

اندازه‌گیری و بررسی خطاها در نمونه‌برداری بار معلق و بار بستر

اندازه‌گیری و بررسی خطاها در نمونه‌برداری بار معلق و بار بستر

پیش‌گفتار

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

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و از این رو دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت مدیریت منابع آب ایران در جهت نیل به این هدف، با مشخص نمودن رسته های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته‌های تخصصی نموده که نظارت بر تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می گردد :

- استفاده از تخصص و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرح‌ها
- پرهیز از دوباره کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها به نوعی در ارتباط با تهیه استانداردهای مهندسی آب می باشد موجب امتنان خواهد بود.

ترکیب اعضاء کمیته

دکترای هیدرولیک	آقای حسن احمدی
فوق لیسانس آبیاری و آبادانی	خانم زهرا ایزدپناه
فوق لیسانس منابع آب	آقای فیروز بهادری خسروشاهی
دکترای مکانیک خاک	آقای مرتضی پاکزاد
دکترای هیدرولیک	آقای چنگیز فولادی
لیسانس راه و ساختمان	خانم کیاندرخت کباری

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۳	۱- اندازه گیری و بررسی خطاها در نمونه برداری بار معلق
۳	۱-۱ انتخاب قائم‌های نمونه برداری
۵	۲-۱ انتخاب نقاط نمونه برداری در روش PI
۷	۳-۱ سرعت حرکت نمونه بردار در روش DI
۷	۴-۱ بررسی خطاهای حاصل از نمونه برداری
۱۱	۲- اندازه گیری بار بستر
۱۷	۳- منابع و مآخذ

مقدمه

نمونه‌برداری از جریان رسوب رودخانه‌ها به دو منظور صورت می‌گیرد :

الف - تعیین غلظت بار معلق

ب - تعیین دانه‌بندی رسوبات بار معلق و بار بستر

ابتدا نمونه‌های رسوبات بار معلق با اهداف تعیین غلظت بار معلق و تعیین دانه‌بندی رسوبات بار معلق و بار بستر انجام می‌شود. سپس آزمایش‌های مربوط به تعیین غلظت و دانه‌بندی صورت می‌گیرد و بالاخره انجام محاسبات ضروری روی نتایج حاصل از آزمایش‌ها انجام می‌شود.

سه مرحله فوق یعنی نمونه‌برداری، آزمایش و محاسبات که اجزاء و مؤلفه‌های تشکیل دهنده مراحل محاسبات رسوب هستند دارای خطاهای مختلفی هستند که هریک ناشی از عامل خاصی بوده و میزان تأثیر معینی دارد. خطای ناشی از آزمایش‌ها و دقت دستگاههای اندازه‌گیری جهت تعیین غلظت و دانه‌بندی در دیگر استانداردهای مربوط به این آزمایش‌ها بررسی شده است. در این پیش‌نویس خطا و دقت مربوط به مرحله نمونه‌برداری و محاسبات بحث شده است.

دقت و خطای مستتر در بطن عملیات نمونه‌برداری و انجام محاسبات لازم، طبعاً در نگرش نخست ارتباط تنگاتنگ خود را با مهارت و دقت عوامل انسانی درگیر در مسئله نشان می‌دهند. ولی عوامل انسانی قابل طبقه‌بندی نیستند و فقط با آموزش صحیح و تمرین مداوم می‌توان در جهت بهبود دقت و کاهش خطا گام برداشت، کیفیت و دقت تجهیزات و وسایل نمونه‌برداری و ابزار محاسباتی نیز، از همان دسته فاکتورهای انسانی می‌باشند که طبعاً با ایجاد امکانات بهتر نتیجه مطلوب‌تری حاصل می‌شود.

از این دو مسئله گذشته، پاره‌ای خطاها وجود دارند که ناشی از عوامل غیرانسانی بوده و وابسته به شرایط فیزیکی حاکم بر جو عملیات و برنامه‌ریزی آن می‌باشند، این خطاها را می‌توان کاست.

از جمله این خطاها می‌توان به خطای حاصله از موارد زیر اشاره نمود :

- انتخاب تعداد و محل قائم‌های نمونه‌برداری بار معلق
- انتخاب سرعت حرکت نمونه‌بردار بار معلق در امتداد قائم‌ها
- انتخاب نقاط نمونه‌برداری روی قائم‌ها از نظر تعداد و موقعیت
- انتخاب تعداد و محل قائم‌ها و یا به عبارت بهتر پای قائم‌ها در نمونه‌برداری بار بستر

ضروری است برای بررسی موارد فوق این عملیات دقیقاً شناخته شوند. اصولاً انواع مختلف نمونه‌برداری بار معلق شامل :

- نمونه‌برداری تجمعی در عمق^۱ (DI)

1 - Depth Integrated

- نمونه برداری تجمعی نقطه‌ای^۱ (PI)
- نمونه برداری با عرض متساوی^۲ (EWI)
- نمونه برداری با بده متساوی^۳ (EDI)

در این نشریه نمونه برداری بار بستر و بار معلق و همچنین روش‌های محاسباتی متناظر با این نوع نمونه برداری‌ها و اهداف هریک و تأثیر بین عوامل مختلف، بررسی و تجزیه و تحلیل شده است. به طور خلاصه این پیش‌نویس محتوی روش و دقت نمونه برداری و محاسبات مربوط به دقت و خطای مربوطه است. شرح و تفصیل دستگاه‌های نمونه برداری و عملیات فیزیکی لازم جهت بهره‌برداری از این دستگاه‌ها و همچنین محاسبات مختلف بار رسوبات در استانداردهای دیگری ارائه شده است.

1 - Point Integrated

2 - Equal Width Increments

3 - Equal Discharge Increments

۱- اندازه‌گیری و بررسی خطاها در نمونه‌برداری بار معلق

دستگاههای نمونه‌برداری بار معلق باید چنان انتخاب شوند که بتوان از نمونه‌برداریهای محدود انجام شده در یک زمان معین، غلظت متوسط رسوبات معلق و در نتیجه بار معلق را به‌دست آورد. لازم است نمونه‌هایی از نقاط مناسب یا قائم‌های مناسب با روش مناسب برداشته شوند.

