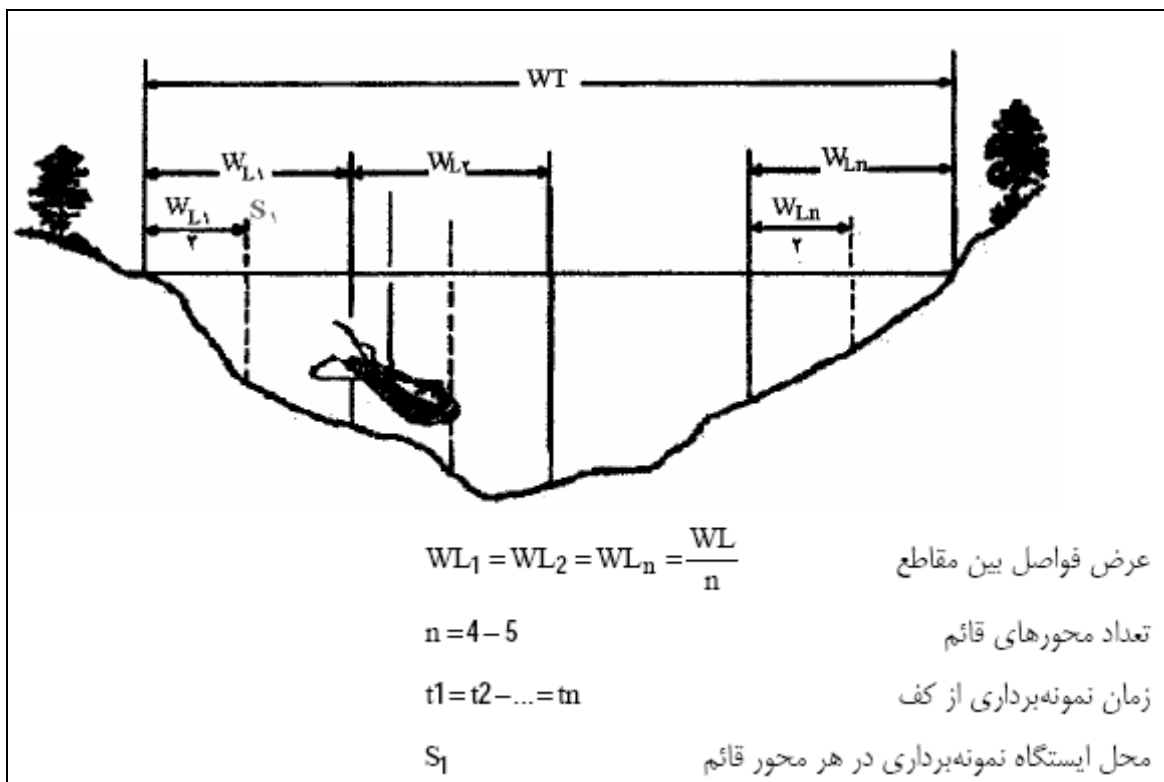
#### ۵-۲-۲ دستورالعمل نمونه برداری بار کف به روش MEWI<sup>۱</sup>

در این روش مقطع به اجزای مساوی تقسیم و با چندین بار نمونه برداری رفت و برگشتی از مقطع به ترتیب زیر انجام می گیرد:

- مقطع عرضی رودخانه به ۴ قسمت تا ۵ قسمت مساوی تقسیم شود.

1 -Multiple equal – width increamont bedlod – sampling method

- نمونه‌برداری از یک طرف ساحل شروع و پس از اتمام عملیات، دوباره از ساحل اولیه نمونه‌برداری تکرار گردد. این عمل بین ۸ بار تا ۱۰ بار تکرار شده تا در مجموع ۳۰ نمونه تا ۵۰ نمونه برداشت گردد.
- نمونه‌برداری از وسط مقطع جزئی تقسیم شده انجام شود.
- در این روش، چنانچه از نمونه‌های اختلاطی استفاده شود، لازم است زمان نمونه‌برداری در هر محور عمودی با هم برابر باشد. ولی اگر نمونه‌های برداشت شده در هر محور به طور جداگانه ثبت و وزن گردند، لازم نیست زمان نمونه‌برداری یکسان باشد.
- زمان نمونه‌برداری، تاریخ، محل، نام متصدی، شماره، عرض مقطع، عرض هر مقطع جزئی، تعداد کل نمونه‌ها و دیگر مشخصات لازم برای محاسبات بار کف در یک جدول ثبت گردد.



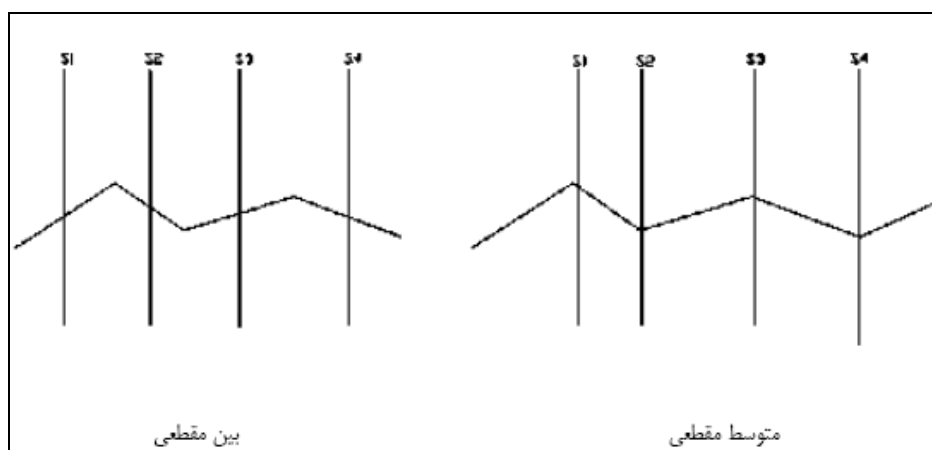
شکل ۵- الگوی عملیات نمونه‌برداری به روش MEWI

۳-۲-۵ دستورالعمل نمونه‌برداری بار کف به روش UWI<sup>۱</sup>

در روش SEWI نمونه‌برداری از تعداد زیادی محور در عرض مقطع رودخانه صورت می‌گیرد. از ای نرو در این روش چگونگی تغییرات بار کف بستر در عرض رودخانه بخوبی نمایان است. در روش MEWI، از هر

1 - Unequal - width - increment bedload - sampling method

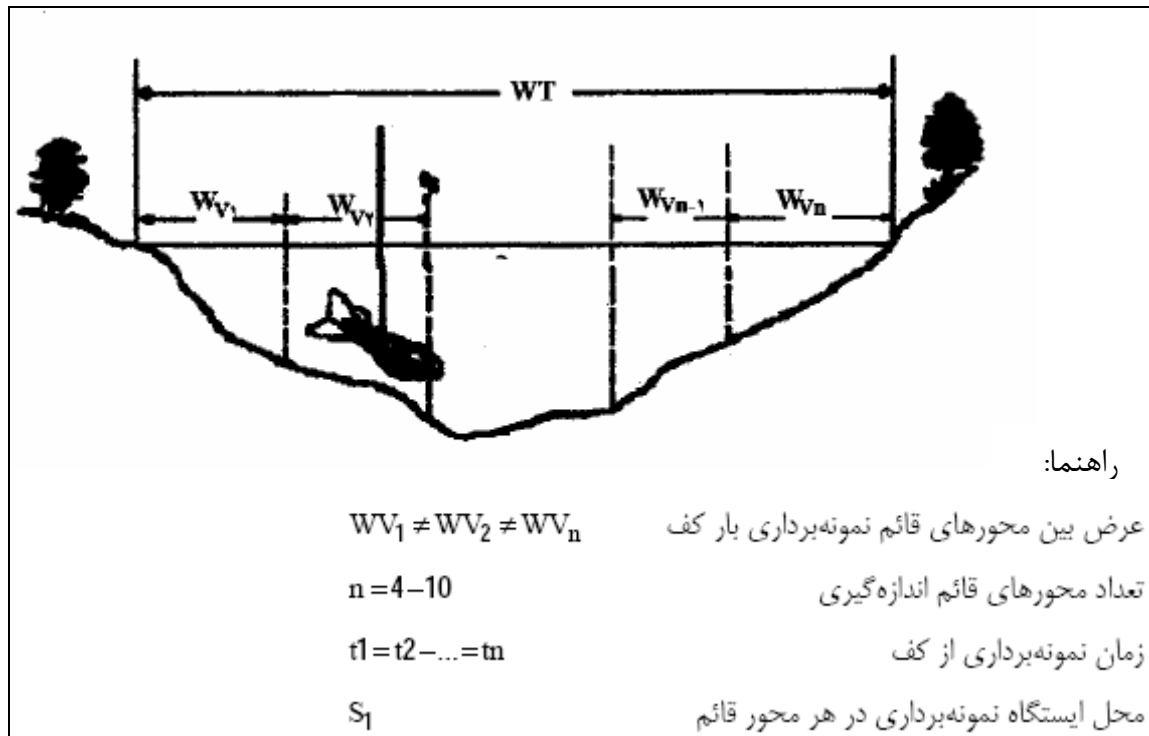
- مقطع جزئی بین ۸ مرتبه تا ۱۰ مرتبه نمونه برداری صورت می‌گیرد. بنابراین تغییرات زمانی بار کف بستر در این روش در نظر گرفته می‌شود. روش سوم با عنوان UWI به شرح زیر تعریف شده است:
- در این روش، سعی می‌شود با توجه به شناخت اولیه از تغییرات پروفیل عرضی بستر و سرعت جریان که نشان دهنده تغییرات بار کف بستر در عرض رودخانه می‌باشد، محل محورهای نمونه برداری تعیین گردد.
- مقطع عرضی رودخانه حداقل به ۴ قسمت تا ۵ قسمت به گونه‌ای تقسیم شود که هر قسمت دارای بار رسوبی (در حال انتقال) تقریباً یکسانی باشد.
  - نمونه برداری از یک طرف ساحل شروع و پس از پایان عملیات، مجدداً از ساحل اولیه نمونه برداری تکرار می‌گردد. این عمل آن قدر تکرار می‌شود تا در مجموع، حداقل ۳۰ نمونه تا ۵۰ نمونه برداشت گردد.
  - انتخاب محل محور نمونه برداری به روش محاسباتی مورد استفاده بستگی دارد. در مورد روش‌های محاسباتی، در بخش بعدی به تفصیل توضیح داده خواهد شد. چنانچه از روش محاسباتی متوسط مقطعی<sup>۱</sup> استفاده شود، محورهای عمودی نمونه برداری باید در محل تغییرات پروفیل عرضی بستر (شکستگی‌ها) واقع گردند و اگر از روش بین مقطعی<sup>۲</sup> استفاده شود، محورهای عمودی نمونه برداری باید در وسط دو شکستگی مجاور در پروفیل عرضی بستر قرار گیرد.
  - در این روش، چنانچه از نمونه‌های اختلاطی استفاده شود، باید زمان نمونه برداری در محور عمودی با هم برابر باشد ولی اگر نمونه‌های برداشت شده در هر محور، به طور جداگانه ثبت و وزن گردند، لازم نیست زمان نمونه برداری یکسان باشد.
  - زمان نمونه برداری، تاریخ، محل، نام متصدی، شماره عرض مقطع، عرض هر مقطع جزئی، تعداد کل نمونه‌ها و دیگر مشخصات لازم برای محاسبات بار کف بستر، در یک جدول معین ثبت گردد.



شکل ۶- انتخاب محل محور نمونه برداری بار کف

1 - Meansection

2 - Midsection



شکل ۷- الگوی عملیات نمونه برداری بار کف به روش UWI

#### ۵-۲-۴ توصیه های اجرایی

همان طور که قبلاً اشاره شد، روش SEWI تغییرات بار بستر در عرض رودخانه را نشان می دهد. در حالی که دو روش MEWI و UWI تغییرات زمانی بار کف بستر را لحاظ می کنند. استفاده ترکیبی از هر سه روش، مطمئن ترین و دقیق ترین روش در محاسبه بار رسوبی بستر به حساب می آید، اما عملاً به علت محدودیت ها و هزینه های سنگین، تحقق چنین امری ممکن نیست. توصیه های اجرایی که در زیر ارائه می گردد، حداقل کاری است که باید در شروع هر عملیات نمونه برداری بار کف بستر صورت گیرد.

- با استفاده از روش SEWI باید حداقل ۲۰ نمونه در عرض مقطع رودخانه برداشت گردد. در مقاطع عریض که تغییرات شدیدی در بار بستر وجود دارد، فاصله ایستگاه ها نباید از ۱۵ متر بیشتر باشد و در مقاطع تنگ تر، فاصله ایستگاه های نمونه برداری نیازی نیست از ۳۰ سانتی متر کمتر باشد.
- زمان نمونه برداری، از چند ثانیه تا چند ساعت می تواند متفاوت باشد. اما پیشنهاد می شود این زمان از ۶۰ ثانیه تجاوز نکند. به علت تغییرات زمانی بار کف بستر، تعیین زمان نمونه برداری مناسب چندان آسان نیست. زمان نمونه برداری نباید آن قدر طولانی باشد که بیش از ۴۰ درصد کیسه نمونه بردار پر گردد. زیرا باعث کاهش راندمان هیدرولیکی نمونه بردار خواهد شد. اگر تا ۴۰ درصد کیسه نمونه بردار از رسوباتی با اندازه بزرگ تر از اندازه شبکه نمونه بردار پر شود، راندمان هیدرولیکی دستگاه تغییری نخواهد کرد. رسوباتی که اندازه آن ها تقریباً برابر اندازه شبکه نمونه بردار هستند، باعث مسدود شدن چشمه سبد نمونه شده و راندمان هیدرولیکی دستگاه را کاهش می دهد.

- نمونه برداری از محورهای عمودی در یک مقطع عرضی، می تواند از یک طرف ساحل شروع و به طرف ساحل مقابل ختم شود. اما بهتر است که حداقل در یک مقطع عرضی با استفاده از روش رفت و برگشتی SEWI نمونه برداری صورت گیرد. چنانچه نمونه های برداشت شده در هر محور عمودی به طور جداگانه مورد آنالیز قرار گیرند، اطلاعات خوبی از چگونگی تغییرات بار کف بستر در عرض مقطع به دست می آید.
  - یک نمونه، باید با یکی از روش های MEWI و UWI برداشت گردد. در این روش، ۴ محور تا ۵ محور عمودی انتخاب و در هر محور ۴ مرتبه تا ۵ مرتبه نمونه برداری انجام می شود به طوری که حداقل ۳۰ نمونه تا ۵۰ نمونه در مقطع برداشت شود.
- داده هایی که باید هنگام نمونه برداری برای هر مقطع ثبت شوند عبارتند از:
- محل ایستگاه اندازه گیری و شماره آن؛
  - تاریخ زمان شروع و پایان نمونه برداری؛
  - فاصله عرضی مقطع؛
  - فاصله بین دو محور عمودی نمونه برداری (روش SEWI)؛
  - تعداد کل نمونه ها روش (SEWI)؛
  - محل محورهای عمودی که در آنها نمونه برداری انجام شده است روش (UWI یا MEWI)؛
  - مدت زمانی که نمونه بردار در بستر قرار داشته است؛
  - نوع نمونه بردار مورد استفاده؛
  - نام شخص نمونه بردار.
- روی هر یک از نمونه های برداشت شده، اطلاعات زیر درج گردد:
- نام ایستگاه؛
  - شماره نمونه و محور قائم نمونه برداری؛
  - تاریخ زمانی که هر نمونه بردار در بستر قرار داشته است؛
  - چنانچه از نمونه های اختلاطی استفاده شود، زمان شروع و پایان عملیات نمونه برداری درج گردد.
- با توجه به اطلاعات به دست آمده در این مرحله، می توان در مورد چگونگی نمونه برداری در کل مسیر پروژه مربوط اظهار نظر نمود و یک دستور العمل تنظیم کرد. جدول ۵، جدول اندازه گیری و نمونه برداری بار کف را نشان می دهد.



