آب سنجی

Hydrometery

آب سنجی

هیدرومتری یا آب سنجی به علم اندازه گیری و پایش اجزای تشکیل دهنده چرخه آب مانند بارندگی، آب های سطحی،آبهای زیرزمینی و حتی کیفیت آب گفته می شود. مسائل مربوط به سنجش های مختلف تراز آب، مقدار جریان، سرعت آب و موارد مشابه نیز در حیطه این علم قرار می گیرند.

آب سنجی

اندازه گیری سطح آب

اندازه گیری عمق آب

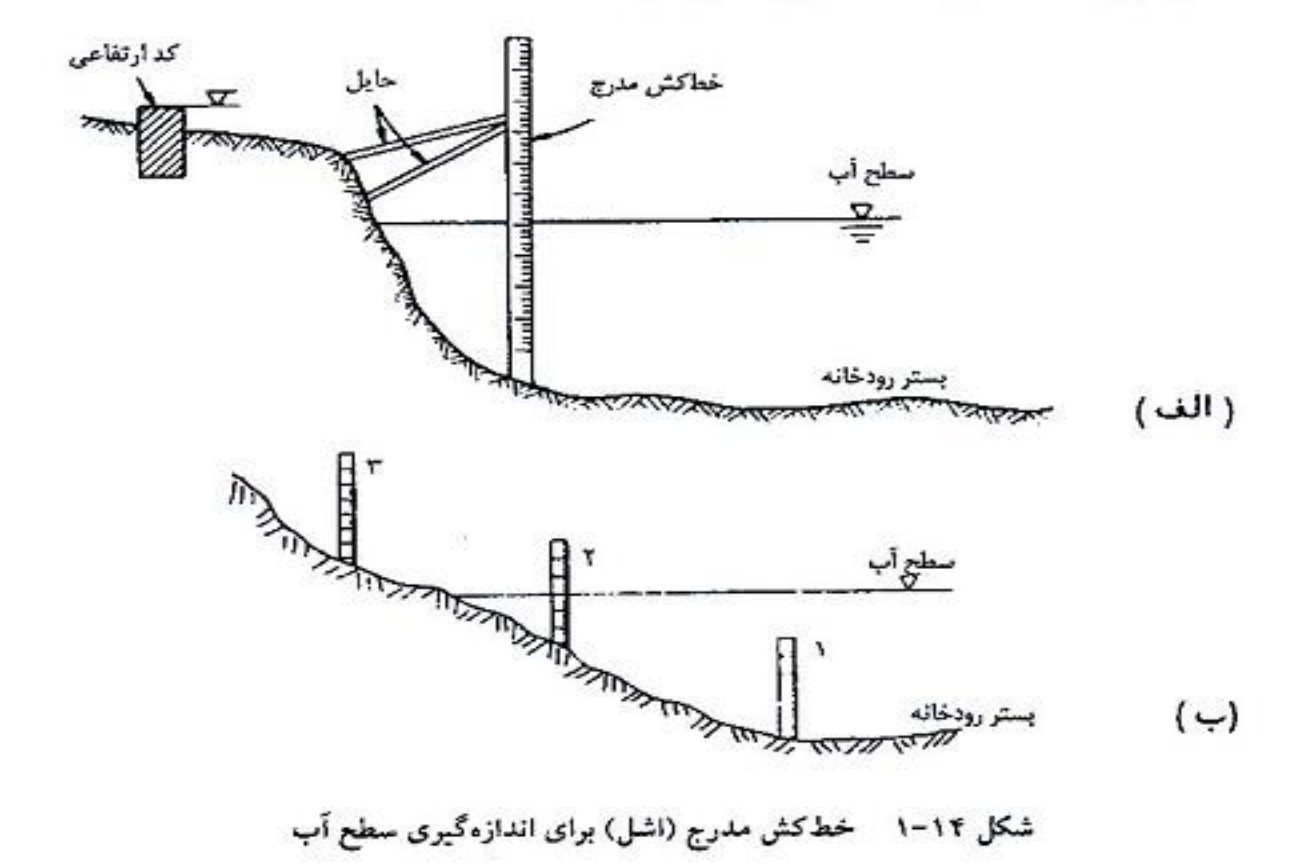
اندازه گیری سرعت آب

اندازه گیری دبی آب (جریان)