۱-۱ انتخاب قائم‌های نمونه‌برداری

اگر نمونه‌برداری با روش تجمعی در عمق صورت گیرد، برای آنکه بتوان بعد از آنالیز این نمونه‌ها، غلظت متوسط در مقطع را با دقت خوبی به‌دست آورد، لازم است که محل قائم‌ها به‌طور صحیح انتخاب گردند. تعداد و محل قائم‌های مذکور بستگی به دقت در نظر گرفته شده برای محاسبه رسوب، شکل مقطع، نوع نتایج مورد نیاز از نمونه‌برداری، دانه‌بندی ذرات معلق و غیره دارد.

به‌طور کلی مبنای کار بر این است که غلظت متوسط مقطع از متوسط غلظتهای قائم‌های مختلف محاسبه شود، به شرطی که بده‌هایی که قائم‌ها معرف آن هستند در این محاسبه تأثیر داده شوند.

روشهای مختلف انتخاب قائم‌ها عبارتند از :

الف - یک قائم در وسط رودخانه

ب - یک قائم در خط‌القعر بستر (عمیق‌ترین نقطه عرض رودخانه)

ج - سه قائم در $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{3}{4}$ عرض رودخانه

د - سه قائم در $\frac{1}{6}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{5}{6}$ عرض رودخانه

هـ - چهار قائم یا بیشتر در نقاط وسط قطعات مساوی از عرض رودخانه با روش EWI

و - تعدادی قائم در نقاط وسط، قطعاتی نامتساوی از عرض بستر رودخانه متناسب با جریان مربوط به آن قطعات، یا روش EDI

واضح است انتخاب یک قائم در وسط یا عمیق‌ترین نقطه ساده‌ترین روش است. قائمی که به گودترین محل عرض بستر منطبق است نتیجه بهتری از قائم وسط رودخانه دارد، زیرا عمیق‌ترین نقطه، معمولاً بیشترین بده را دارد. انتخاب یک قائم وقتی توصیه می‌شود که رودخانه خیلی کوچک بوده و یا اندازه‌گیری متداول توسط مسئول مقیم صورت می‌گیرد و یا اینکه دقت زیاد مطرح نیست.

روش «ج» یعنی انتخاب قائم‌ها در $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{3}{4}$ عرض بستر بسیار متداول است. دقت این روش از روش یک

قائم بیشتر است. روش «د» یعنی انتخاب سه قائم در $\frac{1}{6}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{5}{6}$ عرض نیز مشابه روش «ج» است ولی کمتر

متداول است. در هر دو روش عرض بستر را به طور تقریب به سه قسمت با دبی مساوی تقسیم می کنند، با این تفاوت که اگر عمق رودخانه و سرعت آب در قسمتهای مختلف عرض بستر یکسان باشد روش «د»، این عمل را دقیق تر انجام می دهد. ولی چون یکنواخت بودن سرعت و عمق بندرت اتفاق می افتد روش «ج» دقت بیشتری دارد.

روش EWI نتایج دقیق تری دارد ولی باید زمان بیشتری صرف نمود. در این روش عرض بستر به ۱۰ تا ۲۵ قسمت مساوی تقسیم شده و قائمها در مراکز این قسمتها در نظر گرفته می شوند. سرعت حرکت نمونه بردار در تمام قائمها باید یکنواخت و مساوی باشد. ضمناً نمونه برداری باید با روش تجمعی در عمق (DI) صورت گیرد. بدین ترتیب حجم هر نمونه برداشت شده از یک قائم متناسب با بده آن قائم خواهد بود. هنگام آنالیز می توان تمام این نمونهها را مخلوط و غلظت مخلوط را تعیین نمود، این غلظت برابر غلظت متوسط مقطع خواهد بود.

در صورتی که نمونهها به صورت مجزا تجزیه شوند. می توان از روابط زیر استفاده نمود.

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i u_i d_i}{\sum_{i=1}^n u_i d_i}$$

$$Q_s = 10^{-6} \gamma_w Q_w C_m = 10^{-6} \gamma_w b \sum_{i=1}^n C_i d_i u_i$$

در این روابط :

C_i : غلظت وزنی نمونه برداشت شده از قائم شماره $i=1$ (وزن رسوب به وزن آب به اضافه رسوب)، (میلی گرم بر لیتر)

u_i : سرعت متوسط در مقطعی که قائم شماره i بر مرکز آن منطبق است (متر بر ثانیه)

d_i : عمق قائم شماره i (متر)

b : عرض یک قسمت از تقسیمات رودخانه (متر)

C_m : غلظت متوسط مقطع (نسبت وزنی) (میلی گرم بر لیتر)

γ_w : وزن مخصوص آب (کیلوگرم نیرو بر مترمکعب)

Q_w : بده کل رودخانه (مترمکعب بر ثانیه)

n : تعداد قائمها

Q_s : بار رسوبات معلق (کیلوگرم نیرو بر ثانیه)

اگر V_i حجم نمونه برداشت شده از قائم شماره i (سانتیمتر مکعب) و T_i زمان رفت و برگشت نمونه بردار در امتداد قائم شماره i (ثانیه) و A_n سطح مقطع شیپوره بطری نمونه بردار (سانتیمتر مربع) باشد :

$$U_i = \frac{V_i / T_i}{A_n} \times (\text{سانتی متر بر ثانیه}) \quad (3)$$

در روش «و» یا روش EDI، حجم نمونه‌های برداشت شده از تمام قائم‌ها یکسان است به شرط آنکه قائم‌ها چنان انتخاب شوند که معرف قسمت‌هایی از مقطع رودخانه با بده یکسان باشند. نمونه‌برداری به صورت تجمعی در عمق DI صورت می‌گیرد. در واقع روش‌های «ج» و «د» نیز همان روش EDI با سه قائم می‌باشند. اگر نمونه‌های برداشت شده مخلوط و سپس تجزیه شوند، غلظت به‌دست آمده مساوی غلظت متوسط مقطع خواهد بود. دانه‌بندی نمونه مخلوط شده نیز نمایانگر دانه‌بندی متوسط بار معلق است. در صورتی که نمونه‌های قائم به‌طور اجزای مجزا تجزیه گردند. رابطه زیر قابل استفاده است :

$$C_m = \frac{I}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (4)$$

در این رابطه :