### جدول ۵- خلاصه اندازه‌گیری بار کف بستر

جدول ثبت نمونه‌برداری بار کف بستر								
سازمان:								
استان:								
کد:								
نام حوضه آبریز:			نام ایستگاه:			طول جغرافیایی:		
نام رودخانه:			کد ایستگاه:			عرض جغرافیایی:		
X:			Y:			U.T.M نقطه‌ای		
تاریخ نمونه‌برداری:			شروع:			در شروع اندازه‌گیری:		
ساعت:			اشل (cm)			درجه حرارت (C)		
عرض بستر (متر)			پایان:			در پایان اندازه‌گیری:		
ردیف	شماره مقطع	شماره نمونه	فاصله از مبدا (متر)	مدت نمونه- برداری (ثانیه)	عمق آب (متر)	زمان نمونه‌برداری (ساعت)	وزن نمونه (گرم)	ملاحظات
نحوه نمونه‌برداری: دستی <input type="checkbox"/> پل تلفریک <input type="checkbox"/> آیا اندازه‌گیری همزمان با آبدهی انجام شده است؟ بلی <input type="checkbox"/> خیر <input type="checkbox"/> آیا اندازه‌گیری همزمان با بار معلق انجام شده است؟ بلی <input type="checkbox"/> خیر <input type="checkbox"/>								
تهیه کننده:			نام کنترل کننده:			تاریخ کنترل:		
امضا:			امضا:					

### ۵-۲-۵ روش محاسبه بار کف بستر

پس از عملیات نمونه برداری بار کف مقدار آن محاسبه و برآورد می‌گردد. برای برآورد بار کف بستر سه روش پیشنهاد شده که در ادامه، به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت. به طور کلی، نرخ بار کف بستر در هر محور نمونه برداری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_i = \frac{KM_i}{t_i} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن:

$R_i$  نرخ بار کف بستر در هر محور عمودی 1، برحسب تن بر روز در متر؛

$M_i$  وزن نمونه، برحسب کیلوگرم؛

$t_i$  زمان نمونه برداری، برحسب ثانیه؛

$K$  ضریب ثابت که برای نازل‌های با دهانه ۳ و ۶ اینچ در دستگاه بین المللی یکاها به ترتیب برابر ۱/۱۳۴ و ۰/۵۶۷ می‌باشد.

$$K = (86400 \frac{\text{ثانیه}}{\text{روز}}) \left( \frac{1}{1000000} \times \frac{1}{G} \text{ متر} \right) \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن:

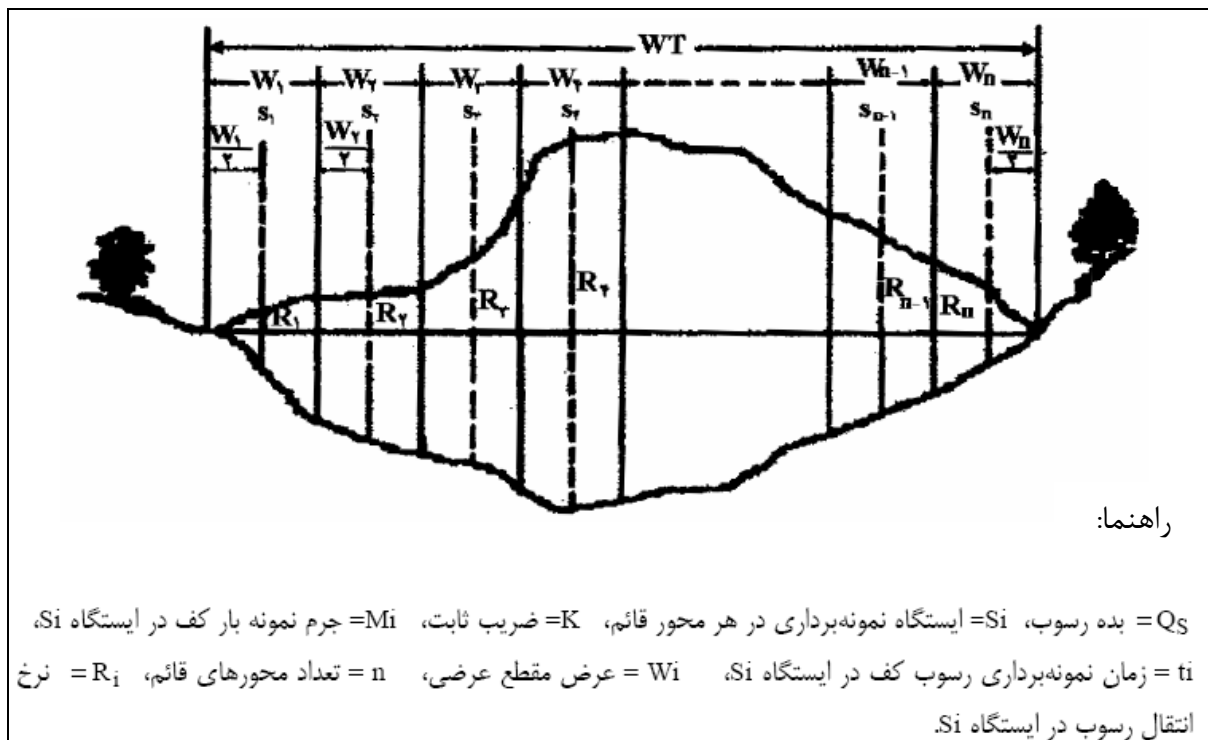
$G$  دهانه نازل، ورودی برحسب متر؛

در صورتی که اندازه دهانه نازل ورودی،  $Nw$ ، برابر با ۳ اینچ (۰/۰۷۶۲ متر) باشد  $K$  برابر ۱/۱۳۴ و در صورتی که برابر با ۶ اینچ (۰/۱۵۲۴ متر) باشد  $K$  برابر با ۰/۵۶۷ خواهد بود. برای محاسبه بار کف سه روش پیشنهاد شده که در ادامه تشریح خواهند شد.

### ۵-۲-۵-۱ روش تمام مقطعی<sup>۱</sup>

ساده‌ترین روش برای محاسبه بار کف بستر در صورت استفاده از دستگاه هلی‌اسمیت روش تمام مقطعی است. برای استفاده از این روش سه شرط زیر باید برقرار باشد:

- زمان نمونه برداری در محل محورهای قائم نمونه برداری برابر باشد؛
- محورهای قائم نمونه برداری در وسط هر مقطع قرار گرفته باشند؛
- اولین نمونه در نیمه اول جزء تقسیم از ساحل برداشت شده باشد (شکل ۸).



شکل ۸- الگوی محاسباتی روش تمام مقطعی

با توجه به شرایط فوق بده کل بار کف بستر از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q_B = K \frac{W_T}{T_t} M_T \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن:

$Q_B$  بده کل بار کف مقطع، برحسب تن در روز؛

$W_T$  عرض کل مقطع، برحسب متر؛

$T_t$  کل زمان نمونه برداری برای تمام اجزای مقطع عرضی، برحسب ثانیه؛

$M_T$  وزن کل نمونه های جمع آوری شده، برحسب کیلوگرم؛

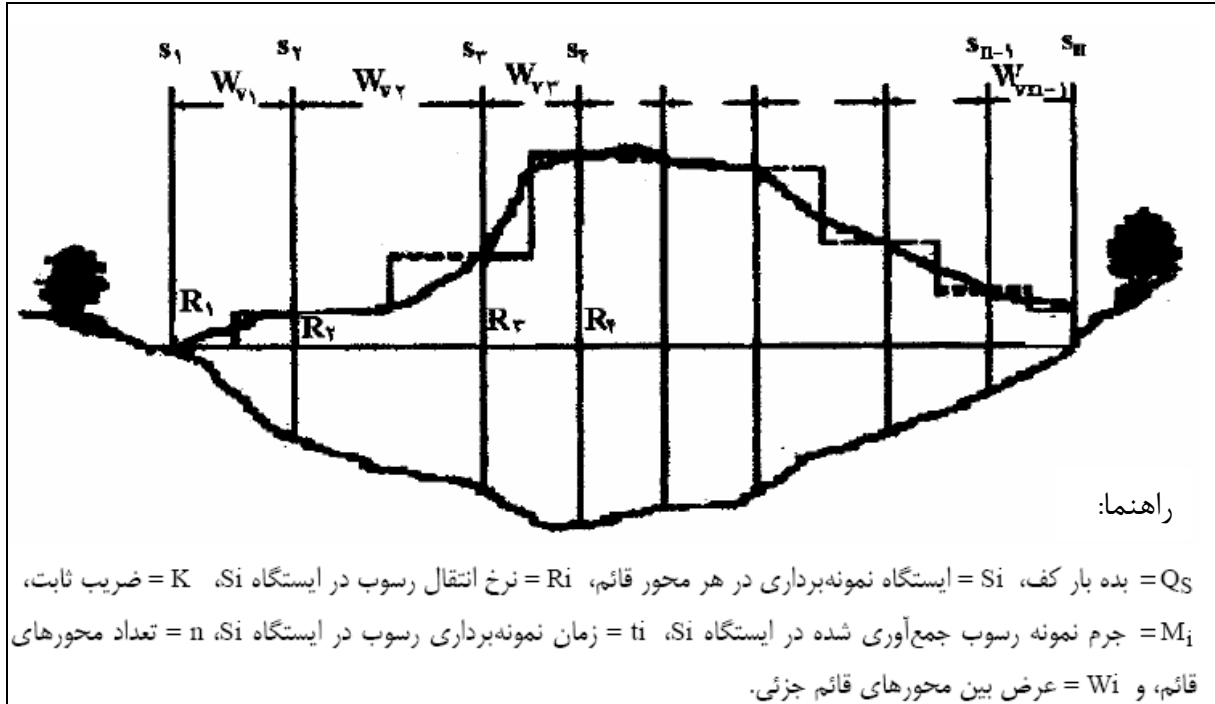
$K$  ضریب ثابت.

روش بالا عمدتاً برای محاسبه بار کف مبتنی بر روش های SEWI و MEWI کاربرد دارد.

چنانچه یکی از سه شرط اشاره شده (در روش محاسباتی تمام مقطعی) برقرار نباشد، باید از دو روش محاسباتی میان مقطعی و متوسط مقطعی استفاده نمود. از نظر ریاضی، هر دو روش بالا به جوابهای یکسان منتهی می شود. اما همان طور که در روش نمونه برداری UWI توضیح داده شد، انتخاب محل قرارگیری محورهای عمودی نمونه برداری، در واقع تعیین کننده استفاده از نوع روش محاسباتی میان مقطعی یا متوسط مقطعی است.

### ۵-۲-۵ روش بین مقطعی<sup>۱</sup>

از مزیت‌های استفاده از روش میان مقطعی، می‌توان به این موضوع اشاره نمود که لازم نیست طول  $W_i$  حتماً با سایر فاصله‌ها بین محورهای عمودی برابر باشد. در بعضی موارد، وجود پایه‌های پل، قلوه سنگها یا تغییرات شدید در سرعت یا توپوگرافی کف، مانع از نمونه‌برداری در وسط مقطع جزئی  $W_i$  می‌گردد. در روش بین مقطعی، این امکان وجود دارد که محل  $S_i$  با توجه به شرایط موجود تعیین گردد.



### شکل ۹- الگوی محاسباتی روش بین مقطعی

با توجه به شرایط بالا، بده کل بار کف از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_B = \frac{R_1 W_{v1}}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} R_i \left[ \frac{(S_i - S_{i-1})}{2} + \frac{S_{i+1} - S_i}{2} \right] + \frac{R_n W_{vn-1}}{2} \quad (\text{رابطه ۶})$$

و یا به عبارتی دیگر:

$$Q_B = \frac{K}{2} \left[ \frac{M_1}{t_1} W_{v1} + \frac{M_n}{t_n} W_{vn-1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{M_i}{t_i} (S_{i+1} - S_{i-1}) \right] \quad (\text{رابطه ۷})$$

در این رابطه:

$Q_B$  بده کل بار کف بستر مقطع، برحسب تن در روز؛

$W_{vi}$  عرض مقطع جزئی، برحسب متر؛

$S_i$ : محل محورهای نمونه برداری؛

$R_i$ : بده بار رسوبی در هر مقطع جزئی در واحد عرض، برحسب تن در روز در متر؛

$K$ : ضریب ثابت؛

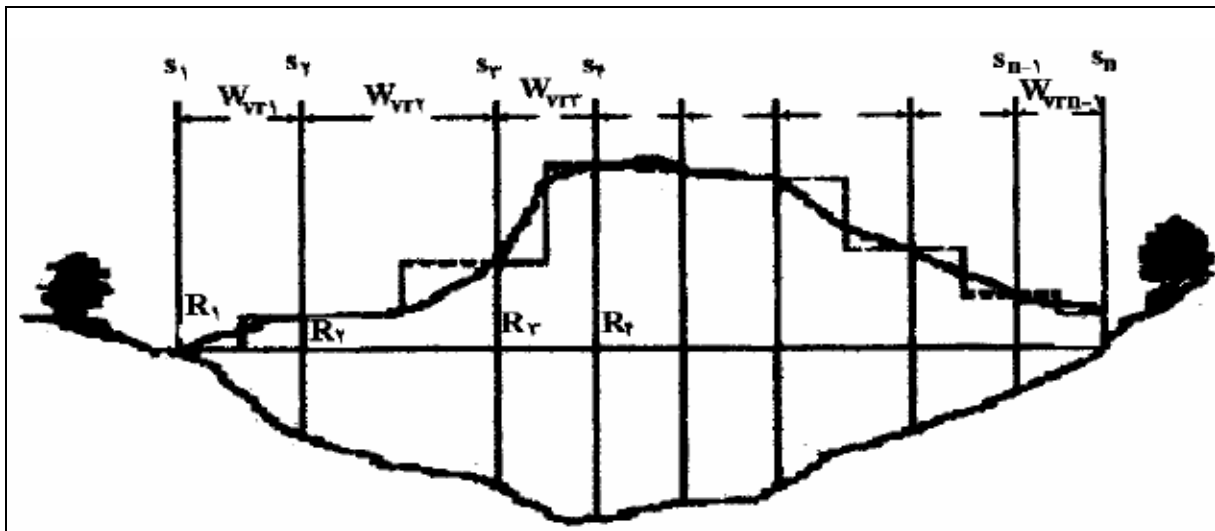
$t_i$ : زمان نمونه برداری هر مقطع جزئی، برحسب ثانیه؛

$n$ : تعداد محورهای قائم؛

$M_i$ : جرم هر نمونه مقطع جزئی برحسب کیلوگرم.

### ۳-۵-۲-۵ روش متوسط مقطعی

در این روش، از نرخ بار رسوبی بین دو محور مجاور متوسط گرفته می‌شود و لازم به یادآوری است که این مقدار، در طول بین دو محور نیز ثابت در نظر گرفته می‌شود. بنابراین قرار داشتن محور نمونه برداری در جایی که نرخ بار رسوبی بستر در عرض تغییر می‌کند، بسیار مهم است، اما در اغلب شرایط تعیین آن مشکل است.



شکل ۱۰- الگوی محاسباتی روش متوسط مقطعی

با توجه به شرایط گفته شده در بالا، بده کل بار کف بستر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_B = \sum_{i=1}^{n-1} W_{vr} \frac{R_i + R_{i+1}}{2} = \frac{K}{2} \sum_{i=1}^{n-1} W_{vi} \left( \frac{M_i}{t_i} + \frac{M_{i+1}}{t_{i+1}} \right) \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

کلیه عوامل قبلاً تعریف شده است.

پیشنهاد می‌شود در جایی که نمی‌توان از روش تمام مقطعی استفاده کرد، باید از روش بین مقطعی استفاده شود. چراکه این روش محاسباتی، شبیه روش اندازه‌گیری بده جریان بوده و اکثر کاربرها با این روش آشنا هستند و در ضمن انعطاف پذیری خوبی در استفاده از مفهوم عرض مؤثر  $W_i$  دارد.

### ۳-۵ نمونه برداری از مواد بستر

مواد بستر را می‌توان به دو روش نمونه برداری از روی سطح<sup>۱</sup> و نمونه برداری حجمی<sup>۲</sup> نمونه برداری کرد:

- 1 - Surface sampling
- 2 - Volumetric sampling

### ۵-۳-۱ نمونه برداری از روی سطح

در این روش، از تعدادی از دانه‌های سطحی که روی یک سطح مشخص تعریف شده قرار دارند، نمونه برداری می‌شود.

مواد بستر از روی سطح بستر رودخانه در وضعیت خشک و در وضعیت مستغرق جمع‌آوری می‌گردد. عمق عمودی رسوب سطحی، برابر با قطر یک دانه بوده و به عبارت دیگر، این عمق برابر با قطر دانه‌ای است که روی سطح بستر در یک نقطه معلوم قرار دارد.

بدون در نظر گرفتن بعد قائم، رسوب سطحی فقط به وسیله روش‌های نمونه برداری سطحی و نه به وسیله روش‌های جمع‌آوری حجم رسوب، نمونه برداری می‌شود. اگر چه اندازه غالب دانه‌ها به راحتی قابل تشخیص است، ولی زمانی مشکل ایجاد می‌شود که دانه‌ها به وسیله دانه‌های بزرگ محاصره شده و همچنین هنگامی که فقط قسمتی از دانه‌ها روی سطح نمایان باشد. گاهی مواقع، این سؤال مطرح است که چه مقدار از دانه‌ها، باید واقعاً در سطح دیده شوند تا بتوان آن‌ها را مواد سطحی دانست.

رسوبات سطح بستر معمولاً به سه روش شمارش خطی، شمارش شبکه‌ای و نمونه برداری سطحی نمونه برداری می‌شوند. این سه روش در چند مورد با هم اختلاف دارند که عبارتند از: فضای بین دانه‌های نمونه در سطح تحت پوشش، مناسب بودن برای اندازه دانه‌های بزرگ و کوچک و زمان عملیات صحرائی در مقابل زمان عملیات آزمایشگاهی. این عوامل در زمان انتخاب روش نمونه برداری باید در نظر گرفته شوند. اختلاف‌های بین سه روش نمونه برداری از روی سطح در جدول ۶ خلاصه شده است.

جدول ۶ - مقایسه بین شمارش خطی، شبکه‌ای و نمونه‌های سطحی

شمارش سطحی	شمارش شبکه‌ای	شمارش خطی
از تمام دانه‌ها واقع در یک سطح تعریف شده نمونه برداری می‌شود.	از تعدادی از دانه‌ها واقع در یک شبکه، به اندازه $D_{max}$ نمونه برداری می‌شود.	از تعدادی از دانه‌های در فاصله‌های تقریباً $D_{max}$ مساوی به میزان حداقل اندازه نمونه برداری می‌شود.
تمرکز روی مکان‌های نقطه‌ای است و به چندین نمونه در ناحیه نمونه برداری نیاز می‌باشد.	از چندین سطح کوچک در داخل یک بازه نمونه برداری می‌شود یا سطوحی کوچک که رسوب همگن را پوشش می‌دهد.	یک سطح بزرگ نمونه برداری را پوشش می‌دهد.
مناسب برای ماسه تا شن متوسط و نه برای شن درشت تا قلوه سنگ.	مناسب برای شن و نه برای ماسه.	مناسب برای شن و قلوه سنگ و نه برای ماسه.
نیاز هم‌زمان برای عملیات صحرائی و آزمایشگاهی.	در صورت برداشت نمونه‌ها با دست، به زمان آزمایشگاهی نیاز می‌باشد. در صورت عکسبرداری، زمان عملیات صحرائی کوتاه و عدم نیاز به زمان آزمایشگاهی طولانی.	زمان عملیات صحرائی طولانی، و نیازی به زمان آزمایشگاهی نیست.
اندازه دانه‌های نمونه برداری شده مستقیماً قابل مقایسه و ترکیب با اندازه دانه‌های نمونه برداری شده از شمارش خطی، شبکه‌ای و نمونه‌های حجمی نمی‌باشد.	اندازه دانه‌های نمونه برداری شده قابل مقایسه و ترکیب با اندازه‌های دانه‌های نمونه برداری شده از شمارش خطی و نمونه‌های حجمی است.	اندازه دانه‌های نمونه برداری شده قابل مقایسه و ترکیب با اندازه ذرات نمونه برداری شده از شمارش شبکه‌ای و نمونه‌های حجمی است.

تمرکز روش شمارش خطی، روی دانه‌های بزرگ و با اندازه متوسط و با صرف نظر از ریز دانه‌ها می‌باشد و برای پوشش سطوح نمونه‌برداری بزرگ به وسیله خطوط موازی مناسب است. این روش، برای هر نمونه بسته به تعداد دانه‌ها جمع‌آوری شده و مشکلات مربوط به کندن و جدا کردن سنگها از بستر رودخانه بین ۰/۵ تا ۲ ساعت طول می‌کشد و به صرف زمان آزمایشگاهی نیازی نیست.

شمارش شبکه‌ای در صحرا انجام می‌شود. شبکه ممکن است شامل نوارهای لاستیکی قرار داده شده روی یک قالب صلب باشد. عکسبرداری از سطح رسوبات برای هر نمونه، زمان بسیار کوتاهی را نیاز دارد ولی آنالیز تصاویر، نیاز به صرف زمان آزمایشگاهی زیادی دارد.