آب سنجی

اندازه گیری سطح آب

- ✓نصب خط کش (stage) در حاشیه رودخانه (اشل)

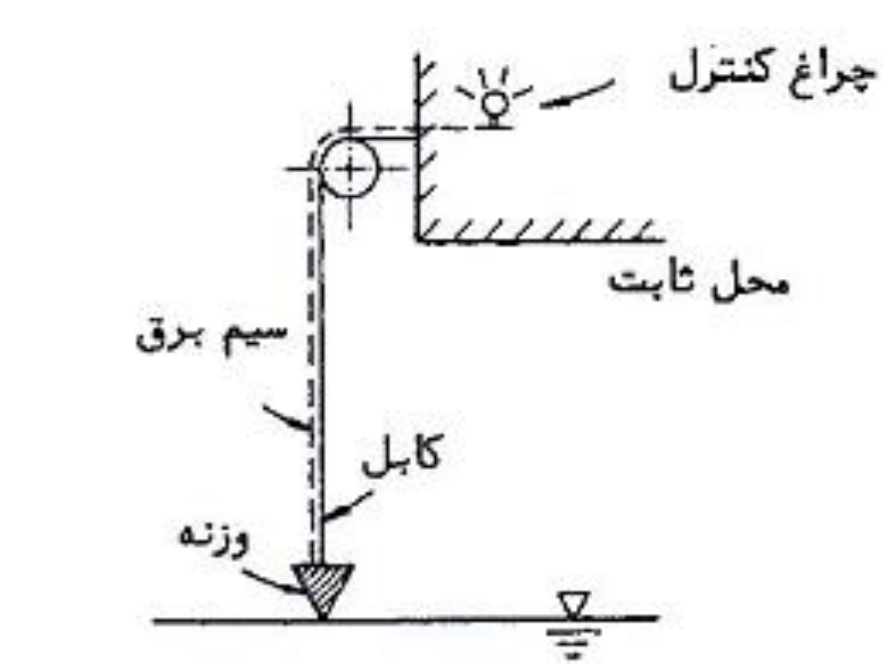


شکل ۱۴-۱ خط‌کش مدرج (اشل) برای اندازه‌گیری سطح آب

آب سنجی
اندازه گیری سطح آب

اندازه‌گیری سرعت آب در هیدرولوژی آبهای سطحی یکی از عملیاتی است که معمولاً بصورت روزانه و یا در دوره‌های زمانی کوتاه انجام می‌شود. داشتن سرعت متوسط آب در یک رودخانه (V) از این جهت حائز اهمیت است که با داشتن آن و اندازه‌گیری سطح مقطع رودخانه (A) می‌توان مقدار دبی (Q) را بدست آورد ($Q = A.V$).

اندازه‌گیری سرعت آب به روشهای مختلف امکان‌پذیر است. انتخاب روش به شرایط محلی رودخانه، دقت مورد نیاز در اندازه‌گیری و در اختیار بودن وسایل و امکانات لازم بستگی دارد.



شکل ۱۴-۲ عمق‌یاب برای اندازه‌گیری سطح آب

آب سنجی

اندازه گیری سطح آب

- ✓عمق یاب یا سطح یاب

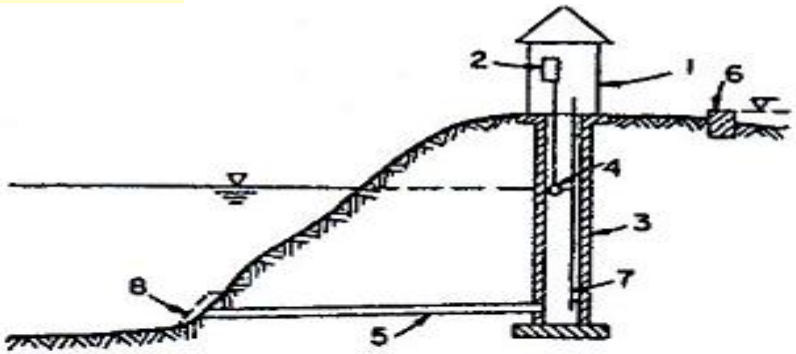
عمق‌یاب‌درمواردی به کار برده می‌شود که بتوان آن را در هر نوبت اندازه‌گیری در محل مشخصی مانند یک نقطه از پل تثبیت نمود. عمق‌یاب از یک وزنه و کابل سیمی مدرج تشکیل شده است (شکل ۱۴-۲). در هنگام برخورد وزنه با آب جریان الکتریکی که نیروی آن از یک باطری تأمین می‌شود برقرار شده و چراغ کنترل روشن می‌گردد. روشن شدن چراغ نشانهٔ برخورد کابل به سطح آب است و از روی آن می‌توان تراز آب را محاسبه کرد. دستگاه عمق‌سنج برای اندازه‌گیری تراز آب زیرزمینی در چاهها که امکان اندازه‌گیری مستقیم سطح آب وجود ندارد وسیله مناسبی است.