C_m : غلظت متوسط مقطع (نسبت وزنی) ، (میلی گرم بر لیتر)

C_i : غلظت وزنی نمونه برداشت شده از قائم شماره i (میلی گرم بر لیتر)

n : تعداد قائم‌ها

روش EDT نسبت به روش EWI به ویژه در رودخانه‌های عریض زمان و نیروی کار کمتری لازم دارد، زیرا تعداد قائم‌ها در روش EDI کمتر است. در عمل تشخیص قطعات با دبی مساوی ممکن است با تقریب و از طریق مشاهده صورت گیرد. در صورتی که منحنی تجمعی درصد بده برحسب عرض رودخانه مشخص باشد می‌توان از آن استفاده نمود. شکل (۱) نمونه‌ای از این منحنی‌ها را نشان می‌دهد. برای مثال اگر ۴ قائم موردنیاز باشد هر قائم در مرکز قطعه‌ای قرار می‌گیرد، که معرف ۲۵٪ دبی است. بنابراین قائم‌ها در محل‌های زیر خواهند بود :

$0.5 \times 0.25 = 0.125$	دبی در قائم (۱)
$0.25 + 0.5 \times 0.25 = 0.375$	دبی در قائم (۲)
$0.50 + 0.5 \times 0.25 = 0.625$	دبی در قائم (۳)
$0.75 + 0.5 \times 0.25 = 0.875$	دبی در قائم (۴)

۲-۱ انتخاب نقاط نمونه‌برداری در روش PI

بعد از آنکه محل قائم‌ها مشخص گردید، در صورتی که نمونه‌برداری به روش تجمعی نقطه‌ای PI موردنظر باشد، باید نقاط نمونه‌برداری روی قائم‌ها نیز مشخص گردد. این عمل با یکی از روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

۱-۲-۱ فقط یک نقطه روی قائم نزدیک سطح (یک نمونه)

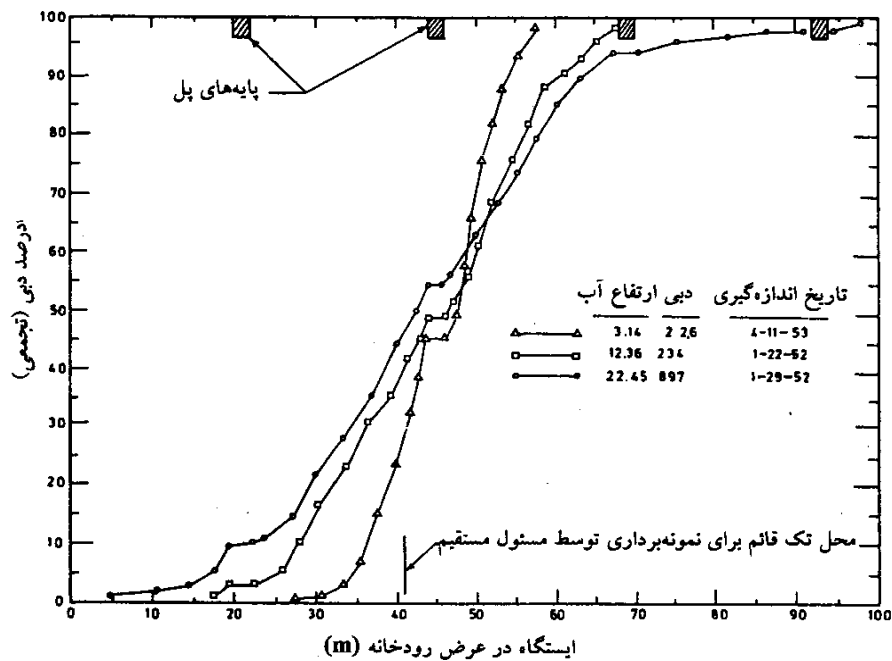
۲-۲-۱ فقط یک نقطه در ۰/۶ عمق قائم (یک نمونه)

۳-۲-۱ دو نقطه روی قائم یکی نزدیک سطح، دیگری نزدیک بستر رودخانه (دو نمونه باید دارای حجم مساوی باشند)

۴-۲-۱ سه نقطه روی قائم یکی نزدیک سطح، دیگری نزدیک بستر رودخانه (دو نمونه باید دارای حجم مساوی باشند)

۵-۲-۱ سه نقطه روی قائم، یکی نزدیک سطح، دیگری نزدیک بستر و سومی در وسط قائم (حجم نمونه برداشته شده از وسط قائم دو برابر نمونه‌های سطحی و عمقی)

۶-۲-۱ چندین نقطه روی قائم برای به دست آوردن تغییرات غلظت بار معلق در امتداد قائم



شکل ۱- منحنی تجمعی دبی بر حسب عرض رودخانه

دقت روش (۱-۲-۱) از همه کمتر است. روش (۲-۲-۱) در بعضی موارد دقت خوبی دارد.

در روش ۳-۲-۱ که بسیار متداول است اغلب به جای آنکه دو نمونه از نزدیک سطح و کف برداشته شود، آنها را از ۰/۲ و ۰/۸ عمق برداشت می‌کنند. در این صورت غلظت متوسط بار معلق در امتداد قائم را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$C_{mi} = \frac{3}{8} C_{\cdot/\Delta d} + \frac{5}{8} C_{\cdot/\gamma d} \quad (5)$$

در این رابطه C_{mi} غلظت متوسط روی قائم است.