جمع‌آوری نمونه‌های سطحی، هم برای عملیات صحرایی و هم برای آنالیز دانه‌بندی آن‌ها در آزمایشگاه به زمان نیاز دارد.

نمونه‌های سطحی برای رسوبات شنی که محتوی مقدار زیادی ماسه و شن ریز می‌باشند، مناسب هستند. زیرا نمونه‌های سطحی به علت تمرکز روی یک سطح کوچک، شامل مواد ریزدانه نیز می‌گردند. در صورتی که روش شمارش خطی و شبکه‌ای تمایل به حذف آن‌ها دارند.

توزیع دانه‌بندی دانه‌ها که از روش خطی و شبکه‌ای به دست می‌آید، متقابلاً قابل مقایسه و قابل ترکیب هستند. هر دو توزیع همچنین قابل مقایسه و ترکیب با توزیع‌های به دست آمده از نمونه‌های حجمی می‌باشند. توزیع‌های دانه‌بندی نمونه‌های سطحی نیاز به انتقال به توزیع دانه‌بندی از روش خطی یا نمونه‌های حجمی دارند. در ادامه، برای هر یک از سه روش پیشنهادی در بالا، دستورالعمل‌هایی ارائه می‌گردد. به منظور تفصیل بیشتر موضوع، هر بخش بطور مجزا مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

### ۵-۳-۱-۱ شمارش خطی

در این روش، تعدادی از دانه‌های رسوبی سطحی در امتداد خطوطی موازی و با فواصل مساوی که در یک سطح بزرگ (تقریباً ۱۰۰ متر مربع) قرار دارند، نمونه‌برداری می‌شود.

شمارش خطی برای تعیین مشخصه‌های اندازه سنگهای شنی و ماسه‌ای رسوبات سطحی به کار می‌رود و روی بستر خشک و مستغرق رودخانه کاربرد دارد. توزیع فراوانی تجمعی مواد و درصد ریزدانه برای موارد متعددی مانند محاسبات حرکت آغازین بار بستر، زبری کف بستر، مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه و ارزیابی زیست محیطی رودخانه کاربرد دارد.

شمارش خطی، از تعدادی دانه‌های در فواصل مساوی و در امتداد یک خط، نمونه‌برداری می‌کند. دو روش برای تعیین امتدادها، فاصله بین دانه‌های انتخاب شده و مشخص نمودن دانه‌های یکه قرار است انتخاب شوند، وجود دارد: یکی قدم زنی پاشنه تا پنجه و دیگری نمونه‌برداری در فاصله‌های مساوی در امتداد یک نوار اندازه‌گیری. مزیتها و تفاوت‌های اصلی این دو روش، در جدول ۷ خلاصه شده است.

- روش قدم زدن پاشنه تا پنجه<sup>۱</sup>

این روش، توسط ولمن<sup>۱</sup> پیشنهاد شده است. در این روش، فرد نمونه‌بردار یک سطح بستر را در امتداد یک الگوی شبکه‌بندی طی می‌کند. شبکه به وسیله قدم زنی یا خطوط و نوارهایی به وجود می‌آید. یک دانه در

1 - Heel - to - toe

مجاورت هر نقطه شبکه جمع‌آوری می‌شود. "ولمن" تأکید کرده است که دانه‌های جمع‌آوری شده در نمونه، باید به صورت تصادفی انتخاب شوند. برای تحقق این امر، او پیشنهاد می‌کند که دانه‌ها از زیر نوک کفش بدون مشاهده آن برداشت گردند. فاصله بین دانه‌های انتخابی به اندازه شبکه مورد نیاز برای پوشش سطح نمونه‌برداری بستگی دارد. این روش، مشهورترین روش است زیرا به هیچ گونه ابزار صحرایی خاص نیازی نمی‌باشد.

- روش نظام‌مند نمونه‌برداری در فواصل مساوی در طی یک نوار اندازه‌گیری در این روش، نوارهای اندازه‌گیری به صورت متقاطع طراحی شده و نمونه‌برداری ذرات، از محل تقاطع نوارها صورت می‌گیرد. برای مثال، در نشانه‌های به فواصل ۰/۵ متر که دقیقاً زیر نقاط شبکه ایجاد شده، نمونه‌برداری انجام می‌گیرد. نتایج شمارش خطی ممکن است، از دو روش اختلافات زیادی داشته باشند. روش قدم‌زنی پاشنه تا پنجه با تماس کور، در امتداد خطوط فرضی، باعث ایجاد خطاهای متعددی در انتخاب دانه‌ها، فاصله بین دانه‌ها و مسیر نمونه‌برداری می‌شود و نسبت به روش نمونه‌برداری در مسیر، یک نوار اندازه‌گیری در فواصل معین، واپیچش بیشتری خواهد داشت.

جدول ۷ - مزیت‌ها و تفاوت‌های دو روش پاشنه تا پنجه و نمونه‌برداری نظام‌مند

ردیف	مواد مقایسه	روش پاشنه تا پنجه	روش نمونه‌گیری نظام‌مند در امتداد یک نوار خطی
۱	فاصله‌ها	یک تا دو قدم (بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر بدون توجه به اندازه مواد بستر	۱ تا ۲ برابر بزرگ‌ترین اندازه دانه‌ها، منطبق بر اندازه مواد بستر
۲	انتخاب دانه‌ها در سطوح خشک	تماس اتفاقی به نوک کفش مطابقت	مرئی با نشانه‌های با فواصل مساوی روی نوار اندازه‌گیری
۳	بهبودهای ممکن	انگشت را مستقیم نگه داشتن به منظور پرهیز از تماس با ذرات مجاور	استفاده از میخ یا درفش برای دقت بیشتر در تشخیص ذرات انتخابی
۴	انتخاب دانه‌ها در زیر آب	تماس اتفاقی با نوک کفش	مطابقت مرئی با نشانه‌های با فواصل مساوی روی نوار اندازه‌گیری به بهترین شکل ممکن؛ در غیر این صورت تماس اتفاقی
۵	مسیر نمونه‌برداری	در امتداد خط فرضی بنا به صلاحدید نمونه‌گیر	در امتداد یک نوار قبلاً تعیین شده
۶	امکان خطا و انحراف نمونه-گیر در مقابل ریز دانه‌ها	بیشتر	کمتر
۷	امکان خطا و انحراف نمونه-بردار در مقابل قلوه سنگ‌ها و لاشه سنگ‌ها	بیشتر	کمتر
۸	تغییر بین نمونه‌ها	بیشتر	کمتر
۹	تغییر بین نمونه‌بردارها	بیشتر	کمتر



### ۵-۳-۱-۲ شمارش شبکه‌ای

در این روش، تعدادی از دانه‌های واقع در روی نقاط شبکه انتخاب و برداشته می‌شود و یا توسط عکسبرداری، از دانه‌ها تصویر تهیه می‌گردد. سطح اندازه‌گیری در این روش، نسبتاً کوچک می‌باشد (تقریباً ۱ مترمربع تا ۱۰ مترمربع).

در این روش، دانه‌ها از زیر یک شبکه تنظیم و تهیه شده برداشته می‌شوند. دانه‌ها می‌توانند به صورت فیزیکی از زیر برداشته شوند و در این حالت شماره شبکه‌ای در واقع همان شمارش خطی است. شکل دیگر شمارش شبکه‌ای، تهیه تصاویر عمودی از سطح رسوب و اندازه‌گیری اندازه دانه‌ها با استفاده از تصاویر می‌باشد.

#### - اندازه‌های شبکه و مقیاس فضایی<sup>۱</sup>

چنانچه شبکه به طور مساوی تقسیم‌بندی شده باشد، شمارش شبکه‌ای می‌تواند همه گونه سطوح نمونه‌گیری را پوشش دهد. مقیاس فضایی شمارش شبکه‌ای، دارای انعطاف مناسبی می‌باشد. کوچک‌ترین واحد شبکه توسط درشت‌ترین دانه رسوب سطحی تعیین خواهد شد. فضای شبکه باید حداقل به بزرگی اندازه حداکثر درشتی دانه‌ها و یا به صورت بهتر، دو برابر اندازه درشت‌ترین دانه‌ها باشد تا از شمارش مضاعف اجتناب شود. شکل ۱۱ شمارش شبکه‌ای را نشان می‌دهد.

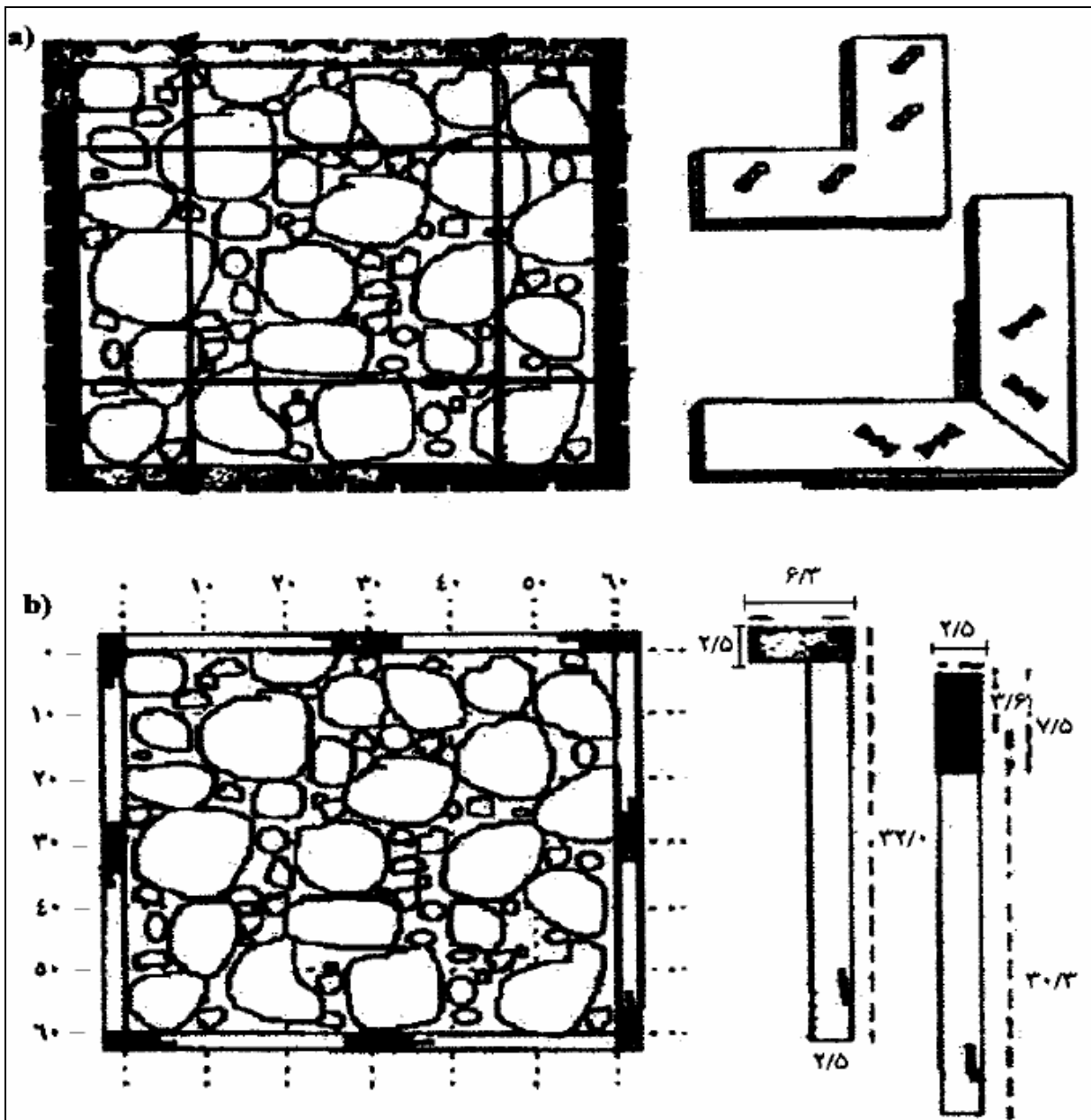
یک سطح شنی با اندازه دانه رسوبی حداکثر ۱۰۰ میلی‌متر، به حداقل شبکه ۰٫۱ متری نیاز دارد و حداقل سطح اندازه‌گیری برای یک حجم نمونه با ۴۰۰ دانه، ۴ مترمربع می‌باشد. یک شبکه با این اندازه توسط نوارهای پلاستیکی قابل اجرا است. یک سطح قله سنگی با اندازه دانه‌های حداکثر ۲۵۶ میلی‌متر، حداقل به شبکه ۰٫۲۵ متری نیاز دارد و حداقل سطح برای نمونه‌برداری ۴۰۰ دانه، ۱۰ متر مربع می‌باشد. در این فضا، نقاط شبکه توسط خطوط موازی در امتداد نوارهای اندازه‌گیری علامت گذاری می‌شوند. بزرگترین سطحی که روش شمارش شبکه‌ای سطحی می‌تواند پوشش دهد، در حدود چند صد مترمربع می‌باشد.

#### - روش شبکه‌ای تصویری

شمارش شبکه‌ای می‌تواند توسط تصاویری که به صورت عمودی از سطح رسوبات تهیه می‌گردد، انجام شود. طول دانه‌های موجود در گروه‌های شبکه با استفاده از خط‌کش، اندازه‌گیری شده و این اندازه‌گیری‌ها به مقیاس طبیعی دانه‌ها منتقل می‌شوند. با استفاده از ضریب مقیاس مناسب، قبل از آنالیز اندازه دانه‌ها، مقیاسهای تصاویر بر حسب دقت تصویر، پوشش هر تصویر و درشتی دانه‌های بستر تغییر می‌کند. هر مقیاسی، آنالیز گروه معینی از اندازه دانه‌ها را آسان می‌کند. چنانچه آنالیز طیف وسیعی از اندازه دانه‌ها لازم باشد، تصاویر باید در مقیاس‌های مختلفی تهیه گردند.

### ۵-۳-۱-۳ نمونه‌برداری سطحی

در این روش، از تمامی دانه‌های سطحی موجود در یک سطح کوچک (۰٫۱ متر مربع تا ۱ متر مربع) نمونه‌برداری انجام می‌گردد. دانه‌های ریز به صورت معرف در نمونه موجود است.



۴ قطعه نمونه شاخص و برابر از هر قسمت (همه اندازه‌ها برحسب سانتی‌متر)

شکل ۱۱- شمارش شبکه ای

برای نمونه‌های سطحی، نمونه‌بردار تمامی دانه‌های قرار گرفته روی سطح را در یک سطح از قبل تعریف شده جمع‌آوری می‌کند. معمولاً مساحت سطح در حدود  $0.1$  متر مربع تا  $1$  متر مربع می‌باشد. نمونه‌برداری از کل دانه‌های سطح بدون در نظر گرفتن دانه‌های زیر سطح ممکن است مشکلاتی را ایجاد کند. روش‌های زیر برای جمع‌آوری دانه‌ها در نمونه‌های سطحی پیشنهاد شده است:

- برداشت با دست

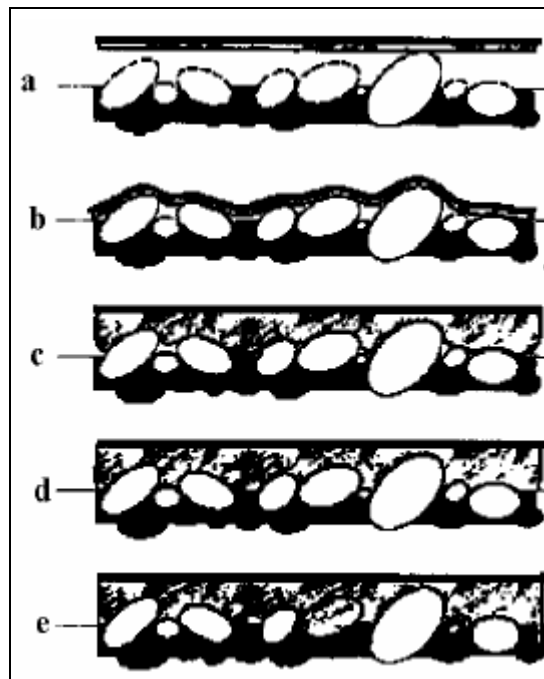
برداشت با دست، روشی برای نمونه‌برداری از روی بستر شن درشت می‌باشد. نمونه‌بردار با استفاده از یک قالب مانند توری کتان، سطح نمونه‌برداری را مشخص نموده و همه دانه‌های سطح را جمع‌آوری می‌کند. در

این روش به دلیل عدم دید مناسب ذرات کوچک و به سبب این که این گونه دانه‌ها در وسط دانه‌های درشت-تر قرار دارند، جمع‌آوری آن‌ها به راحتی امکان پذیر نیست.

#### - روش نمونه‌برداری چسبناکی

روش نمونه‌برداری چسبناکی برای سطوحی که شامل دانه‌های نسبتاً درشت ماسه و شن ریز می‌باشند، توصیه شده است. روش عمومی برای نمونه‌برداری چسبناکی، بدین صورت است که یک روکش با سطح چسبنده روی سطح تر چسبانده می‌شود. سطح چسبنده به سطح رسوبات نفوذ نموده و تمام دانه‌های سطح بستر، هم کوچک و هم بزرگ به روکش می‌چسبند. زمانی که روکش از روی سطح برداشته می‌شود، تمام دانه‌ها برداشته شده‌اند. برای آنالیز دانه‌ها، دانه‌های نمونه‌برداری شده، از سطح چسبناک با روش‌های مختلف مانند انحلال مواد چسبنده یا برس زدن کنده می‌شوند.

در این روش، برای نمونه‌برداری از کلیه دانه‌های سطحی، مشکلاتی نیز وجود دارد. چنانچه میزان چسبندگی کم باشد و به سختی در سطح نفوذ نماید، ممکن است از دانه‌های ریز، نمونه‌برداری صورت نگیرد (شکل ۱۲، a، b، c) و اگر میزان چسبندگی آن قدر زیاد باشد که عمیقاً در سطح نفوذ نماید، ممکن است علاوه بر دانه‌های سطحی، دانه‌های زیرسطحی نیز در نمونه وارد شوند (شکل ۱۲، e) که یک نمونه نیمه حجمی می‌باشد. برای تهیه نمونه‌های سطحی دقیق، لازم است که ماده چسبنده در سطح، با عمق مناسب نفوذ نماید (شکل ۱۲، d).