آب سنجی
اندازه گیری سطح آب
✓لیمنوگراف (limnograph)

در مواردی که اندازه‌گیری روزانهٔ سطح آب به دلیل کمبود نیروی انسانی ممکن نباشد، از دستگاههای ثبات اندازه‌گیری سطح آب یا *لیمنوگراف* (limnograph) استفاده می‌شود. دراین حالت مطابق شکل ۱۴-۳ چاهکی در کنار رودخانه حفر و آب توسط تونلی به داخل آن هدایت و در داخل چاهک سطح آب توسط لیمنوگراف اندازه‌گیری می‌گردد. لیمنوگراف از قرقره‌ای تشکیل شده است که روی آن طناب یا کابلی قرار گرفته است. یک سرطناب به جسم شناور داخل آب چاهک و سر دیگر آن به وزنه‌ای متصل است. جسم شناوری که داخل چاهک قرار گرفته است در اثر نوسانات سطح آب چاهک بالا و پایین می‌رود و در نتیجه قرقره نیز به حرکت

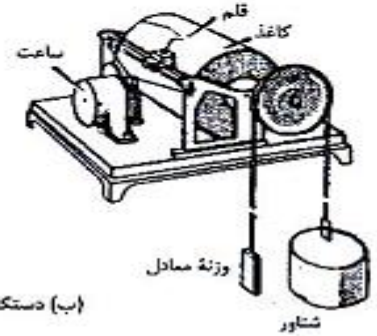
✓ لیمنوگراف (limnograph)

در می‌آید. حرکت قرقره، قلمی را که متصل به آن است به حرکت در می‌آورد. در مقابل قلم استوانه‌ای که دور آن صفحهٔ کاغذی پیچیده شده است در گردش است، چرخش استوانه توسط یک ساعت تنظیم می‌شود. در اثر حرکت قلم خطی روی صفحهٔ کاغذ رسم می‌شود که از روی آن می‌توان رقوم سطح آب را بدست آورد.



۱- حفاظ
۲- دستگاه ثبات
۳- چاهک
۴- جسم شناور
۵- تونل اتصال
۶- نقطهٔ ارتفاعی مرجع
۷- پله
۸- آشغالگیر

(الف) چاهک و متعلقات



(ب) دستگاه ثبات

شکل ۱۴-۳ دستگاه اندازه‌گیری خودکار سطح آب

آب سنجی

اندازه گیری عمق آب

- ✓ میله های مدرج
- ✓ استفاده از کابل
- ✓ ابزارهای صوتی(اکو ساندر)

آب سنجی

اندازه گیری عمق آب

✓میله های مدرج

ساده‌ترین وسیله برای اندازه‌گیری عمق آب استفاده از میله‌های مدرج است. به‌انتهای میله‌های اندازه‌گیری صفحه‌ای متصل است تا از فرو رفتن آن به داخل گل‌ولای و ایجاد اشتباه در اندازه‌گیری جلوگیری نماید. استفاده از میله محدود به شرایطی است که عمق آب کم باشد.

آب سنجی

اندازه گیری عمق آب

✓استفاده از کابل

هنگام سیلابی بودن رودخانه و یا در مواردی که عمق آب زیاد باشد از کابلهایی که وزنهٔ سنگینی به آن متصل شده است استفاده می‌شود. بالا و پایین بردن کابل به داخل آب یا با دست و یا به کمک چرخ انجام می‌شود. هنگامی که وزنه به کف رودخانه برخورد کرد طولی از کابل که داخل آب قرار می‌گیرد اندازه‌گیری می‌شود که برابر عمق آب خواهد بود. استفاده از کابل دارای معایبی نیز می‌باشد. از جمله این‌که (۱) موقعیت برخورد وزنه به کف کانال را نمی‌توان بدرستی مشخص کرد و (۲) در جریانهای شدید کابل قائم قرار نگرفته که این امر موجب اشتباه در اندازه‌گیری می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری عمق آب