از دو روش سه نقطه‌ای، روش (۵-۲-۱) بهتر است و کلاً این روشها از روش دو نقطه‌ای دقیق‌تر می‌باشند. در روش ۶-۲-۱ به طرق مختلفی می‌توان عمل نمود. ممکن است قائم به قطعاتی با دبی یکسان تقسیم گردیده و

نمونه‌ها از وسط این قطعات برداشت شود. در این صورت تغییرات سرعت در امتداد قائم باید معلوم باشد. یا ممکن است قائم به قطعات مساوی تقسیم شده و نمونه‌ها از وسط این قطعات برداشته شود. روش (۱-۲-۲) وقت‌گیرتر است ولی نسبت به روش (۱-۲-۱) دقیق‌تر می‌باشد.

۳-۱ سرعت حرکت نمونه‌بردار در روش DI

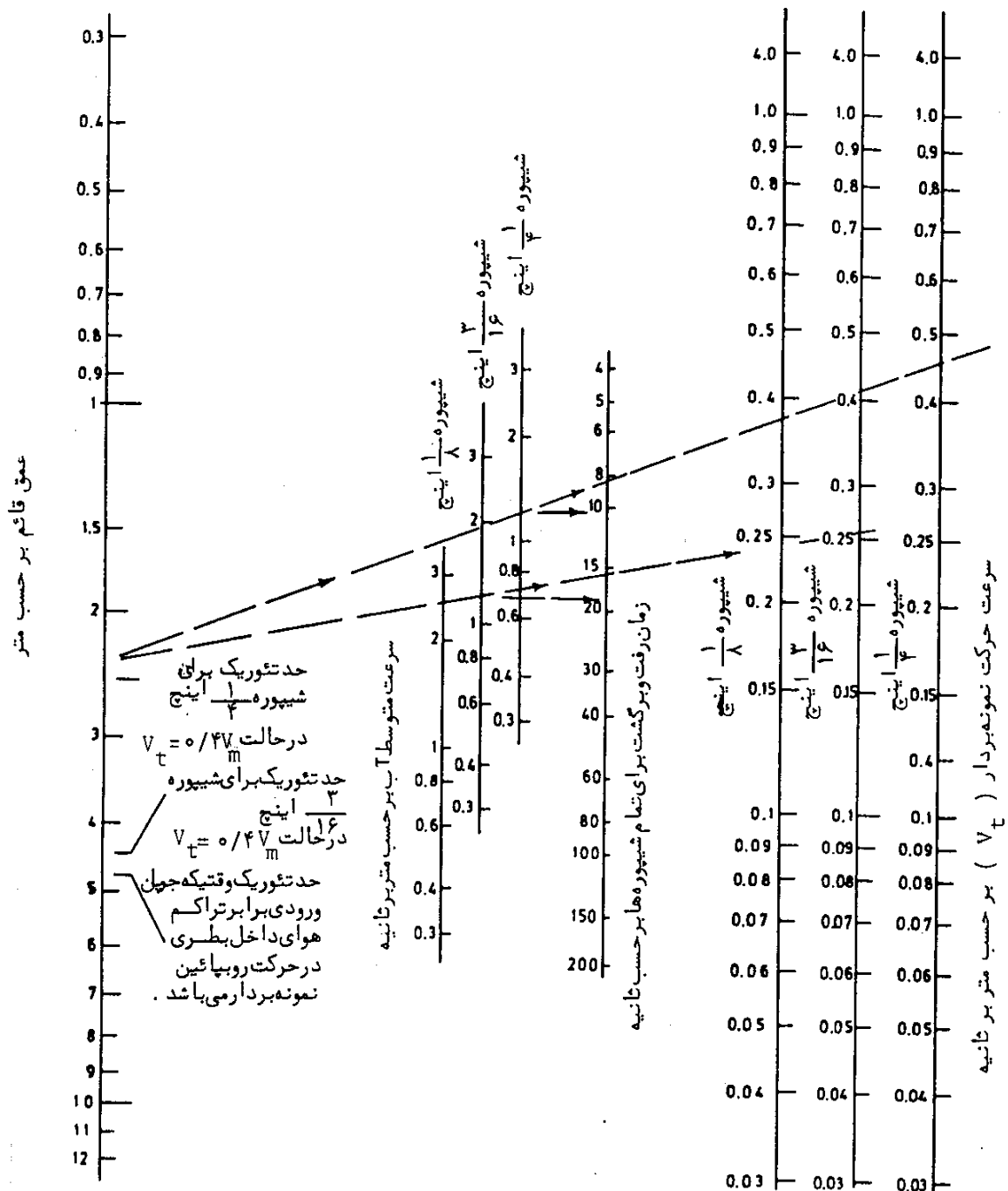
حجم نمونه‌ای که از یک قائم به روش تجمعی عمقی (DI) برداشت می‌شود متناسب با سرعت آب در محدوده آن قائم می‌باشد. از طرفی این حجم بستگی به ارتفاع قائم نیز دارد. بنابراین اگر هر قائم را معرف قسمتی از مقطع رودخانه بدانیم (که قائم در وسط آن مقطع قرار دارد)، حجم نمونه متناسب با بده عبور نموده از آن قسمت رودخانه خواهد بود. در روش EWI سرعت حرکت نمونه‌بردار در تمام قائم‌ها یکسان است و لذا حجم نمونه‌های برداشت شده متناسب با بده قسمتهای مربوط به قائم‌ها می‌باشد. در روش EDI حجم تمام نمونه‌ها مساوی است، زیرا سرعت حرکت نمونه‌بردار در قائم‌ها یکسان نیست و برعکس بده قسمتهای مختلف یکسان است و نیازی به برداشت نمونه‌های با حجمهای مختلف نمی‌باشد، بدین ترتیب در روش EWI لازم است سرعت نمونه‌بردار برای عمیق‌ترین قائم محاسبه شود، این سرعت برای تمام قائم‌ها صادق خواهد بود. در صورتی که در روش دبی مساوی EDI، سرعت حرکت نمونه‌بردار برای هر قائم جداگانه تعیین می‌شود.