شکل ۱۲- نمونه‌برداری چسبناکی

- روش نمونه‌برداری سطحی به صورت تصویری

در این روش، تصویری از سطح رسوبات برداشته شده و اندازه دانه‌ها در تصویر توسط خط کش یا به کمک پلانیمتر اندازه‌گیری می‌شوند. مانند روش‌های نمونه‌برداری دستی یا به صورت چسبندگی، توزیع اندازه دانه‌های به دست آمده از تصویر برداری، قبل از مقایسه با دیگر نمونه‌ها نیاز به انتقال دارند. در این حالت، سه روش مختلف آنالیز اندازه دانه‌ها وجود دارد:

- اندازه‌گیری طولی همه دانه‌ها

اندازه‌گیری طولی دانه‌ها با استفاده از خط کش یا تجزیه کننده نوری انجام می‌شود. در این روش، اندازه طولی همه دانه‌های مشاهده شده را تعیین می‌کنند. این روش برخلاف نمونه‌برداری شبکه‌ای است که اندازه طولی دانه‌ها را فقط در زیرگره‌های شبکه تعیین می‌کنند.

- اندازه‌گیری پلانیمتریک دانه‌ها و آنالیز

اندازه‌گیری طولی دانه‌ها روی تصاویر با خط‌کش یا تجزیه کننده نوری، از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد. "ایبکن و شلیر"<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۶ روش آنالیز اندازه دانه‌های تصویری را ارائه کرده اند که در آن سعی می‌شود بعد سوم دانه‌ها نیز در نظر گرفته شود.

در این روش، فرض می‌شود که شکل دانه‌ها عموماً بیضوی است. این روش، تعیین اندازه دانه‌های تقریباً مخفی را توسعه و بهبود می‌دهد. حجم دانه‌های محاسبه شده از این روش، به وزن تبدیل می‌شوند.

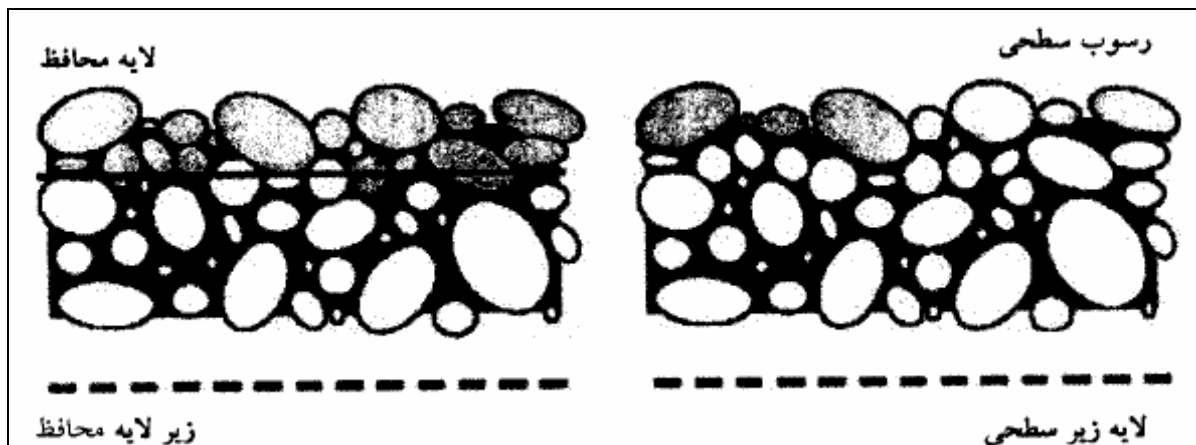
- رابطه تجربی بین تعداد دانه‌های در تصویر و اندازه  $D_{50}$

یک روش ساده و سریع برای کسب اطلاعاتی از اندازه دانه‌های مواد بستر از روی تصویر، شمارش تعداد دانه‌های تصویر می‌باشد. هر چه تعداد دانه‌های تصویر بیشتر باشد، اندازه دانه‌ها کوچک‌تر خواهد بود. برای یک آنالیز کمی تعداد دانه‌های روی تصویر باید توسط چند عامل صحرائی مانند  $D_{50}$  واری می‌شوند.

سپس تابع واری برای پیش‌بینی  $D_{50}$  از روی تعداد دانه‌های شمارش شده از تصویر تعیین می‌گردد. "رایس" در سال ۱۹۹۵، این روش را برای آنالیز تغییر در اندازه دانه‌ها در پایین دست و در مسافتی طولانی به کار برده است.

### ۵-۳-۲ نمونه‌برداری حجمی

در این روش، حجم مشخصی رسوب از یک لایه رسوبی تعریف شده برداشت می‌شود. شکل ۱۳ نشان‌دهنده چهار واحد لایه‌بندی معمول در رودخانه‌های با لایه محافظ می‌باشد.



شکل ۱۳- لایه‌بندی یک بستر جوشنی شده شامل: لایه محافظ، زیر لایه محافظ، رسوب سطحی و لایه زیر سطحی

مصالح سطحی رودخانه‌ها تنها با استفاده از تکنیک‌های نمونه‌برداری سطحی، نمونه‌برداری می‌شوند. لایه‌های مواد کف، مانند لایه محافظ، زیر لایه محافظ و لایه زیر سطحی که دارای ضخامت مشخص می‌باشند، از روش تکنیک‌های نمونه‌برداری حجمی، نمونه‌برداری می‌شوند. انتخاب روش نمونه‌برداری به عوامل طبیعی رودخانه مانند ریخت‌شناسی رودخانه، شرایط جریان و توزیع اندازه دانه‌های مواد بستر بستگی دارد. برای مثال، ابزار و روش‌های نمونه‌برداری باید متناسب با اندازه مواد بستر باشد. دسترسی کم و محدود به جاده دسترسی در رودخانه‌ها، دیکته می‌نماید که ابزار نیز باید قابل حمل باشند. نمونه‌برداری عمدتاً در شرایط مستغرق و در وضعیت دید کم از بستر رودخانه صورت می‌گیرد.

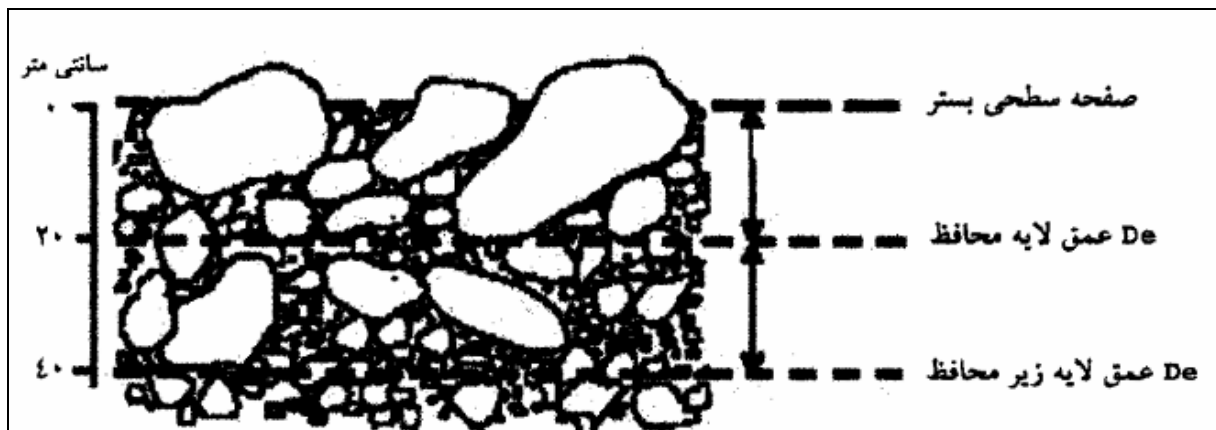
عوامل انسانی نیز نقش مهمی را در انتخاب روش‌های نمونه‌برداری ایفا می‌کند. یک پروژه، ممکن است به حجم زیادی از عملیات صحرایی نیاز نداشته باشد. ولی برای عملیات آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل تصاویر آن، زمانی طولانی صرف گردد. اهداف مطالعه یا شرایط بستر رودخانه ممکن است نیاز به استفاده از چند روش مختلف نمونه‌برداری را تعیین نماید که در این صورت باید نتیجه‌های بدست آمده از روش‌های متفاوت با یکدیگر تلفیق گردد. مثلاً بودجه محدود، مدیر پروژه را مجبور به کاهش حجم مطالعه یا استفاده از روش‌های صحرایی ساده و سریع می‌کند.

کاربران همچنین باید این نکته را مورد توجه قرار دهند که روش‌های نمونه‌برداری مختلف، توزیع‌های مختلف اندازه مواد بستر را نتیجه می‌دهد. شمارش قلوه‌سنگ‌های یک نمونه و نمونه‌برداری سطحی جمع-آوری شده از یک سطح مشترک، نتایج مختلفی را در خصوص توزیع دانه‌های مصالح مواد بستر نشان می‌دهد. حتی زمانی که از یک روش تجزیه و تحلیل اندازه رسوب، برای نمونه‌ها استفاده شود.

در نمونه‌برداری حجمی، از یک حجم یا جرم از پیش تعریف شده از بستر رودخانه نمونه‌برداری می‌شود. نمونه‌های حجمی سه بعدی بوده و ممکن است از لایه‌های مختلف ستون رسوبی برداشت شوند. این لایه‌ها عبارتند از: رسوب لایه محافظ، رسوب زیر لایه محافظ، رسوب سطحی و رسوب حجمی غیر لایه بندی شده. برای تعیین عمق نمونه‌برداری در هر یک از لایه‌ها، پیشنهادهایی برای کاربران به منظور ارایه یک راهنما، عملیاتی شده است که در زیر به آن اشاره می‌گردد.

- ضخامت و عمق نمونه‌برداری لایه محافظ

لایه‌های محافظ به ندرت در رودخانه‌هایی با بار رسوبی زیاد و یا در رسوبات خوب دانه‌بندی شده توسعه پیدا می‌کنند. نمونه‌های لایه محافظ برای اهداف زیادی مانند آنالیز حمل رسوب کاربرد دارند. درجه مسلح شدن یا محافظ شدن لایه سطحی با مقایسه توزیع اندازه دانه‌ها یا  $D_{50}$  مربوط به لایه محافظ نسبت به  $D_{50}$  دانه‌های رسوبات زیر لایه محافظ قابل تعیین بوده و هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، درجه مسلح شدن لایه سطحی بیشتر است. تغییر در درجه مسلح شدن، معرف تغییر در بار رسوبی یا رژیم جریان می‌باشد. لایه محافظ سه بعدی است، پس فقط به صورت حجمی باید نمونه‌برداری شود. غالباً ضخامت لایه محافظ به صورت ضخامتی از سطح بستر تا عمقی به اندازه بزرگ‌ترین ذرات  $D_{max}$  یا اندازه ذرات غالب  $D_{dom}$  تعریف می‌شود. (شکل ۱۴)



شکل ۱۴- عمق نمونه لایه محافظ و لایه زیر محافظ

این دو عمق، بر اساس عمق حداکثر و عمق تعریف می‌شوند.

پیشنهاد‌های زیر برای پیش‌بینی لایه محافظ توسط مراجع ارایه شده است: (شکل ۱۵)

-  $D_{max}$  در امتداد محور  $C$ ؛

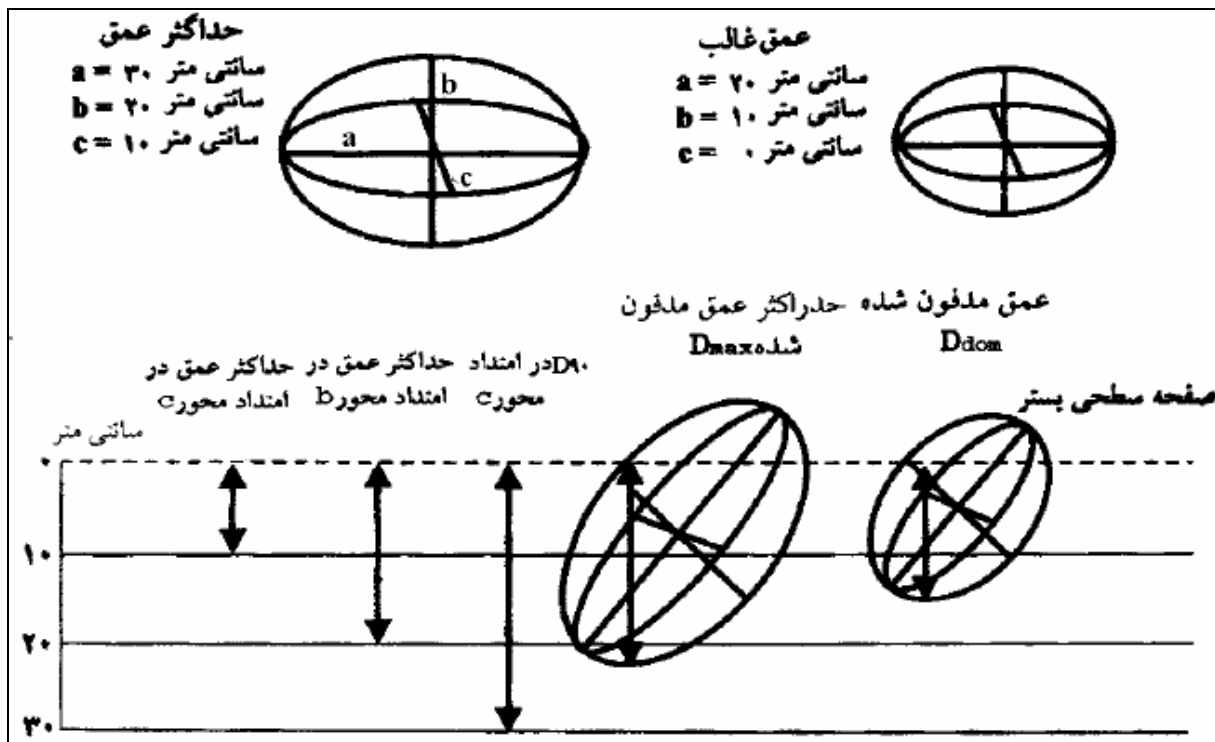
-  $D_{max}$  در امتداد محور  $b$ ؛

- دو برابر  $D_{90}$  در امتداد  $b$ ؛

- عمق مدفون شده اندازه غالب دانه‌ها  $D_{dom}$ ؛

- عمق مدفون شده  $D_{max}$  موضعی دانه‌ها.

پنج معیار مذکور، زمانی که برای یک سطح رسوبی معین به کار برده می‌شوند، در رابطه با عمق لایه محافظ نتایج مختلفی می‌دهد. این موضوع در شکل مذکور نشان داده شده است.



شکل ۱۵- تفاوت‌ها در تعیین ضخامت لایه محافظ برای یک رسوب معین با استفاده از معیارهای پیش‌بینی مختلف

- ضخامت و عمق نمونه‌برداری لایه زیر سطحی، لایه زیر محافظ و مواد بستر غیر لایه‌بندی شده رسوب زیر سطحی به رسوب زیر سطح بستر رودخانه، و لایه زیر محافظ به رسوب زیر لایه محافظ اطلاق می‌گردد. رسوبات زیر سطحی و زیر محافظ معمولاً ریزتر از رسوبات سطح و لایه محافظ می‌باشند. توزیع اندازه دانه‌های رسوبات زیر سطحی و زیر محافظ اساساً یکسان بوده بنابراین واژه زیر سطحی اغلب، هم برای رسوبات لایه محافظ و هم زیر سطح به کار می‌رود. اندازه رسوبات زیر سطحی توسط منبع تغذیه رسوبات ریزدانه به رودخانه کنترل می‌شود. برای نمونه‌برداری از رسوبات زیرسطحی و یا زیر لایه محافظ، ابتدا باید رسوبات سطحی یا لایه محافظ برداشته شوند. این موضوع، توسط برداشت نمونه سطحی که دانه‌های زیر سطحی را شامل می‌شوند و یا توسط نمونه لایه محافظ حجمی که لایه زیر محافظ را نیز در برمی‌گیرد، قابل انجام است. رسوبات رویی باید کاملاً برداشته شده تا بتوان از مخلوط شدن رسوبات با رسوبات زیر سطحی و زیرلایه محافظ جلوگیری کرد.

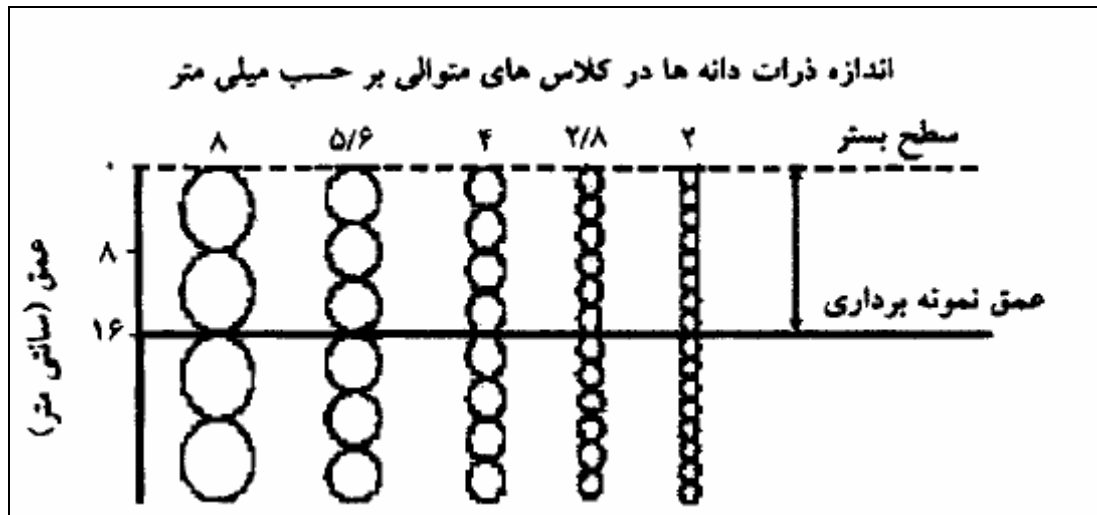
در این رابطه، چرچ<sup>۱</sup> پیشنهاد می‌کند که لایه محافظ تا کف که مربوط به بزرگ‌ترین دانه در ناحیه نمونه‌برداری است، برداشته شود.

نمونه‌های مواد بستر غیر لایه‌بندی شده حجمی، شامل لایه محافظ و زیر محافظ یا رسوبات سطحی و زیر سطحی می‌شوند. نمونه‌های مواد بستر غیر لایه‌بندی شده، فقط زمانی که مواد بستر غیر لایه‌بندی شده باشند، مفید است.