✓ابزارهای صوتی (اکو ساندر)

روش دیگر در اندازه‌گیری عمق آب رودخانه‌ها استفاده از ابزارهای صوتی به روش *آوا-نگاری* است. در این مورد از خاصیت سرعت عبور امواج صوت در داخل آب و برخورد آن به کف رودخانه و سپس برگشت امواج انعکاسی استفاده می‌شود. برای این منظور انواع دستگاهها ساخته شده است، نوع معمول آن در هیدرولوژی *اکو- ساندر* (echo-sounder) است. طرز کار اکو- ساندر براین اساس است که فاصلهٔ زمانی از ایجاد یک صدا تا زمان برگشت انعکاس آن از کف رودخانه اندازه‌گیری می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

اندازه‌گیری سرعت آب در هیدرولوژی آبهای سطحی یکی از عملیاتی است که معمولاً بصورت روزانه و یا در دوره‌های زمانی کوتاه انجام می‌شود. داشتن سرعت متوسط آب در یک رودخانه (V) از این جهت حائز اهمیت است که با داشتن آن و اندازه‌گیری سطح مقطع رودخانه (A) می‌توان مقدار دبی (Q) را بدست آورد ($Q = A.V$).

اندازه‌گیری سرعت آب به روشهای مختلف امکان‌پذیر است. انتخاب روش به شرایط محلی رودخانه، دقت مورد نیاز در اندازه‌گیری و در اختیار بودن وسایل و امکانات لازم بستگی دارد.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با جسم شناور
- ✓ اندازه گیری سرعت با دستگاه سرعت سنج
- ✓ اندازه گیری سرعت با روش های شیمیایی
- ✓ اندازه گیری سرعت به روش صوتی

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ **اندازه گیری سرعت با جسم شناور**

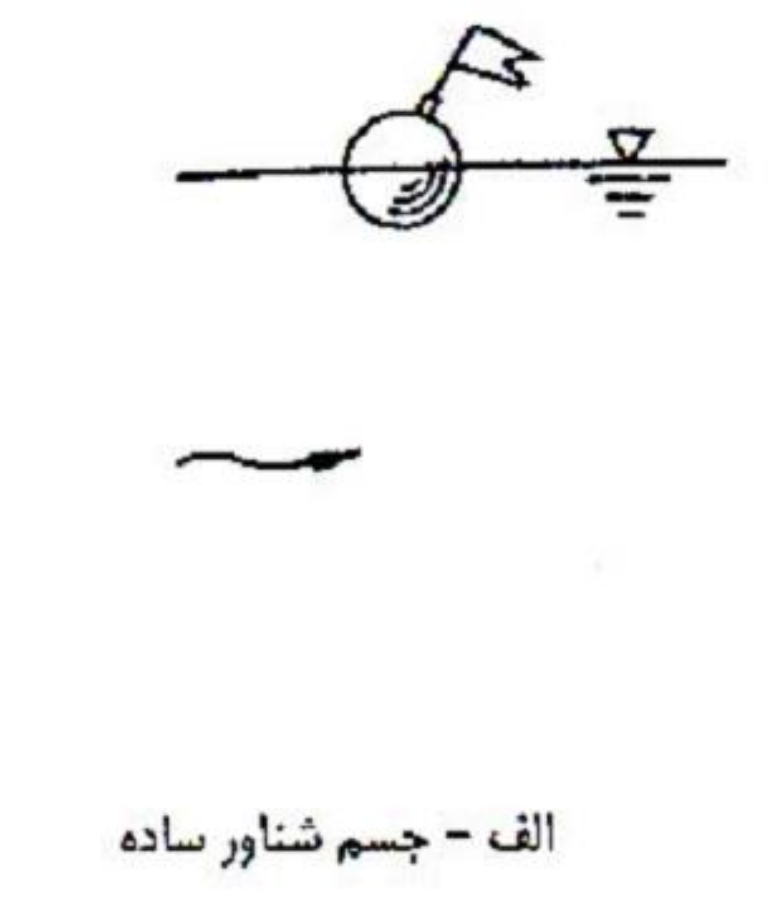
منظور از اندازه‌گیری سرعت با جسم شناور این است که جسمی مانند یک تکه چوب یا یک بطری نیمه پر از آب را که وزن مخصوص آن کمتر از آب باشد داخل آب انداخته و سرعت حرکت آن را بین دو نقطهٔ مشخص از مسیر آب، اندازه‌گیری کنیم. این روش ساده‌ترین روش اندازه‌گیری سرعت است. دو نقطه از مسیر آب به طول ۲۰ تا ۳۰ متر که نسبتاً مستقیم و عاری از علف یا گیاهان آبی باشد انتخاب و جسمی که مطابق شکل ۱۴-۴ الف بتواند به صورت شناور در سطح آب قرار گیرد در داخل رودخانه یا نهر آب انداخته می‌شود. فاصله زمانی که جسم بین دو نقطه از مسیر را طی می‌کند (T) اندازه‌گیری می‌شود. اگر L فاصلهٔ بین دو نقطه باشد سرعت سطحی آب (V_s) عبارت است از