سرعت حرکت نمونه‌بردار در طول یک قائم V_t ^۱ نباید از V_m ۰/۴ بیشتر باشد (V_m سرعت متوسط آب در طول قائم است). برای تعیین سرعت حرکت نمونه‌بردار در طول یک قائم از منحنی شکل (۲) استفاده می‌شود. برای مثال اگر عمق قائم ۲/۳۵ متر، سرعت متوسط آب در طول قائم ۱/۲ متر بر ثانیه باشد، در این صورت برای شیبوره $\frac{3}{16}$ اینچ، سرعت حرکت نمونه‌بردار باید ۰/۲۶ متر بر ثانیه باشد تا نمونه به حجم ۳۹۵ سانتی‌متر مکعب برداشت شود. زمان رفت و برگشت نمونه‌بردار در طول قائم برابر ۱۸ ثانیه خواهد بود.

۴-۱ بررسی خطاهای حاصل از نمونه‌برداری

منحنی شکل (۳) خطای حاصل در نمونه‌برداری غلظت متوسط بار معلق را نشان می‌دهد. این خطا بستگی به تعداد قائم‌ها و مجموع مجذورات انحراف از متوسط بر پایه $C_m = 100$ دارد. مثال زیر طرز استفاده از منحنی را نشان می‌دهد.

1 - Transit Rate



مثال

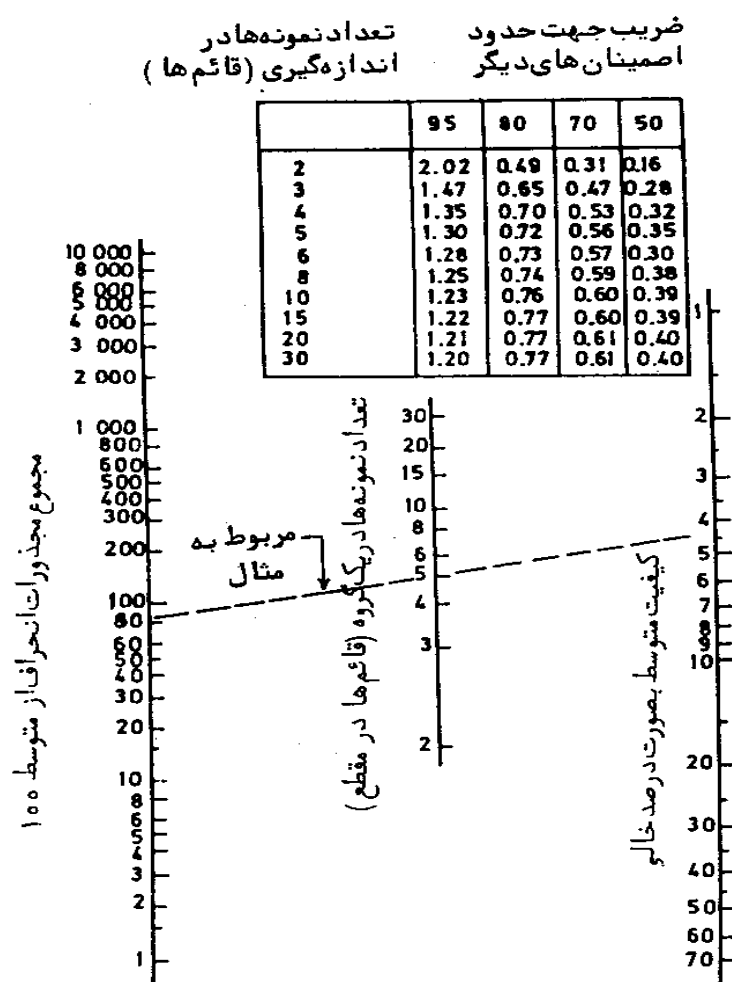
مفروضات : عمق ۲/۳۵ متر، سرعت متوسط = ۱/۲۲ متر بر ثانیه در این صورت سرعت حرکت نمونه بردار برای شیبوره $\frac{3}{16}$ اینچ برابر ۰/۲۶ متر بر ثانیه و برای شیبوره $\frac{1}{4}$ اینچ برابر ۰/۴۶ متر بر ثانیه می باشد. زمانهای رفت و برگشت نیز به ترتیب ۱۸ و ۱۱ ثانیه است.

شکل ۲- تعیین سرعت حرکت نمونه بردار برای برداشت نمونه های به حجم ۳۹۵ سانتی متر مکعب

غلظت های قائم	بر مبنای $C_m = 100$
۶۴۳	۱۰۴ ۱۶
۶۱۸	۱۰۰ ۰
۵۹۳	۹۶ ۱۶
۶۴۹	۱۰۵ ۲۵
۵۸۷	۹۵ ۲۵
جمع : ۳۰۹۰	جمع : ۸۲

غلظت متوسط ۶۱۸ ← (مساوی ۱۰۰ فرض می شود.)

حد اطمینان ۹۰٪



شکل ۳- خطای حاصله از محاسبه متوسط

با توجه به شکل ۳ :

۵ = تعداد نمونه‌ها

۸۲ = مجموع مجذورات

می‌توان نتیجه گرفت که خطای حاصله از محاسبه متوسط برابر $4/3\%$ با حد اطمینان 90% می‌باشد برای درجات احتمال دیگر باید نتیجه را به ضرایب داده شده در شکل (۳) ضرب نمود.

معمولاً غلظت متوسط در مقطع به غلظت متوسط در طول یک قائم نسبت داده می‌شود و نمونه‌برداری توسط مسئول مقیم در طول این قائم انجام می‌شود. نسبت دادن غلظت متوسط مقطع به غلظت متوسط یک قائم، خطایی در بردارد که از منحنی شکل (۴) محاسبه می‌گردد. مثال زیر طرز استفاده از این منحنی را نشان می‌دهد:

نوع غلظت تعیین شده	میلی گرم بر لیتر	متوسط	براساس غلظت متوسط ۱۰۰	
غلظت متوسط تعیین شده با نمونه‌برداری کامل از چند قائم	۷۱۵	۷۲۰	۹۹	۱
	۷۲۵	(=۱۰۰)	۱۰۱	۱
غلظت متوسط در طول یک قائم معین	۶۲۴		۱۰۴	۱۶
	۶۰۶	۶۰۰	۱۰۱	۱
	۶۰۰	(=۱۰۰)	۱۰۰	۰
	۵۷۰		۹۵	۲۵

جمع : ۴۴

با توجه به شکل ۳ :

۲ = تعداد اندازه‌گیری (نمونه = قائم) های کامل

(محور ۰) ۴ = اندازه‌گیری (نمونه = قائم) روی تک قائم

معلوم می‌شود خطای حاصل برابر 6% و با حد اطمینان وقوع 90% می‌باشد (این خطا مربوط به این است که بگوئیم غلظت متوسط مقطع همواره $1/20 = 720/600$ برابر غلظت در طول قائم موردنظر است)، برای حد اطمینان غیر از 90% اعداد داده شده از جدول شکل (۴) استفاده می‌شود. در جدول مذکور منظور از درجه آزادی مجموعه نمونه‌های کامل (C_m) می‌باشد.