1 - Church, 1987

عمق نمونه‌برداری رسوبات غیر لایه‌بندی شده معمولاً حد پایین ندارد. بنابراین این امکان وجود دارد که عمق نمونه‌برداری نمونه به اندازه کافی برای جلوگیری از ورود نمونه‌های درشت و عمیق در نظر گرفته شود. معیارهای زیر برای محاسبه عمق نمونه‌برداری شده است.

برای سطوح بستر درشت با  $D_{max}$  در حد قلوه سنگ، دیپلاس و فریپ 2 و سیمونز و سنتورک پیشنهاد می‌نمایند که عمق نمونه‌گیری رسوبات لایه‌بندی شده، حداقل 2 برابر  $D_{max}$  باشد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- ته‌نشست ایده‌آل رسوبات به منظور حداقل عمق نمونه‌برداری

برای رسوبات ریز دانه ضریب 2 باید افزایش یابد. به عنوان مثال، ضرایب 2، 3، 4 و 5 می‌توانند برای دانه‌های 256، 64، 16 و 4 میلی‌متر به ترتیب انتخاب شوند. تابع همبستگی زیر این معیار را نشان می‌دهد:

$$d_{s \min} = 0.71 D_{\max}^{0.78} \quad (\text{رابطه } 10)$$

تابع همبستگی دیگری نیز بر اساس کوچک‌ترین حاصل ضرب مشترک قطر دانه‌ها پیشنهاد شده که توصیه می‌گردد برای شن درشت و متوسط از آن استفاده نشود.

$$d_{s \min} = 0.48 D_{\max}^{2.1} \quad (\text{رابطه } 11)$$

شکل نمودار 16 این روابط را نشان می‌دهد.

#### ۴-۵ تناوب زمانی نمونه‌برداری رسوب

چه زمانی باید به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری در رودخانه اقدام نمود؟ حداکثر فاصله زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از رسوبات با حفظ معنی دار بودن آن چگونه می‌باشد؟ فواصل زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری طی دوره وقوع سیلاب چقدر باید باشد؟

پاسخ به چنین سؤالاتی که اهمیت آن‌ها کمتر از ارزش روش اندازه‌گیری و نمونه‌برداری نمی‌باشد، برای متصدیانی که جمع‌آوری داده‌های یک رودخانه را برای یک دوره طولانی به عهده داشته‌اند، ساده و به طور نسبی دقیق می‌باشد، زیرا آن‌ها مشخصه‌های آبی و رسوبی رودخانه را کاملاً شناخته و دید تجربی کافی از رودخانه مورد مطالعه را کسب کرده‌اند و به سهولت می‌توانند نیازها را تشخیص دهند. لیکن اغلب افراد،

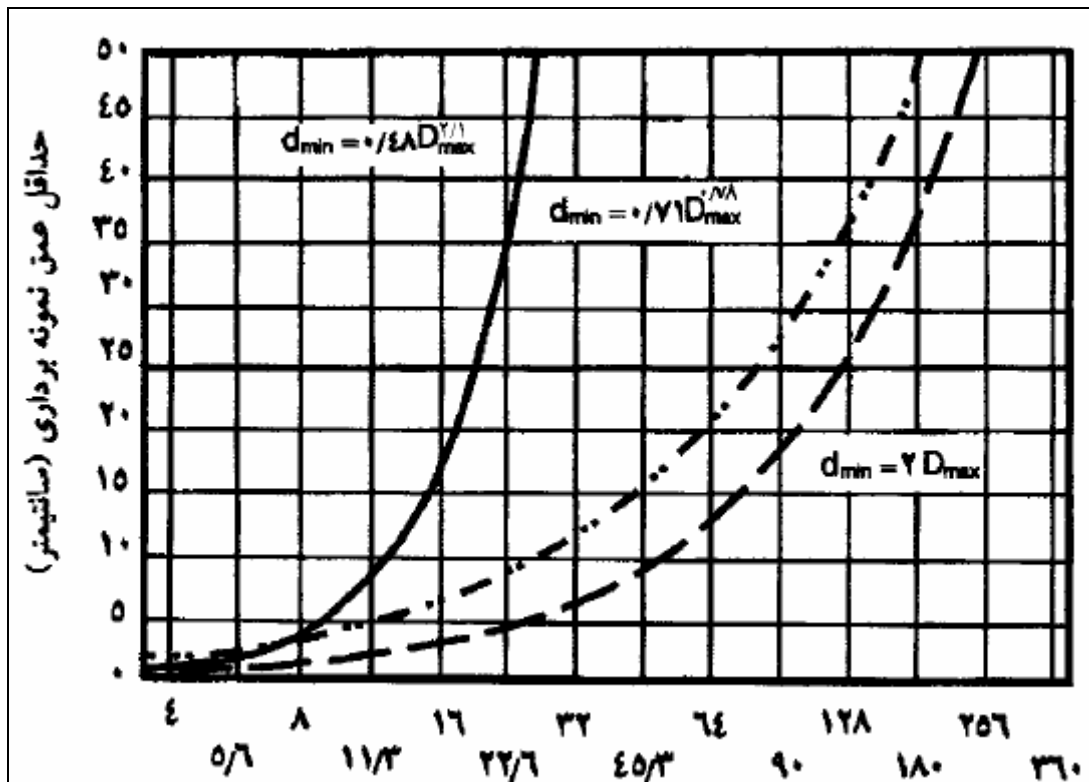


چنین اطلاعات و تجاربی را در دسترس نداشته و شرایط رودخانه را به درستی نمی‌توانند درک نمایند. بنابراین در شروع کار، باید جدول اطلاعات ایستگاه‌ها و آب‌نگارهای سیلاب‌های رودخانه مورد بررسی را در اختیار متصدیان تازه کار قرار داد.

تغییر در بار رسوبی رودخانه غالباً به دلیل تغییر در عوامل زیر به وجود می‌آید:

- مشخصه‌های رگبار؛
  - اندازه، شکل و وضعیت توپوگرافیکی حوضه آبریز، مشخصه‌های هندسی رودخانه.
- با توجه به این عوامل، تعیین فواصل زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از نظر دقت مورد نیاز اطلاعات، کار چندان ساده‌ای نیست.

در اغلب رودخانه‌ها، حدود ۷۰ درصد تا ۹۰ درصد بار رسوبی سالانه در هنگام فصل بهار حادث شده و برای بعضی از رودخانه‌ها، مهم‌ترین قسمت بار رسوبی سالانه، طی دوره رگبارهای تابستانه یا زمستانه اتفاق می‌افتد. بنابراین تواتر اندازه‌گیری و نمونه‌برداری رسوبات طی این دوره‌ها، باید بیشتر از مواقع عادی باشد. در بعضی از بازه‌های زمانی این دوره‌های بحرانی، برای تعریف دقیق تغییرات غلظت رسوبات، نمونه‌برداری ساعتی مورد نیاز می‌باشد. در سایر بازه‌های زمانی سال، تواتر اندازه‌گیری و نمونه‌برداری می‌تواند به صورت روزانه یا حتی هفتگی برای شناخت دقیق غلظت در نظر گرفته شود. طوفان‌ها و رگبارهای شدید تابستانه، به نمونه‌برداری متناوب در بازه‌های زمانی کوتاه نیاز دارند. رودخانه‌های با دوره‌های طولانی جریان کم یا متوسط در طی هر رگبار باید مرتباً اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شوند، زیرا غالب رسوبات سالانه در طی این حوادث اتفاق می‌افتد.



شکل ۱۶- روابط و نمودارهای مربوط به حداقل عمق نمونه‌برداری در مواد غیر لایه‌بندی شده

در طی یک دوره طولانی جریان ثابت یا با تغییرات اندک، تغییر غلظت و بار رسوبی نیز اندک می‌باشد بنابراین نمونه‌برداری، هر دو سه روز، یک بار کفایت می‌نماید. در بعضی از رودخانه‌ها، هفته‌ای یک بار نیز کافی به نظر می‌رسد.

چند بار نمونه‌برداری در روز، ممکن است به منظور تعریف نوسانات روزانه غلظت که در اثر نوسانات تراز سطح آب به وجود می‌آید، مورد نیاز باشد.

در زمان وقوع سیلاب، شکل آبنگار، شاخص مناسبی برای تعیین بازه‌های زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری رسوب رودخانه می‌باشد. برای شاخه بالارونده آبنگار، فاصله زمانی نمونه‌برداری ۳۰ دقیقه تا ۱۲ ساعت توصیه شده است. چنانچه دوره وقوع اوج یک روز یا بیشتر به طول انجامد، نمونه‌برداری هر چند ساعت یک بار مورد نیاز خواهد بود.

برای شاخه پایین‌رونده، فاصله زمانی نمونه‌برداری ۲ ساعت تا ۲۴ ساعت توصیه شده است. به طور کلی پوشش کافی، زمانی حاصل می‌شود که نمونه‌گیری مربوط به شاخه صعودی، چهار برابر تعداد نمونه‌برداری در بخش نزولی باشد. برای مثال اگر در طول دوره نزول سطح آب، هر ۲ ساعت یک بار نمونه‌برداری شود، در قسمت صعودی باید هر ۰/۵ ساعت یک بار نمونه‌برداری انجام گردد.

در بعضی از رودخانه‌های بزرگ، به دلیل اینکه رسوبات رودخانه‌ای دارای منشأ موضعی و محلی می‌باشند، حداکثر غلظت رسوبات یک روز یا بیشتر قبل از بده حداکثر جریان اتفاق می‌افتد، در این مواقع، تناوب نمونه‌برداری و اندازه‌گیری، به طور منطقی باید قبل از وقوع بده حداکثر سیلاب بیشتر باشد.

رودخانه‌های بی دوام<sup>۱</sup> و متوسط<sup>۲</sup> معمولاً به گونه‌ای می‌باشند که در آن‌ها تراز سطح آب به طور ناگهانی و در عرض چند دقیقه یا چند ساعت، از صفر به حداکثر افزایش پیدا می‌کند و فرد متصدی برای نمونه‌برداری غالباً از زمان وقوع چنین حادثه‌ای اطلاع ندارد. همچنین در رودخانه‌های با حوضه متنوع از دیدگاه خاک-شناسی و زمین‌شناسی و با بارندگی‌های با توزیع‌های مختلف، برنامه‌های زمانی از پیش تعیین شده و صلبی را نمی‌توان برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صحرائی تهیه و تدوین کرد.

#### ۵-۵ توزیع مکانی نمونه‌برداری رسوب

کیفیت کلی مطالعات رسوبی، مشروط به اطلاعات به دست آمده از نمونه‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌ها می‌باشد. خطاها در نمونه‌گیری، باعث کاهش دقت در مطالعات می‌شود. هدف از عملیات صحرائی، به دست آوردن نمونه‌هایی از محدوده مورد مطالعه با هدف پوشش کل منطقه می‌باشد. حجم نمونه باید به اندازه‌ای کوچک باشد تا به راحتی قابل حمل بوده و از سوی دیگر جواب‌گوی دقت مورد نیاز نیز باشد. کیفیت فرآیند نمونه‌گیری رسوب و آنالیز آن به موارد زیر بستگی دارد:

- انتخاب مکان‌های مناسب برای نمونه‌برداری در محدوده طرح،
- جمع‌آوری نمونه‌های کافی در هر مکان نمونه‌برداری،
- استفاده از روش‌های نمونه‌برداری مناسب،

---

1 - Ephemeral River  
2 - Intermittent River

- حفاظت از نمونه‌ها در طی دوره ذخیره سازی؛ و
  - انعطاف‌پذیری برنامه نمونه‌برداری.
- مکان‌های انتخابی در سطح محدوده طرح باید خوب توزیع شده باشند و معرف شرایط متوسط سالانه حاکم هیدرولیکی و ریخت شناسی باشند. بعضی از ملاحظات در این رابطه عبارتند از:
- مکان نمونه‌برداری در یک بازه مستقیم قرار داشته باشد،
  - مکان نمونه‌برداری در یک مقطع پایدار (بدون فرسایش و بدون رسوب‌گذاری) قرار داشته باشد،
  - توپوگرافی بستر یکنواخت باشد،
  - توزیع سرعت در محل نمونه‌برداری منظم باشد (خطوط جریان واگرا و همگرا و گردابه‌های جریان در آن محل وجود نداشته باشد)،
  - در مکانی عمود بر جهت اصلی جریان قرار داشته باشد،
  - مشخصه‌های موج یکنواخت در مکان غالب باشد،
  - محل نمونه‌برداری به قدر کافی به نسبت ابعاد ابزار نمونه‌برداری عمیق باشد،
  - محل نمونه‌برداری قابل دسترسی و بدون موانع مصنوعی یا طبیعی باشد (درختها، پلها، پایه‌ها)،
  - محل نمونه‌برداری دارای ابعاد هندسی خوب تعریف شده باشد (عمق موضعی، عرض و موقعیت)،
  - محل نمونه‌برداری رسوب باید در بازه‌ای انتخاب شود که ایستگاه آب‌سنجی درجه ۱، ۲ و یا تا حد امکان درجه ۳ وجود داشته باشد تا بتوان از آمار ثبت شده گذشته و جدید، استفاده لازم را به عمل آورد.

#### ۵-۵-۱ توزیع مکانی نمونه‌بردار نمونه‌برداری رسوب بار معلق

بار کل رسوبی شامل بار مواد بستر و بار شسته است، و مواد بستر، قابل تقسیم به بار کف و بار معلق می‌باشند. بار شسته شامل ذرات رسوبی کمتر از ۶۲ میکرون است، ذرات خیلی ریز، معمولاً در تمام مقطع عرضی به صورت یکنواخت توزیع می‌شوند. بده رسوب بار شسته به سادگی با حاصل ضرب بده جریان و غلظت قابل تعیین می‌باشد. از آنجایی که غلظت تقریباً در مقطع عرضی ثابت می‌باشد، تعداد نمونه‌ها را می‌توان به چند نمونه محدود نمود. معمولاً نمونه‌برداری از نقاط مرجعی که برای کل مقطع به صورت معرف می‌باشند، انجام می‌شود. این نمونه‌برداری‌ها به طور منظم کنترل می‌شوند (فصل خشک و تر، بده کم و زیاد).

بده رسوبی دانه‌های معلق بزرگ‌تر از ۶۲ میکرومتر، معمولاً با نمونه‌برداری در عمق و عرض رودخانه اندازه‌گیری می‌شود.

دقت اندازه‌گیری بار رسوبی معلق به موارد زیر بستگی دارد:

#### ۵-۵-۱-۱ توزیع مکانی نقاط در عمق

میزان حمل بار رسوب معلق تجمعی در واحد عرض، در صورت استفاده از روش نمونه‌برداری نقطه‌ای، به صورت معادله زیر قابل تعیین است:

$$S = \sum_{i=1}^k (U_i C_i \Delta z_i) + \varepsilon \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

که در آن:

$K$  بار رسوبی معلق؛

$U_i$  سرعت در ارتفاع  $Z$  (نقطه  $i$ ) بالای بستر؛

$C_i$  غلظت در ارتفاع  $Z$  (نقطه  $i$ ) بالای بستر؛

$\Delta Z_i$  افزایش ارتفاع در امتداد محور قائم  $i$  ( $\Delta = Z_i - Z_{i-1}$ )؛

$\varepsilon$  خطای درون‌یابی؛

$K$  تعداد نقاط اندازه‌گیری در عمق.

از دیدگاه ریاضی، خطای درون‌یابی مربوط، با افزایش نقاط نمونه‌برداری در عمق کاهش می‌یابد.

( $K \rightarrow \infty$  برای  $\varepsilon \rightarrow 0$ )

مقدار این خطا به تعداد و توزیع این نقاط در عمق بستگی دارد. از آنجایی که غلظت رسوب در نزدیکی بستر، بیشتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد، خطای درون‌یابی را می‌توان با افزایش تعداد نقاط اندازه‌گیری در نزدیک بستر، کاهش داد.

با فرض این‌که متغیرهای  $U$ ،  $C$  و  $\Delta Z$  متغیرهای تصادفی مستقل با یک توزیع گوس هستند، خطای نسبی حمل رسوبات تجمعی معلق را می‌توان به صورت زیر برآورد کرد:

$$\left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 = \frac{1}{K} \left[ \left(\frac{\sigma_U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_C}{C}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta Z}}{\Delta Z}\right)^2 \right] + (\varepsilon_{rel})^2 \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

که در آن:

$\sigma$  معرف انحراف معیار؛

$$\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon}{S}$$

با فرض دوره متوسط زمانی ۲ دقیقه تا ۳ دقیقه، انحراف معیار نسبی<sup>۱</sup> سرعت‌های موضعی جریان در حدود

$$\frac{\sigma_U}{U} = 0.1 \text{ می‌باشد.}$$

انحراف معیار نسبی غلظت رسوبات مخصوصاً در نزدیکی بستر، نسبتاً بزرگ خواهد بود. این مقادیر برابرند با

$$\frac{\sigma_C}{C} = 0.3 \text{ به طور مشابه } \frac{\sigma_{\Delta Z}}{\Delta Z} = 0.3.$$

خطای درون‌یابی نسبی<sup>۲</sup>  $\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon}{S}$  از نتایج اندازه‌گیری صحرایی و فلوم آزمایشگاهی تعیین شده است. با استفاده از فلوم بارتون و لین<sup>۳</sup>، و در یکی از این آزمایش‌ها با مشخصات عمومی عمق  $(h)$  برابر ۱۹ متر، سرعت متوسط  $(u)$  برابر ۰٫۹۱ متر بر ثانیه و اندازه متوسط رسوبات  $(d_{50})$  برابر ۱۸۰ میکرومتر، سرعت‌های

1 - Relative Standard deviation  
2 - Relative Interpolation Error  
3 - Barton and Lin 1955

جریان و غلظت‌های رسوبی در ۱۴ نقطه در امتداد عمق بین ۰٫۱h تا ۰٫۹h اندازه‌گیری شده‌اند. بر اساس این مقادیر، حمل رسوب معلق عمقی، تجمعی محاسبه شده است. غلظت‌های رسوبی در نواحی اندازه‌گیری نشده نزدیک بستر، با برازش یک منحنی تئوریک بر اساس مقادیر پایین‌ترین ۳ نقطه اندازه‌گیری شده، محاسبه می‌گردد. حمل رسوب محاسبه شده (بر اساس ۱۴ نقطه) با حمل رسوب واقعی تطبیق داده می‌شود. خطای درونیابی نسبی برای ۱۴ نقطه، صفر فرض شده و این محاسبات، با استفاده از دو الگوی A و B برای توزیع نقاط در عمق و برای و ۱۱، ۹، ۷، ۵، ۴ K نقطه به صورت زیر تکرار شده‌اند:

$$Z = 0.1h, 0.05h, 0.1h, \dots, 0.9h : \text{الگوی A}$$

$$Z = 0.05h, 0.1h, 0.25h, \dots, 0.9h : \text{الگوی B}$$

حمل رسوب برای ۱۱، ۹، ۷، ۵، ۴ K نقطه محاسبه و با حمل واقعی رسوب K=۱۴ نقطه برای تعیین خطای نسبی ( $\epsilon_{rel}$ ) مقایسه شده‌اند. جدول ۸ این مقایسه را نشان می‌دهد (بارتون و لین).

جدول ۸ - خطای درونیابی نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق

خطای درونیابی نسبی ( $\epsilon_{rel}$ )		تعداد نقاط ارتفاعی K
الگوی A (%)	الگوی B (%)	
۰	۰	۱۴
+۰٫۵	-۸٫۳	۱۱
+۱٫۱	-۷٫۹	۹
+۱٫۲	-۸٫۴	۷
+۴٫۰	-۹٫۰	۵
+۱۱	-۱۰	۴

(+ یعنی برآورد دست بالا و - یعنی برآورد دست پایین)

آنالیز مشابهی برای شرایط صحرایی (عمق آب معادل ۱۶ متر) انجام شده است<sup>۱</sup>. با استفاده از اندازه‌گیری در محدوده  $z = 0.03h - 0.9h$  و بر اساس الگوهای K=۲ تا K=۱۰ نقطه‌ای حمل واقعی رسوب بر مبنای K=۱۰ نقطه فرض و محاسبه می‌گردد) حمل رسوب، محاسبه و خطای درونیابی نسبی تعیین می‌شود. جدول ۹ این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۹- خطای درون یابی نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق

خطای درون یابی نسب (%)	تعداد نقاط
۰	۱۰
۴٫۱	۹
۵٫۲	۸
۶٫۵	۷
۶٫۳	۶
۱۴٫۷	۵
۱۵٫۱	۴
۱۶٫۱	۳
۷۶٫۱	۲

خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق، از معادله ۱۳ تعیین می شود. با فرض:

$$\varepsilon_{rel} \geq 0.1 , \varepsilon_{rel} \leq 0.15 , \frac{\sigma_{\Delta Z}}{\Delta Z} = 0.3 , \frac{\sigma_C}{C} = 0.3 , \frac{\sigma_U}{U} = 0.1 \quad (14)$$

برای  $K=2$  تا  $K=10$  نقطه مقدار  $\frac{\sigma_S}{S}$  محاسبه و نتایج در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

این نتایج در نمودار ۱۷ نیز نشان داده شده است. بر پایه این نتایج، حداکثر خطای نسبی برای حمل رسوب تجمعی در عمق برای ۶ نقطه اندازه گیری ۲۰٪ می باشد. توزیع زیر، برای نقاط اندازه گیری در عمق پیشنهاد می شود:

$$Z = 0.1h , 0.05h , 0.1h , 0.25h , 0.5h , 0.9h$$

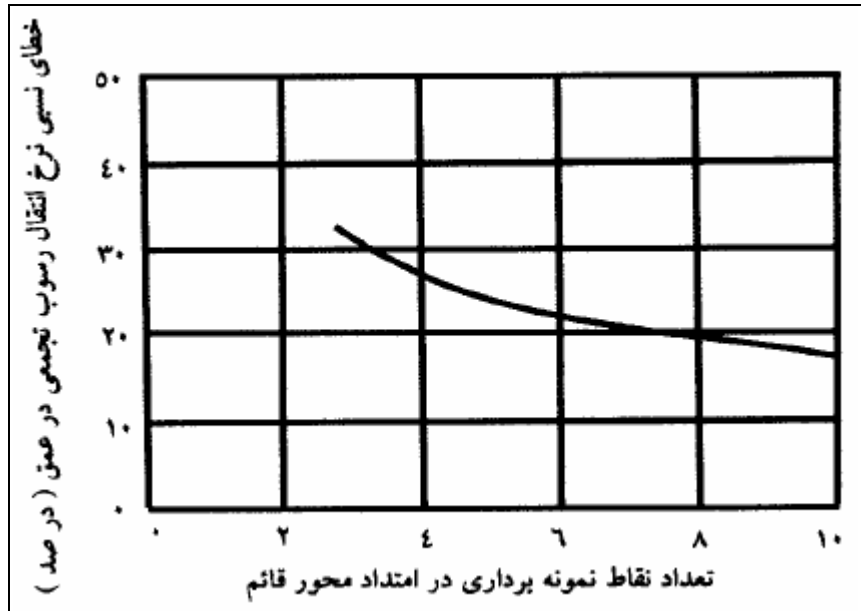
جدول ۱۰ - خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق

خطای نسبی حمل رسوب تجمعی $\sigma_S/S$ (%)	تعداد نقاط در عمق
۱۷	۱۰
۱۸	۹
۱۹	۸
۲۱	۷
۲۲	۶
۲۴	۵
۲۷	۴

#### ۵-۱-۵-۲ توزیع مکانی محورهای قائم اندازه گیری در طول شکل بستر

زمانی که عوارض بستر بزرگ مقیاس مانند تلماسه های ماسه ای با  $\lambda = 7h$  (  $\lambda$  طول موج تلماسه و  $h$  ارتفاع تلماسه) در کف بستر موجود باشند، خطای حمل رسوب تجمعی در عمق، به موقعیت ایستگاه اندازه گیری با

در نظر گرفتن تاج تلماسه‌ها بستگی دارد. برای کاهش خطای مرتبط با این اثر، اندازه‌گیری‌ها باید در حداقل ۵ محور قائم با فواصل مساوی در طول شکل بستر انجام شود. اطلاعات کافی از خطای مرتبط با حمل رسوب معلق، در حال حاضر وجود ندارد.



شکل ۱۷- تعداد نقاط نمونه‌برداری در امتداد محور قائم (عمق)

۵-۳-۱-۵ توزیع مکانی محورهای قائم در امتداد عرض (سطح مقطع)

حمل رسوب معلق تجمعی در امتداد عرض و عمق  $S_i$  به صورت معادله زیر می‌باشد:

$$S = \sum_{i=1}^m (S_i \Delta b_i) + \delta \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

که در آن:

$S_i$  حمل رسوب تجمعی در عمق در جز مقطع؛

$\Delta b_i$  عرض جز مقطع  $i$ ؛

$m$  تعداد جز مقاطع در جهت جانبی؛

$\delta$  خطای درون‌یابی برای  $(\delta \rightarrow 0 \quad m \rightarrow \infty)$

خطای درون‌یابی نسبی، به تعداد محورهای قائم و همچنین توزیع محورهای قائم در امتداد مقطع عرضی بستگی دارد. در این تحلیل فواصل مساوی بین محورهای قائم فرض شده‌اند. در روش‌های دیگر، مساحت-های مساوی یا بده‌های برابر برای هر مقطع جزئی در نظر گرفته می‌شوند. روش اخیر، کاربرد کمتری دارد زیرا در این روش توزیع سرعت جانبی باید مشخص باشد. زمانی که فقط چند محور قائم در یک مقطع عرضی نامنظم عریض انتخاب می‌شوند، بهتر است مکان‌های شاخص در عمیق‌ترین معابر، جاهایی که سرعت‌ها حداکثر می‌باشند، انتخاب گردند.

با فرض اینکه متغیرهای  $s$  و  $\Delta b$  متغیرهای تصادفی با توزیع نرمال گوس باشند، خطای نسبی حمل رسوب معلق ( $S$ ) توسط رابطه زیر قابل تخمین است:

$$\left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 = \frac{1}{m} \left[ \left(\frac{\sigma_s}{s}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta b}}{\Delta b}\right)^2 \right] + (\varepsilon_{rel})^2 \quad (\text{رابطه ۱۶})$$

براساس نتایج ارایه شده در نمودار شکل ۱۷ خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق و در واحد عرض برای الگوی نقطه در امتداد عمق در حدود  $\frac{\sigma_S}{S} = 0.2$  می‌باشد، خطای نسبی عرض هر مقطع جانبی، در حدود  $\frac{\sigma_{\Delta b}}{\Delta b} = 0.05$  تخمین زده می‌شود.

یک تخمین از خطای درونیابی نسبی  $\delta_{rel} = \frac{\delta}{s}$  با استفاده از یک فرمول برای محاسبه حمل رسوب در محورهای قائم مختلف در یک مقطع عریض نامنظم شامل ۲ معبر اصلی با عمق ۴ متر (که توسط یک قسمت باریک تر که به عمق ۲ متر جدا شده صورت گرفته است. عرض کل مقطع ۵۰۰ متر و) و  $d_{50}$  برابر ۴۰۰ میکرومتر و  $\bar{U} = 1$  متر بر ثانیه جمع کل تعداد محورهای قائم از ۴ تا ۲۰ (با فواصل مساوی بین محورهای قائم) متغیر است. فرض می‌شود که حمل واقعی برای ۲۰ محور قائم در کل مقطع حاصل می‌گردد. جدول ۱۱ مقادیر این تخمین را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- خطای درونیابی نسبی مقطع در حمل تجمعی رسوب (سطح مقطع)

تعداد محورهای قائم $m$	خطای درونیابی نسبی مقطع در حمل تجمعی رسوب $\delta_{rel}$ (%)
۲۰	۰
۱۸	-۱
۱۶	-۲
۱۴	+۵
۱۲	-۵
۱۰	+۱۱
۸	-۱۰
۶	+۱۷
۴	-۲۰
( + برآورد دست بالا و - برآورد دست پایین )	

خطای نسبی حمل رسوب تجمعی را می‌توان از معادله ۱۶ با توجه به مقادیر  $\frac{\sigma_S}{S} = 0.2$  ،  $\frac{\sigma_{\Delta b}}{\Delta b} = 0.05$  ،  $\delta_{rel} = 0.02$  تا  $\delta_{rel} = 0.05$  و برای تعداد محورهای قائم بین ۴ تا ۲۰ برآورد نمود. نتایج در جدول ۱۲ و نمودار

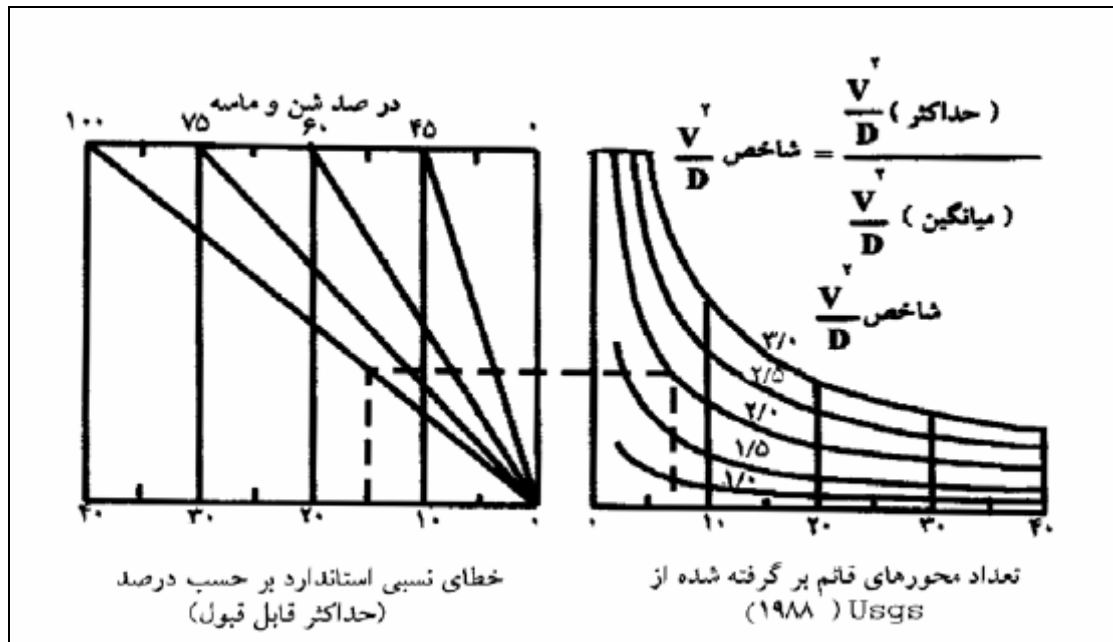


شکل ۱۸ نشان داده شده‌اند. بوناچی<sup>۱</sup> یک مدل شبیه سازی عددی را برای تعیین خطای نسبی  $\frac{\sigma_s}{s}$  در رابطه با تعداد محورهای قائم به کار برده است. نتایج این تحقیق در نمودار شکل ۱۹ نشان داده شده است. روش ارزیابی شده توسط USGS در نمودار شکل ۲۰ نشان داده شده است. در این روش، محاسبه خطای استاندارد نسبی بر اساس دو عامل محورهای قائم نمونه برداری و شاخص  $v = \frac{V^2}{D}$  متوسط سرعت عمقی برحسب (فوت بر ثانیه) و عمق آب،  $D$ ، برحسب فوت صورت می‌پذیرد. مثلاً بر اساس شاخص  $\frac{V^2}{D}$  با تعداد ۷ محور قائم برای یک نمونه مواد بستر ۱۰۰٪ ماسه‌ای، خطای نسبی استاندارد قابل قبول ۱۵٪ می‌باشد. جدول ۱۲ و شکل نمودار ۱۸ خطای نسبی حمل رسوب تجمعی و تعداد محورهای قائم در مقطع را برای این مثال نشان می‌دهد.

جدول ۱۲- خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در مقطع

تعداد محوره‌های قائم m	خطای نسبی حمل رسوب تجمعی $\sigma_s/S$ (%)
۲۰	۵
۱۸	۷
۱۶	۸
۱۴	۸
۱۲	۹
۱۰	۱۲
۸	۱۳
۶	۱۷
۴	۲۳

جمع کل تعداد محوره‌های قائم انتخاب شده، باید به گونه‌ای باشد که جمع کل زمان مورد نیاز اندازه‌گیری در مقایسه با دوره سیلاب رودخانه نسبتاً کوچک باشد (ولی باید تقریباً ثابت باشد). در شرایط سیلاب تند<sup>۱</sup>، ممکن است مشکلاتی در اندازه‌گیری پیش آید، بنابراین بین دقت و زمان اندازه‌گیری باید یک سازگاری در نظر گرفته شود.



شکل ۱۸- نمودار محاسبه خطای نسبی تعداد محوره‌های قائم در مقطع بر اساس روش USGS

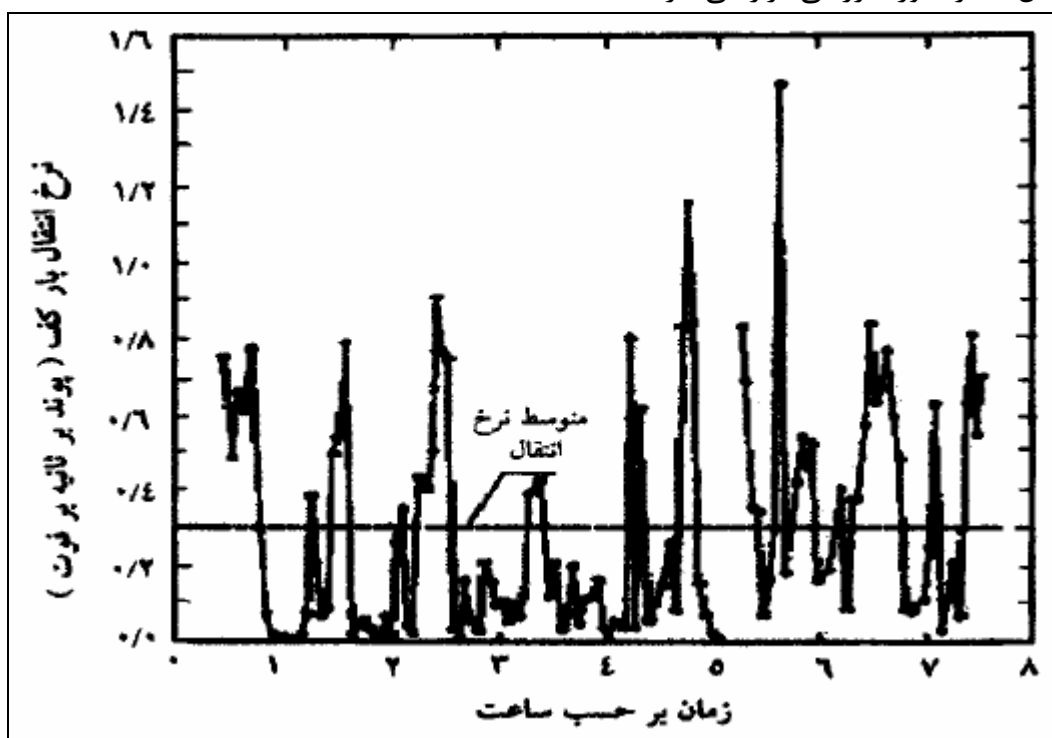
### ۵-۵-۲ توزیع مکانی اندازه‌گیری برای حمل رسوب بار کف

مسایل نمونه‌گیری مربوط به تغییرات فرآیندهای فیزیکی، در مبحث بار کف عبارتند از:

- زمان نمونه‌برداری از هر مقطع اندازه‌گیری؛
- توزیع مکانی اندازه‌گیری در طول شکل بستر<sup>۱</sup>؛
- تعداد اندازه‌گیری‌ها در هر مکان؛
- توزیع مکانی اندازه‌گیری در عرض مقطع.

همان طور که از نمودار شکل ۱۹ مشخص است، تغییرات نرخ حمل رسوبات در کف در یک مکان و با یک شکل بستر، نسبت به متوسط نرخ حمل رسوبات بارکف بسیار زیاد می‌باشد (بین ۱۰٪ تا ۱۰۰٪). باید با توجه به عوارض بستر، مکان‌های مختلف و متعددی با فاصله‌های تقریباً مساوی انتخاب کرده و نمونه‌های زیادی در هر مکان برداشته شود. لازم به یادآوری است که قبل از اندازه‌گیری، باید با استفاده از اکوساندینگ<sup>۲</sup> به طور دوره‌ای، از تغییرات عوارض بستر شناخت حاصل گردد.