انتخاب تعداد قائم‌ها در نمونه‌برداری کامل و نمونه‌های تک قائم (C_f) منهای ۲ یعنی $(\sum C_m + \sum C_f - 2)$ می‌باشد.

شکل (۵) خطای حاصله از تعداد قائم‌ها را نشان می‌دهد. برای مثال اگر درصد ماسه بار معلق برابر ۱۰۰٪ و شاخص V^2/D برابر ۲ باشد، برای به‌دست آوردن جوابهای با خطای کمتر از ۱۵٪ باید تعداد قائم ۷ عدد انتخاب شود. منظور از شاخص V^2/D نسبت حداکثر V^2/D به متوسط $\bar{V}^2/\bar{D}$ می‌باشد. $\bar{D}$ و $\bar{V}$ به ترتیب سرعت و عمق متوسط مقطع می‌باشند.

برای به‌دست آوردن حداکثر V^2/D باید امتدادهای قائم مختلفی را در مقطع در نظر بگیریم و جمله V^2/D را برای آنها محاسبه کرده و حداکثر این جمله را به عنوان حداکثر V^2/D به‌دست آوریم. چون تأثیر سرعت بیشتر است (به‌صورت توان ۲ ظاهر می‌شود) لذا در اغلب موارد منظور از حداکثر V^2/D امتداد قائمی است که در آن سرعت حداکثر می‌باشد (در موارد خاصی ممکن است این امتداد روی حداکثر سرعت منطبق نباشد).

۲- اندازه‌گیری بار بستر

تعداد نقاطی که باید از آنها نمونه بار بستر، برای دانه‌بندی برداشت شود بستگی به دقت موردنظر دارد. معمولاً این نقاط متساوی‌الفاصله (در عرض) انتخاب می‌شود. باید از انتخاب نقاط مرده (پشت موانع بستر رودخانه) اجتناب نمود. فرض می‌کنیم که ۱۵ نمونه از بستر برداشت گردیده و جداگانه مورد آزمایش دانه‌بندی قرار گرفته‌اند و نتایج زیر به‌دست آمده است. (مثلاً $d_{۵۰}$ بیان می‌شود:)

$$d_{۵۰} = ۰/۹۱, ۰/۷۰, ۰/۸۰, ۰/۶۴, ۰/۶۳, ۰/۵۶, ۰/۵۰, ۰/۴۷, ۰/۵۱, ۰/۴۳, ۰/۴۵, ۰/۹۰, ۰/۶۹, ۰/۸۱, ۰/۵۳ \text{ (میلیمتر)}$$

متوسط این قطرهای میانه برابر ۰/۶۳۵ میلیمتر است این متوسط را ۱۰۰ فرض نموده و مجموع مجذورات انحراف ارقام فوق را بر پایه ۱۰۰ حساب می‌کنیم.

$$d_{۵۰} = ۱۴۳, ۱۱۰, ۱۲۶, ۱۰۱, ۱۰۱, ۸۸, ۷۹, ۷۴, ۸۰, ۶۸, ۷۱, ۱۴۲, ۱۰۹, ۱۲۷, ۸۴$$

$$\text{جمع} = ۸۹۸۰$$

با استفاده از شکل (۶) معلوم می‌گردد که خطای رقم ۰/۶۳۵ میلیمتر به عنوان $d_{۵۰}$ برای این مقطع برابر ۱۲٪ با حد اطمینان ۹۰٪ می‌باشد. اگر خطای ۲۰٪ قابل قبول باشد از این عدد خطی موازی خط ۱۲٪ و ۸۹۸۰ رسم می‌کنیم، این خط تعداد ۶ نقطه را برای نمونه‌برداری نشان خواهد داد.

حد اطمینان

ضریب تصحیح برای
احدود اطمینانهای دیگر
د درجه آزادی

	95	80	70	50
1	2.02	0.49	0.31	0.16
2	1.47	0.65	0.47	0.20
3	1.35	0.70	0.53	0.32
4	1.30	0.72	0.56	0.35
5	1.28	0.73	0.57	0.36
6	1.26	0.74	0.58	0.37
8	1.24	0.75	0.59	0.38
10	1.23	0.76	0.60	0.39
15	1.22	0.77	0.60	0.39
30	1.21	0.77	0.61	0.40

مجموع مجذورات انحراف کلیه غلظت‌ها از متوسط ۱۰۰

مثال

تعداد نمونه‌ها در صورت و مخرج

تعداد نمونه‌های تک‌قائم‌ها

کیفیت خطا در نسبت غلظت متوسط مقطع به غلظت متوسط یک‌قائم (درصد)

توضیح: تعداد نمونه‌ها در صورت و مخرج

شکل ۴- الف - خطای حاصل از ارتباط دادن غلظت متوسط مقطع به غلظت متوسط یک قائم

حد اطمینان

ضریب تصحیح برای حدود درجه آزادی
اطمینان های دیگر

	95	80	70	50
1	2.02	0.49	0.31	0.16
2	1.47	0.65	0.47	0.28
3	1.35	0.70	0.53	0.32
4	1.30	0.72	0.56	0.35
5	1.28	0.73	0.57	0.36
6	1.26	0.74	0.58	0.37
8	1.24	0.75	0.59	0.38
10	1.23	0.76	0.60	0.39
15	1.22	0.77	0.60	0.39
30	1.21	0.77	0.61	0.40