اغلب، مکان نمونه‌برداری به دلیل اینکه نمونه‌بردار از روی یک پل یا قایق غیرمتحرک مورد استفاده قرار می‌گیرد، ثابت می‌باشد. در این حالت، تعیین دقیق حمل رسوب متوسط، به نمونه‌گیری متوالی در طی یک دوره زمانی مناسب نیاز داشته و بدین ترتیب، تغییرات شکل و عوارض بستر از مکان نمونه‌برداری (مهاجرت یا تغییر شکل بستر) مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱۹- نمودار تغییرات حمل رسوب کف رو در یک مکان

از مقادیر اندازه‌گیری شده در طول یک دوره مهاجرت تلماسه‌های بستر (تغییر شکل عوارض) جهت نیل به حداقل خطا باید متوسط‌گیری شود. توسط آزمایشگاه هیدرولیک دلفت در خلال سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۲

1 - Bed form  
2 - Echosounding

اندازه‌گیری‌های بار کف در رودخانه وال در هلند انجام شده است؛ در این تحقیق با در نظر گرفتن عوارض بستر، تعداد نمونه مورد نیاز برای دستیابی به حداقل خطا در برآورد نرخ حمل متوسط رسوب پیشنهاد شده است. جدول ۱۳ نشان‌دهنده ضریب تغییرات، در رابطه با تعداد نمونه‌ها می‌باشد.

جدول ۱۳- ضریب تغییرات حمل متوسط رسوبات کفرو

تعداد نمونه‌ها N	ضریب تغییرات حمل متوسط رسوبات VC
۱۰	۰٫۳۰
۲۰	۰٫۲۵
۳۰	۰٫۲
۴۰	۰٫۱۵
۵۰	۰٫۱

ضریب تغییرات به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$VC = \frac{\sigma}{\mu\sqrt{N}} \quad (17)$$

که در آن:

$N$  تعداد نمونه‌ها؛

$VC$  ضریب تغییرات حمل متوسط رسوبات؛

$\sigma$  انحراف معیار حمل رسوب اندازه‌گیری شده ( $N$  نمونه)؛

$\mu$  مقدار متوسط حمل رسوب اندازه‌گیری شده ( $N$  نمونه).

توصیه می‌شود که حداقل ۵ نقطه به فاصله‌های مساوی در امتداد شکل بستر و ۱۰ نمونه در هر مکان جمعاً به میزان ۵۰ نمونه انتخاب گردد. همه اندازه‌گیری‌ها باید به منظور حمل رسوب متوسط، متوسط‌گیری شوند.

خطای حمل رسوب متوسط در حدود ۱۰٪ خواهد بود (جدول ۱۱) و حمل رسوب متوسط بر مبنای ۵۰ نمونه در حدود مابین  $\pm 10\%$  از مقدار متوسط واقعی می‌باشد. در هر مکان، پروفیل سرعت باید اندازه‌گیری شود تا بتوان سرعت عمق متوسط ( $\bar{u}$ ) سرعت برشی بستر  $u$  و ارتفاع زبری کف ( $ks$ ) را تعیین کرد.

تعداد مکان‌های اندازه‌گیری (فاصله مساوی) در یک سطح مقطع به طور عمده به خطای درون‌یابی بستگی دارد. با توجه به شکل نمودارهای ۱۷ و ۱۸ و با پذیرش خطای درون‌یابی نسبی معادل ۱۵٪، حداقل ۷ مکان در مقطع مورد نیاز است. در هر مکان نیز، تقریباً ۵۰ نمونه باید گرفته شود تا خطای نسبی ۱۰٪ در حمل رسوبات به دست آید (جدول ۱۳). بنابراین، در حدود ( $7 \times 50 = 350$ ) نمونه برای بدست آوردن خطای نسبی کلی  $20\% \approx (15^2 + 10^2)^{1/2}$  به منظور تعیین نرخ حمل رسوب کف لازم است.

تعداد نمونه‌ها (شامل تغییر دادن موقعیت قایق و غیره)، که قابل جمع‌آوری در طول یک روز می‌باشد، در حدود ۵۰ نمونه است. بنابراین برای تکمیل یک مقطع، مدت ۷ روز نیاز است.

کاهش حجم اندازه‌گیری، باعث کاهش دقت در نتایج اندازه‌گیری خواهد شد. برای مثال، با در نظر گرفتن ۳ مکان در طول شکل بستر با ۵ نمونه در هر مکان و ۷ مکان در امتداد عرض مقطع ( $3 \times 5 \times 7 = 105$ ) نمونه را نتیجه می‌دهد که قابل جمع‌آوری در طول ۲ روز است. عدم دقت نسبی نرخ حمل رسوب موضعی (بر

اساس  $(3 \times 5 = 15)$  نمونه در حدود ۳۰٪ خواهد بود (جدول ۱۳). خطای نسبی کلی حمل رسوب کف رو تجمعی در مقطع، در حدود  $35\% \approx (15^2 + 30^2)^{1/2}$  برآورد می‌گردد. (۱۵٪ مربوط به خطای درون‌یابی نسبی حداقل ۷ مکان در مقطع می‌باشد).

## ۶ نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رسوب در مخزن سد

### ۱-۶ کلیات

رسوبات مخازن سدها و دریاچه‌ها، حاصل تخریب و فرسایش سازندهای آذرین، دگرگونی و رسوبی حوضه‌ها ی آبریز و مسیر رودخانه‌ها است.

تخریب و فرسایش در حوضه‌های آبریز، بر اثر فعالیت‌های هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها و تشکیلات موجود در آن‌ها ایجاد می‌گردد. بارندگی‌های با شدت زیاد و مدت زمان کوتاه عامل اصلی تولید سیلاب در حوضه‌های آبریز و مسیر رودخانه‌ها بوده و بر اثر ایجاد سیلاب مقادیر زیادی از مواد و مصالح رسوبی درشت و ریزدانه از قبیل قطعه سنگ، قلوه سنگ، شن، ماسه، سیلت و رس از حوضه جدا شده و به همراه جریان آب در مسیر رودخانه منتقل می‌شوند. بر اثر احداث سدهای مخزنی، بخش اعظم این رسوبات به دریاچه پشت سد وارد شده و با توجه به قوانین هیدرودینامیکی حاکم در مخزن و فعالیت دریاچه‌های بدنه سد در آن ته‌نشین می‌شود. رسوبات دانه‌درشت در اندازه قلوه سنگ و شن، عموماً در مدخل ورودی رودخانه به مخزن ترسیب می‌گردند. به دلیل آنکه با ورود رودخانه به مخزن سرعت جریان آن کاهش می‌یابد، بار معلق نیز به صورت جریان غلیظ در طول دریاچه مخزن سد حرکت کرده و به مرور ته‌نشین می‌شود.

به منظور شناخت خواص فیزیکی و شیمیایی رسوبات ته‌نشین شده در مخزن، به انجام مطالعات رسوب شناسی نیاز می‌باشد. بنابراین برداشت نمونه‌های رسوبی دست‌خورده و دست‌نخورده و بررسی آزمایشگاهی آن‌ها در مطالعات وضعیت ته‌نشست رسوبات و همچنین تخلیه رسوبات از مخزن به روش‌های مختلف، دارای اهمیت به‌سزایی خواهد بود.

مواد رسوبی، در محیط‌های مختلف ته‌نشین می‌شوند و در نتیجه برای تجزیه و تحلیل این مواد رسوبی، اهداف متفاوتی مد نظر قرار می‌گیرد. رسوبات در محیط‌های مختلف بر اساس اهدافی مانند بررسی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیست محیطی یا شناخت و اندازه‌گیری سموم و عناصر غیر مفید، نمونه‌برداری و جمع‌آوری می‌شوند.

با توجه به خصوصیات ذاتی رسوبات در نمونه‌های مختلف، روش‌های متفاوتی برای جمع‌آوری آن‌ها پیشنهاد، ارزیابی و درنهایت انتخاب می‌شود. این انتخاب روش، براساس منطقه یا محل نمونه‌برداری و اهداف نمونه‌برداری، برنامه‌ریزی می‌شود.

به طور کلی، انتخاب بهترین روش نمونه‌برداری و به کارگیری دستگاه مناسب برای انجام عملیات نمونه‌برداری رسوب، به موارد زیر وابسته است:

- هدف از نمونه‌برداری؛
- محل یا موقعیت تکوین رسوبات؛
- خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست محیطی رسوبات.

پس از تعیین محل نمونه برداری و روش آن، برداشت نمونه‌های رسوب به دنبال آن انجام می‌گردد. در این راهنما، حداقل موارد مورد نیاز برای ارتقای کیفیت و چگونگی نمونه برداری رسوب کف مخازن سدها بررسی و پیشنهاد می‌گردد. با توجه به این که نمونه برداری عموماً در صحرا انجام گرفته و تهیه راهنما و دستورالعمل منطبق با خصوصیات جغرافیایی، اقلیمی و ریخت‌شناسی هر منطقه تا حدودی متفاوت می‌باشد. بنابراین تهیه یک دستورالعمل عمومی که دربرگیرنده تمامی موارد باشد، کاری بسیار دشوار است. با این وجود، سعی شده است که موارد عمومی و مهمی که در کشورهای پیشرفته نیز رعایت می‌گردد و منطبق بر وضعیت اقلیمی کشور است، در این راهنما آرایه شود.

## ۶-۲ برنامه‌ریزی و تهیه نقشه‌های عملیاتی نمونه برداری رسوبات

نمونه برداری مواد و مصالح رسوبی نسبت به نمونه برداری آب، نیازمند صرف هزینه بیشتر و به کارگیری نیروی انسانی و تجهیزات فنی پیشرفته‌تری می‌باشد. برنامه نمونه برداری رسوبات در محیط‌های مختلف رسوبی مانند مخازن سدها، دریاچه‌ها، مناطق فاضلابی، حوضه‌های آبریز، رودخانه‌ها، دشت‌های سیلابی، مرداب‌ها و ... قبل از انجام عملیات باید تعیین شده و مورد تصویب مدیریت پروژه قرارگیرد. به منظور برنامه‌ریزی در عملیات نمونه برداری، باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

### ۶-۲-۱ توصیف پروژه

در برنامه نمونه برداری، شرح مختصری از توصیف پروژه شامل موارد زیر درج می‌شود:

- اهداف نمونه برداری رسوب،
- مرور کلی بر اطلاعات، مدارک و گزارش‌های مطالعات قبلی رسوبی منطقه و ارزیابی آن‌ها تا حد زیادی در برنامه ریزی مطالعات جدید مفید می‌باشد. شرح مختصری از اطلاعات و نتایج مربوط به مطالعات گذشته باید در برنامه جدید نمونه برداریها آورده شود. با توجه به نمونه برداریهای گذشته و نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی حاصل از آن‌ها، روش‌های مختلف نمونه برداری، برنامه زمانبندی تحلیلی و کارهای آزمایشگاهی تعیین می‌گردند.
- برنامه نمونه برداری به صورت کوتاه مدت یا توسعه دوره ای آن؛
- مطالعات برنا مه ریزی شده؛
- چگونگی استفاده از اطلاعات نمونه‌های رسوب و نوع کاربرد آن؛
- چگونگی استفاده از اطلاعات نمونه‌های رسوبی؛
- نتیجه گیری از نمونه برداری رسوب؛
- شناسایی و تحلیلهای آزمایشگاهی نمونه‌های رسوب؛
- تعیین عوامل مورد استفاده در تحلیل داده‌های رسوبی؛
- تعیین تعداد و نوع نمونه‌های رسوبی؛
- تعیین ایستگاههای مرجع در نمونه برداری برای تأمین اهداف پروژه؛
- تحلیلهای آماری در نمونه برداری و معیارهای موجود در خطاهای مجاز؛
- استانداردها و معیارهای قبلی (زمینه) برای مقایسه نتایج تحلیل داده‌ها؛

- تهیه گزارش اطلاعات رسوبی؛
  - تهیه پرونده اطلاعات رایانه‌ای و نقشه موقعیت محل نمونه‌ها با توجه به اهداف خاص پروژه؛
  - مواقعی از سال که عملیات نمونه‌برداری امکان‌پذیر است، باید در طول فعالیت‌های مورد نظر در برنامه، نمونه‌برداری‌ها مورد توجه و بررسی قرار گیرند. فصل‌های کم آبی که جریان رودخانه کاهش یافته و ارتفاع و حجم آب در داخل مخازن سدها به حداقل می‌رسد، بهترین زمان برای نمونه‌برداری-ها است. شرایط مذکور عموماً در فصول تابستان و پاییز ایجاد می‌گردد و اکثر نمونه‌برداری‌ها و عملیات صحرائی در این فصل‌ها به انجام می‌رسد. در فصل زمستان به دلیل برودت و سرمای هوا انجام عملیات در برخی مناطق سردسیر امکان‌پذیر نبوده ولی در مناطق گرمسیر، این فصل برای عملیات نمونه‌برداری مناسب می‌باشد. تغییرات فصلی نشست رسوبات در مخازن سدها و دریاچه‌ها و همچنین کیفیت آن‌ها معمولاً به نوسانات بده ورودی به مخزن و چگونگی فرسایش و تخریب در حوضه آبریز و مسیر رودخانه (بستر و دیواره) وابسته است.
  - انتخاب محل، موقعیتهای نمونه‌برداری یکی از مهم‌ترین بخش‌های برنامه‌ریزی فرآیند نمونه‌برداری به حساب می‌آید. انتخاب محل نمونه‌برداری باید براساس کیفیت داده‌ها، اهداف مطالعات و منابع قابل دسترسی انجام گیرد.
- به منظور انتخاب محل نمونه‌برداری در آغاز نقشه محدوده مورد مطالعه تعیین گردیده و محل نمونه‌برداری‌ها روی آن پیاده می‌شود. براساس این نقشه و با توجه به خصوصیات فیزیکی و یا شیمیایی رسوبات نمونه-برداری شده، نقشه‌های تخصصی بعدی تهیه و ترسیم می‌گردد.
- روش شبکه‌بندی مخازن سدها برای انجام مطالعات رسوب‌سنجی و رسوب‌شناسی و به منظور اندازه‌گیری-های عمقیابی و نمونه‌برداری رسوبات بستر انجام می‌شود. در تعیین نقاط شاخص ساحلی و طراحی شبکه مقاطع عرضی و طولی در مخزن سد، مراحل مختلفی از عملیات نشانه‌گذاری و نقشه‌برداری انجام می‌شود. که در زیر درخصوص آن‌ها توضیحاتی داده می‌شود.

#### ۶-۲-۲ تعیین محل، تعداد و فواصل پروفیل‌ها (مقاطع) و نمونه‌های رسوبی

##### ۶-۲-۲-۱ تعیین محل نمونه‌برداری‌ها

در سامانه شبکه‌بندی دریاچه مخزن سد، برای انجام عملیات عمقیابی و نمونه‌برداری رسوبات ته‌نشین شده در بستر مخزن، با توجه به وضعیت ریخت‌شناسی بستر و موقعیت شکل محدوده آبگیر(از نظر ورودی یک یا چند رودخانه به مخزن) سطح دریاچه سد به وسیله خطوط موازی مقطع‌بندی می‌شود.

شبکه مقاطع یا پروفیل‌های نمونه‌برداری رسوب باید طوری انتخاب شود که تا حد امکان ریخت‌شناسی کف مخزن را به خوبی در برگیرد. از این رو، مقاطع موازی را که همچنین عمود بر جریان اصلی می‌باشند، باید طوری علامت‌گذاری کرد که از کلیه پستی و بلندی‌های کف مخزن عبور کند (در این بخش، بررسی نقشه-های توپوگرافی و آبنگار تهیه شده در گذشته نیز کمک مؤثری می‌کند).

در صورتی که مخزن دارای پیچ و خم‌های زیادی باشد، باید آن‌را به قطعات کوچک‌تر تقسیم کرد و مقاطع نمونه‌برداری محصور در هر قطعه را به طور موازی علامت‌گذاری کرد. در مورد مخازن کوچک می‌توان

محوری را که عمود بر تاج سد است به عنوان محور مبنا انتخاب و کلیه مقاطع نمونه برداری را عمود بر آن انتخاب کرد.

#### ۶-۲-۲-۲-۲ فواصل و تعداد مقاطع نمونه برداری

فاصله بین مقاطع موازی در طول دریاچه سد، به دقت نمونه برداری های رسوب وابسته می باشد. در مخازنی که مرحله اول نمونه برداری و مطالعات رسوب شناسی در آنها انجام می شود، باید تعداد بیشتری از نمونه های دست خورده و دست نخورده برداشت شود. علاوه بر این، هر چه مقیاس نقشه محدوده دریاچه بزرگ تر باشد، فواصل مقاطع موازی کمتر و در نتیجه تعداد آنها بیشتر می شود (مقیاس ۱:۱۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰) و برعکس هر چه وسعت دریاچه مخزن سد بزرگ تر و در نتیجه مقیاس نقشه کوچک تر شود، فاصله خطوط نمونه برداری از یکدیگر بیشتر و تعداد آنها کمتر خواهد شد (مقیاس ۱:۵۰۰۰).

برای جلوگیری از خطاهای ناشی از نمونه برداری، باید تعداد مقاطع نمونه برداری را در مخازن کوچک (مخازنی که طول آنها از ۱ کیلومتر بیشتر نباشد) افزایش داده و به تعداد ۲۵ مقطع در هر کیلومتر رساند. تعداد مقاطع نمونه برداری در مخازن بزرگ، به شکل مخزن و سواحل آن بستگی دارد. مخازنی که حالت دره ای داشته و شیب دیواره ها و سواحل آن تند باشند، فاصله مقاطع نمونه برداری در آنها بیشتر (۲ عدد در هر کیلومتر) است.

مخازنی که از ریخت شناسی باز و غیر دره ای برخوردار بوده و شیب سواحل آن ملایم باشند، فواصل مقاطع نمونه برداری در آنها کمتر و تعداد آنها بیشتر می شود (۵ مقطع در هر کیلومتر). همچنین می توان برای افزایش دقت نمونه برداری ها، تعداد مقاطع موازی را در مناطق ورودی شاخه اصلی و شاخه های فرعی به مخزن سد یعنی در محلی که وضعیت بستر به علت شستشو یا ته نشینی رسوبات دائماً در حال تغییر است، افزایش داد. مقطع بندی شاخه های فرعی، بدین صورت انجام می گیرد که ابتدا اولین پروفیل در دهانه شاخه فرعی علامت گذاری و سپس محل مقاطع بعدی به روش شاخه اصلی مشخص می گردد.