مجموع مجزورات انحراف کلیه غلظت ها از متوسط ۱۰۰

مثال

تعداد نمونه ها در صورت و مخرج

تعداد نمونه های تک قائم ها

کیفیت خطا در نسبت غلظت متوسط مقطع به غلظت متوسط یک قائم (درصد)

توضیح : تعداد نمونه ها در صورت و مخرج

شکل ۴- ب - خطای حاصل از ارتباط دادن غلظت متوسط مقطع به غلظت متوسط یک قائم

حد اطمینان

ضریب تصحیح برای حدود درجه آزادی
اطمینان‌های دیگر

	95	80	70	50
1	2.02	0.49	0.31	0.18
2	1.47	0.65	0.47	0.28
3	1.35	0.70	0.53	0.32
4	1.30	0.72	0.56	0.35
5	1.28	0.73	0.57	0.36
6	1.26	0.74	0.58	0.37
8	1.24	0.75	0.59	0.38
10	1.23	0.76	0.60	0.39
15	1.22	0.77	0.60	0.39
30	1.21	0.77	0.61	0.40

مجموع مجذورات انحراف کلیه غلطت‌ها از متوسط ۱۰۰

مثال

تعداد نمونه‌ها در صورت و مخرج

تعداد نمونه‌های تک‌قائم‌ها

کیفیت خطا در نسبت غلطت متوسط مقطع به غلطت متوسط یک‌قائم (درصد)

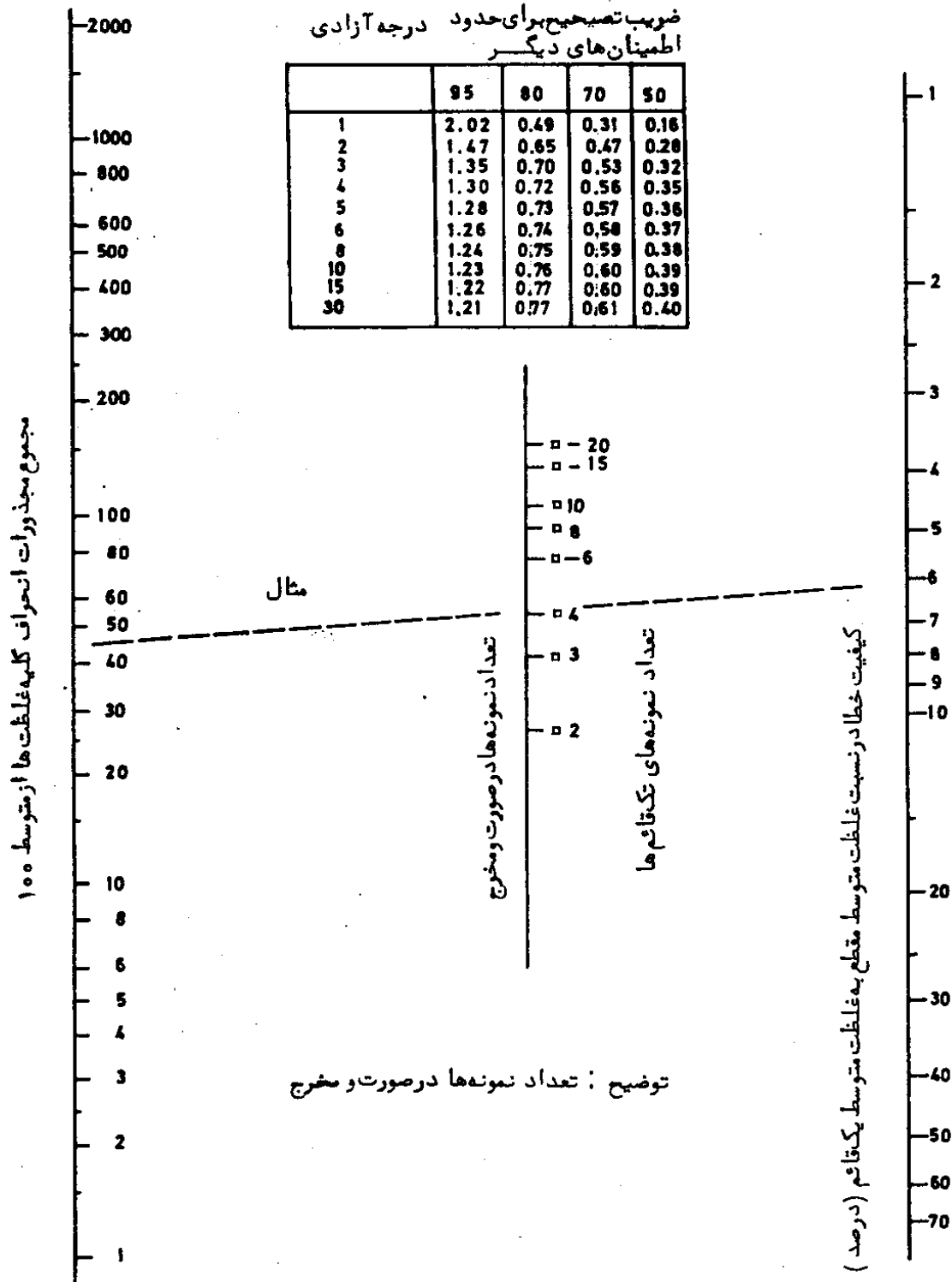
توضیح : تعداد نمونه‌ها در صورت و مخرج

شکل ۴- ج - خطای حاصل از ارتباط دادن غلطت متوسط مقطع به غلطت متوسط یک قائم

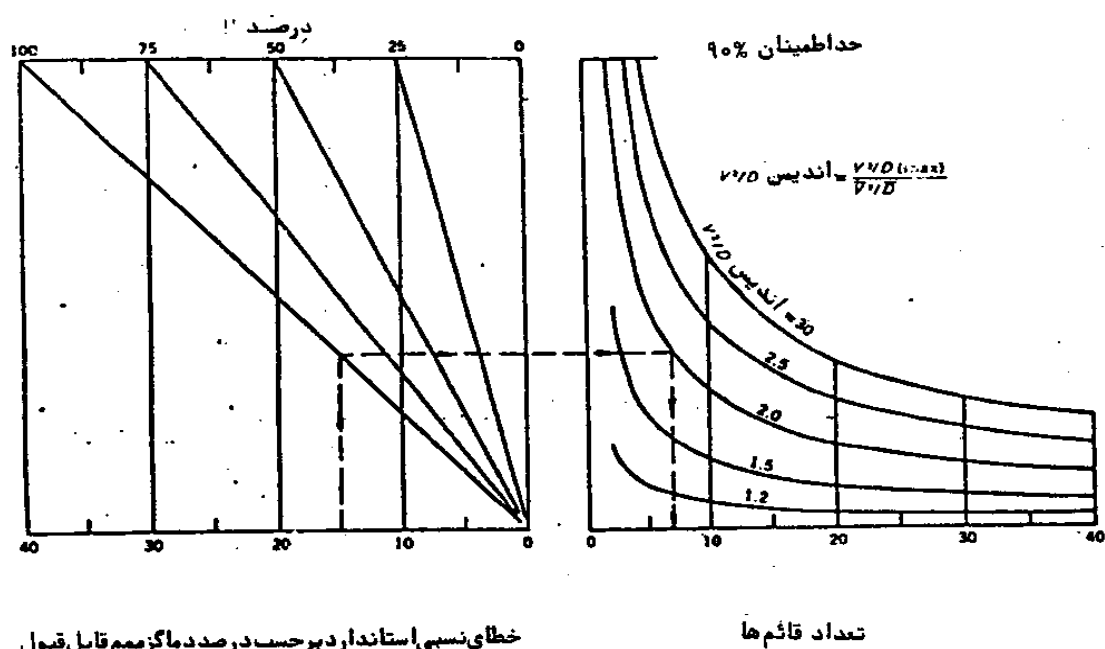
حد اطمینان

ضریب تصحیح برای حدود درجه آزادی
اطمینان‌های دیگر

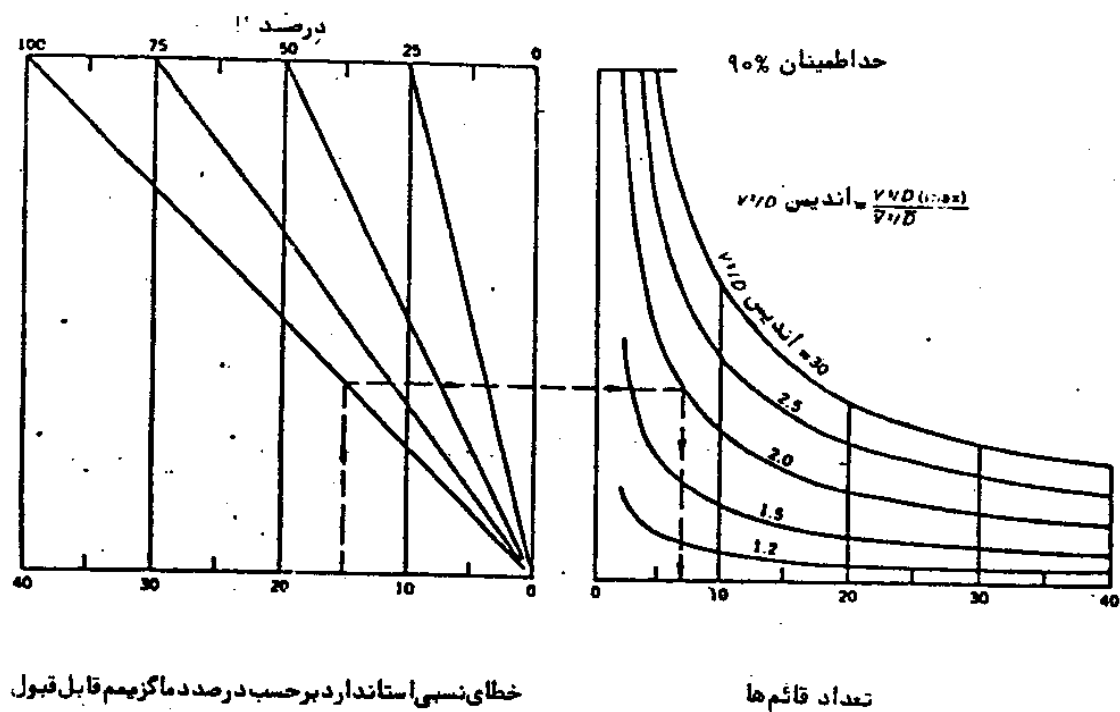
	95	80	70	50
1	2.02	0.49	0.31	0.16
2	1.47	0.65	0.47	0.20
3	1.35	0.70	0.53	0.32
4	1.30	0.72	0.56	0.35
5	1.28	0.73	0.57	0.36
6	1.26	0.74	0.58	0.37
8	1.24	0.75	0.59	0.38
10	1.23	0.76	0.60	0.39
15	1.22	0.77	0.60	0.39
30	1.21	0.77	0.61	0.40



شکل ۴-د - خطای حاصل از ارتباط دادن غلظت متوسط مقطع به غلظت متوسط یک قائم



شکل ۵- خطای حاصل از تعداد قائم‌ها در نمونه‌برداری کامل



شکل ۶- خطای حاصله از محاسبه متوسط

٣- منابع و مأخذ

- 1- U.S. Gov and II HR, A Study of Methods Used in Measurement and Analysis of Sediment Loads in Streams. Measurement of the Sediment Discharge of Streams. Report No. 8, 1948.
- 2- TCPSM, Sediment Measurment Techniques; A, Fluvial Sediment. JHP, Proc, ASCE, Vol, 95, No. Hy-5, Sep, 1969.
- 3- Iriondo, M.H. A Rapid Method for Size Analysis of Coarse Sediments. Jour, Sed. Petrology, Vol, 42, No, 4, Dec 1972.
- 4- R.J Garde, KG Ranga Raju, Mechanics of Sediment Transportation & Alluvial Stream Problems Second Edition, 1985.