#### ۶-۲-۲-۲-۴ تعداد نمونه های رسوبی دست خورده و دست نخورده در هر مقطع

در مقاطع باز و غیر دره ای، به دلیل ته نشین رسوبات در یک گستره وسیع، دو نمونه رسوبی دست خورده در سمت چپ و راست مقطع و نزدیک به دیواره های ساحلی، یک نمونه رسوبی دست خورده در قسمت عمیق مقطع (جایی که بیشترین میزان ارتفاع رسوب ته نشین شده) برداشت می شود. روی هر مقطع نمونه برداری، یک نمونه دست نخورده از عمیق ترین قسمت مقطع و محلی که بیشترین رسوب در آن محل ته نشین شده برداشت می شود. علاوه بر این، در محل تجمع رسوبات ریزدانه در مقابل دیواره سد و در مدخل ورودی شاخه های فرعی به مسیر اصلی دریاچه سد تعداد بیشتری از نمونه های دست نخورده نمونه برداری می شود.

نظر به اینکه عملیات نمونه برداری دست نخورده خصوصاً در آبهای عمیق و در سدهایی که دارای رسوبات متراکم و سخت می باشند با مشکلاتی مواجه است در نتیجه تعداد نمونه های رسوبی دست نخورده در مخزن



سد، به مراتب کمتر از نمونه‌های دست‌خورده می‌باشد. در مخازنی که ضخامت رسوب ته نشین شده ناچیز باشد، امکان برداشت نمونه‌های دست‌نخورده میسر نیست.

### ۳-۶ مراحل عملیاتی نمونه‌برداری از رسوبات بستر مخازن

در این بخش، مراحل مختلف نمونه‌برداری از رسوبات ترسیب شده در مخزن سد، بررسی و برای نمونه‌برداری از رسوبات راهنمایی تدوین شده است.

مرحله آماده‌سازی امکانات و تجهیزات نمونه‌برداری و تهیه وسایل لازم برای عزیمت به محل نمونه‌برداری بسیار با اهمیت است. اشتباه‌ها و عدم تهیه ملزومات لازم که بطور سهوی اتفاق می‌افتد قبل از رسیدن کارکنان به محل نمونه‌برداری مشخص نمی‌گردد.

بهترین روش موثر آماده‌سازی امکانات برای ماموریت‌های نمونه‌برداری، تهیه یک لیست از نیازها و کنترل آن برای بررسی و آماده‌سازی کلیه امکانات مورد نیاز یک پروژه نمونه‌برداری رسوب می‌باشد.

### ۱-۳-۶ تجهیزات و وسایل مورد نیاز

فهرستی از تجهیزات و وسایل نمونه‌برداری رسوب در زیر آورده شده است:

- انواع بطری‌ها و یا کیسه‌های نمونه‌گیری رسوب به انضمام تعدادی مازاد بر نیاز برای اطمینان؛
- امکانات شناوری در سطح دریاچه مخزن سد به منظور استقرار در ایستگاه نمونه‌برداری؛
- موتور قایق با قدرت کافی به انضمام یک موتور اضافی برای اطمینان؛
- محفظه برای تأمین سوخت قایق به انضمام محفظه اضافی به عنوان محفظه یدک؛
- لنگرهای سنگین برای استقرار و ثابت کردن قایق در سطح دریاچه خصوصاً به هنگام متلاطم بودن سطح آب دریاچه سد؛
- جرثقیل برای برداشت نمونه‌های دست‌نخورده به روش ثقیلی و یا چنگک‌های دوکفه ای برای نمونه‌های دست‌خورده؛
- دستگاه عمقیاب و متعلقات آن برای تعیین موقعیت عمق در ایستگاه نمونه‌برداری؛
- دستگاه فاصله‌یاب و متعلقات آن برای تعیین موقعیت مکانی (فاصله) محل استقرار قایق در ایستگاه نمونه‌برداری رسوب؛
- دستگاه GPS و متعلقات آن برای تعیین موقعیت نقاط ساحلی؛
- باتری اتومبیل و باتری قابل شارژ و قابل حمل سبک به تعداد کافی؛
- شارژ باتری اتومبیل؛
- جریان سنج برای اندازه‌گیری سرعت در صورت لزوم؛
- دوربین نقشه‌برداری (تئودولیت) برای مسیریابی در سطح دریاچه و تعیین زوایا نسبت به موقعیت-های شاخص؛
- ژالون و منشور منعکس کننده به تعداد کافی؛
- ابزار نمونه‌برداری شامل نمونه‌بردارهای چنگکی و مغزه گیر؛
- کنداکتیوی‌متر و کدورت سنج؛

- یخ‌دان و سردکننده‌های نمونه؛
  - دفاتر یادداشت و ثبت اطلاعات اندازه‌گیری‌ها؛
  - نقشه‌های توپوگرافی با علائم مشخص از محل نمونه‌برداری‌ها؛
  - جلیقه نجات، بادگیر و بارانی به تعداد کافی (با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه)؛
  - چکمه‌های بلند و طناب به میزان کافی؛
  - جعبه ابزار برای انجام برخی تعمیرات مکانیکی قایق؛
  - جعبه ابزار برای انجام برخی تعمیرات الکترونیکی دستگاه‌های اندازه‌گیری؛
  - پمپ‌های باد برای استفاده در بادکردن قایق‌های لاستیکی (بادی)؛
  - پرچم و علائم نشانه گذاری؛
  - بطری‌های حاوی آب مقطر برای استفاده صحرائی؛
  - پارچه و حوله برای پاک کردن تجهیزات به مقدار کافی؛
  - برچسب‌ها و نشانه‌گذارها؛
  - دستکش‌های پلاستیکی و چرمی برای انجام نمونه‌برداری رسوب؛
  - تعدادی سطل، پمپ آب و لوله؛
- کلیه تجهیزات و ظروف جمع‌آوری و نمونه‌برداری رسوب از قبیل لایروب‌ها<sup>۱</sup>، مغزه‌گیرها<sup>۲</sup>، قاشق‌ها<sup>۳</sup>، پیمانها<sup>۴</sup> و سینی‌ها یا تشت‌های ترکیب<sup>۵</sup> مواد رسوبی که قصد استفاده از آن می‌باشد، باید قبل از استفاده با مواد پاک‌کننده با روش‌های زیر تمیز شوند:
- شستشو با آب و مایع صابون؛
  - شستشو با آب معمولی؛
  - شستشو با آب مقطر؛
  - شستشو با الکل متیلیک (متانول)؛
  - خشک کردن وسایل؛
- تجهیزات خشک و غیرآلوده را باید در ورق آلومینیومی پیچیده و یا در کیف‌های پلاستیکی در بسته قرار داد.
- علاوه بر این کلیه دستگاه‌ها و تجهیزات نمونه‌برداری از قبیل عمق‌یاب، فاصله‌یاب و یا دستگاه‌های مکانیکی یا الکترونیکی و همچنین کنداکتیوی‌متر، PH متر و غیره قبل از نمونه‌برداری باید واریسی و کنترل شوند تا از خطاهای احتمالی و اتلاف وقت در صحرا جلوگیری شود.

---

1 - Dredge  
 2 - Corer  
 3 - Spoon  
 4 - Scoop  
 5 - Compositing Tray

### ۶-۳-۲ تعیین و نصب نقاط نشانه ساحلی

پس از شناسایی محدوده دریاچه سد، توسط علائم موقت (میخ‌های چوبی) تعدادی نقاط شاخص در یک سمت ساحل مخزن و در محل‌های مناسب و با فاصله تقریبی حدود ۱۰۰ متر تا ۲۰۰ متر از یکدیگر انتخاب می‌گردند. نقاط شاخص ساحل مقابل با انجام عملیات نقشه‌برداری و به کمک پیاده کردن زوایای مکمل به صورت خطوط موازی با محور شاخص (معمولاً محور تاج سد) انجام می‌شود. نقاط شاخص ساحلی به گونه‌ای تعیین می‌گردند که اولاً نسبت به سطح دریاچه سد و نقاط بعدی و قبلی خود دید کافی داشته و ثانیاً محل این نقاط با فاصله‌ای بالاتر از داغ آب (حداکثر تراز دریاچه) قرار گیرد.

به منظور ثابت شدن نقاط موقت، می‌توان در محل کلیه میخ‌های چوبی، تعدادی بلوک‌های سیمانی یا بتونی آرماتوردار به ابعاد  $50\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 20\text{ cm}$  جای‌گزین کرد.

پس از نصب بلوک‌های سیمانی و رنگ آمیزی آن‌ها، کلیه نقاط ساحلی با حروف R و L در سمت راست و چپ سواحل مخزن مشخص شده و به وسیله اعداد متوالی شماره‌گذاری می‌گردند.

### ۶-۳-۳ پلیگون‌بندی و تعیین و پیاده‌سازی مختصات نقاط شاخص ساحلی

به منظور تعیین موقعیت مسطحاتی نقاط شاخص ساحلی یک یا چند پلیگون با استفاده از نقاط شاخص (رئوس پلیگون) شناسایی و مشخص می‌گردد. زوایای چند ضلعی ایجاد شده با دوربین تئودولیت و طول‌های اضلاع مربوط به آن با فاصله‌یاب قرائت شده، و به کمک نقاط ثابت دارای مختصات مشخص، نقاط شاخص ساحلی محدوده مخزن سد نیز به دستگاه مختصات شبکه مثلثاتی کشوری (سامانه U.T.M) متصل می‌شود. پس از انجام محاسبات مربوط به خطاها، مختصات  $(X, Y, Z)$  نقاط ساحلی تعیین خواهد شد. در سال‌های اخیر، به دلیل پیشرفت فن‌آوری و به کمک دستگاه‌های مختلف GPS، تعیین موقعیت مختصاتی نقاط، بدون انجام عملیات زمینی نقشه‌برداری (پلیگون‌بندی و نیولمان) انجام‌پذیر می‌باشد. با به کارگیری این سامانه برای تعیین مختصات نقاط شاخص، تا حد زیادی از انجام عملیات صحرائی و صرف وقت و هزینه کاسته می‌شود.

### ۶-۳-۴ شماره‌گذاری مقاطع عرضی نمونه‌برداری

شماره‌گذاری مقاطع موازی برای نمونه‌برداری رسوب به دو طریق عددی و کیلومتری انجام می‌گیرد. در روش عددی محل مقاطع به وسیله اعداد متوالی بدین صورت مشخص می‌شود که نزدیک‌ترین مقطع به دیواره سد با عدد ۱ شماره‌گذاری شده و مقاطع بعدی به ترتیب شماره‌های متوالی را به خود اختصاص می‌دهند. این روش در مورد شاخه‌های فرعی نیز با شماره‌گذاری اولین مقطع در دهانه آن‌ها انجام می‌گیرد. موقعیت انتهای مقاطع در این روش با حروف R (راست) و L (چپ) مشخص می‌گردد.

راست یا چپ بودن انتهای مقاطع نسبت به پایین‌دست رودخانه تعیین می‌گردد. همچنین می‌توان برای تعیین موقعیت انتهای مقاطع از جهت‌های جغرافیایی N (شمال)، S (جنوب)، W (غرب) و E (شرق) استفاده نمود.

در مواردی که مترآژ طول رودخانه مشخص شده باشد، می‌توان برای مشخص کردن مقاطع نمونه‌برداری، از کیلومترآژ رودخانه استفاده کرد، بدین ترتیب، شماره مقاطع معرف فواصل بین آن‌ها نیز خواهد بود.

### ۶-۳-۵ ملاحظات عملیاتی

یکی از مسئولیت‌های کارکنان صحرایی، برقراری و راه‌اندازی کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری به صورت دقیق است. بنابراین در اولین بازدید از منطقه نمونه‌برداری باید یک توصیف کامل از محل قرارگیری هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری نوشته و تهیه گردد.

در ابتدا، روی یک نقشه توپوگرافی با مقیاس مشخص، از محدوده آبگیر مخزن سد یا محدوده مورد نظر برای نمونه‌برداری، محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوب با علائم مشخص تعیین شده و اطلاعات پایه از نظر طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع هر ایستگاه مشخص گردد. تعیین مختصات مورد نظر به کمک دستگاه GPS امکان‌پذیر می‌باشد.

یک عملیات نمونه‌برداری موفق همیشه شامل جزییات و نکات برداشت شده از صحرا بوده و اطلاعات خاص راجع به وقایع بدون اهمیت ظاهری مانند زمان یا شرایط آب و هوایی و... دارای اهمیت فراوان است. یادداشت مخصوص مشخصات صحرایی باید حاوی موارد زیر باشد:

- نام منطقه نمونه‌برداری؛
- تاریخ و زمان نمونه‌برداری؛
- عمق ایستگاه نمونه‌برداری؛
- نام افراد تیم شرکت کننده در عملیات؛
- خصوصیات بارز رسوب؛
- بافت و رنگ و ساختارهای خاص رسوب؛
- اثرهای باقی مانده مانند مواد آلی موجود در نمونه‌های رسوب؛
- وجود درخشندگی یا جلای روغنی در رسوب؛
- بوی خوش یا بد از رسوب؛
- خصوصیات بارز در مقاطع عمودی و عرضی محل برداشت رسوب، و عمق نفوذ نمونه‌بردار در داخل رسوب.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### کتابنامه

- ۱- برنامه ریزی آزمایش های رسوب، نشریه شماره ۲۲۲، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ۱۳۸۰.
- ۲- راهنمای آزمایش هیدرومتری برای دانه بندی لای و رس، پیش نویس استاندارد شماره ۱۳۶۸-۷۲ الف، وزارت نیرو.
- ۳- رحیمی، حسن، ۱۳۷۱، مکانیک خاک، انتشارات قائم.
- ۴- طاحونی، شاپور، ۱۳۷۲، اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد دوم مهندسی پی.
- ۵- غلامی شهربابک، هوشنگ، نمونه برداری و پردازش داده های رسوب، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۶.
- ۶- فروزان تبار، علی اصغر، پیش نویس و دستورالعمل نمونه برداری بار کف، سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، ۱۳۷۶.
- ۷- فهرست خدمات مرحله شناسائی رسوب سنجی و رسوب شناسی در مخازن سدهای در دست بهره برداری، پیش نویس استاندارد شماره ۱۳۶۴ - ۲۲ وزارت نیرو.
- ۸- گزارش مطالعات رسوب سنجی و رسوب شناسی سد مخزنی چاه نیمه - مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۹.
- ۹- گزارش مطالعات رسوب سنجی و رسوب شناسی سد مخزنی ساوه - مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۶.
- ۱۰- گزارش مطالعات رسوب سنجی و رسوب شناسی سد مخزنی شهید کاظمی (بوکان) - مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۴.
- ۱۱- گزارش رسوب سنجی و رسوب شناسی مخزن سد دز، مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو، ۱۳۶۵.
- ۱۲- گزارش رسوب سنجی و رسوب شناسی مخزن سد استقلال میناب، مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو، ۱۳۶۵.
- ۱۳- گزارش مطالعات رسوب سنجی و رسوب شناسی سد مخزنی مهاباد - مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۵.
- ۱۴- وفائیان، محمود، ۱۳۷۴، آزمایش های مکانیک خاک، انتشارات سپاهان و ارکان.
- 15- Anderson, A.C. (1975). "Comparison of Direct and Indirect Method of Measuring of Suspended Sediment Transport", st, Anthony Falls Hydr. Lab., Univ. of Minnesota, USA
- 16- EPA. 2001. Sediment Sampling Guide and Methodologies. (2nd Edition) State of Ohio Environmtnal Agency.
- 17- Hosseini, K., 1999, "Relation entre la rigidite initiale et la cohesion non draineedans les vases molles ; relation avec dynamique sedimentaire", These doctorat de 3eme cycle, Ecole centrale de Nantes, 162p.
- 18- Kristine Bunte, Steven R.Abt, May 2001, "Sampling Surface and subsurface particle – size Distributions in Wadable Gravel – and Cobble – Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics and Streambed Monitoring, USDA
- 19- Lake and stream Bottom Sediment Sampling Manual. HTML Created : Mar 1988 – British Colombia Published The Resources inventory Committee
- 20- Mehta, A.J., 1986, "Characterization of cohesive sediment properties and transport processes in estuaries", Estuarine Cohesive Sediment Dynamics, Springer-Verlag, New York, pp. 290-325.

- 21- Migniot, C., 1982, "Étude de la dynamique sédimentaire marine, fluviale et estuarienne", Thèse de doctorat d'État, Université de Paris – Sud, 470 p.
- 22- Migniot, C., 1989, "Tassement et rhéologie des vases", La Houille Blanche, No. 1 & 2, pp. 1-29 & 95-111.
- 23- Mulder, H. P. J., Kolk, A. C. Vander and Koshiek, L. H. M. (1985) "Measurements of Suspended Sand Concentration and Velocity in the Eastern Scheldt Estuary, the Netherlands", Euromech 192, Munich, West – Germany
- 24- Ohio Epa Sediment sampling Guide And Methodologies. State of Ohio – Environmental Protection Agency.
- 25- Perigaud, E., 1985, "Mécanisme de l'érosion des vases", La Houille Blanche, No. 7/8 pp. 501-512.
- 26- Roberta. Taft, Governor – Christopher Jones Director – November 2001
- 27- "Sediment Transport Technology"-Proceedings Volume 2- June 5 – June 30, 1995, Ankara – Turkey
- 28- Soulsby, R. L., Salkield, A. P., Haine, R. A. and Wain Wright, B. (1985), "Observation of The Turbulent Fluxes of Suspended Sand Near the Sea Bed", Euromech 192, Munich, West – Germany.
- 29- Thomas K. Edwards and G. Douglas Glysson, 1999, "Field Methods for Measurement of Fluvial Sediments" USGS.
- 30- Thomas K. Edwards & G. Douglas Glysson, "Techniques of Water Resources Investigation of the U.S. Geological Survey" Book 3. "Application of Hydraulics, chap 2" Field Methods for Measurement of Fluvial Sediment
- 31- Van Rijn, L. C., 1993, "Principles of Sediment Transport in Rivers, and Estuaries and Coastal Seas" AQUA Publicatio
- 32- Vidalie, J.F., 1976, "Relations entre les propriétés physico-chimiques et les caractéristiques mécaniques des sols compressibles", Thèse doctorat de 3ème cycle Université de Paris – Sud, 92p.
- 33- WIDNR, 1998. Field procedures Manual Sediment Sampling Guide lines. Wisconsin Department of Natural Resources
- 34- Colby, B.R., 1963 "Fluvial Sediments – A summary of source, transportation, deposition, and measurement of sediment discharge U.S. Geological Survey Bulletin.
- 35- Guy, H.P., 1970 Fluvial Sediment concepts. U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations.
- 36- Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P., 1964, Fluvial processes in geomorphology : San Francisco, California, W.H. Freeman and Company.