$$V_s = \frac{L}{T} \qquad (۱-۱۴)$$

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با جسم شناور



الف - جسم شناور ساده

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ **اندازه گیری سرعت با جسم شناور**

تجربه نشان داده است که بین سرعت متوسط آب در مقطع رودخانه (V_m) و سرعت سطحی (V_s) که به روش فوق اندازه‌گیری می‌شود یک رابطه خطی بصورت زیر وجود دارد.

$$V_m = K.V_s \qquad (۲-۱۴)$$

ضریب K بستگی به عمق آب در رودخانه داشته و مقدار آن بین ۰/۶ تا ۰/۹ متغیر است که معمولاً ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود لذا:

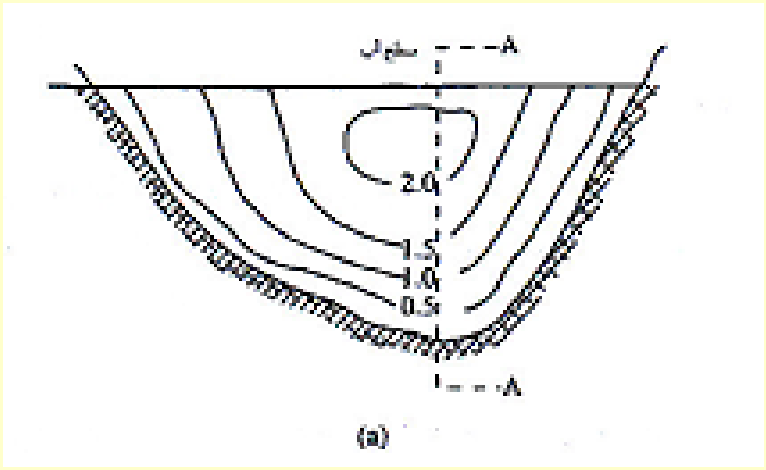
$$V_m = 0.8\ V_s \qquad (۳-۱۴)$$

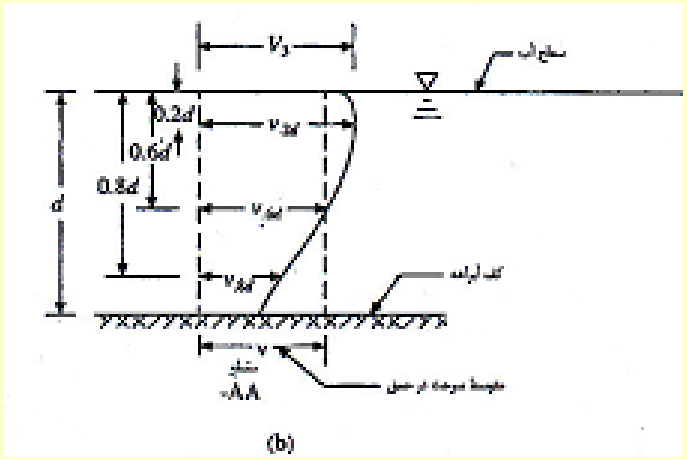
در رودخانه‌ها به هنگام سیل سرعت متوسط در عمق ۰/۵ متری از سطح رودخانه می‌باشد.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با جسم شناور





توزیع سرعت در مقطع یک آبراهه

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

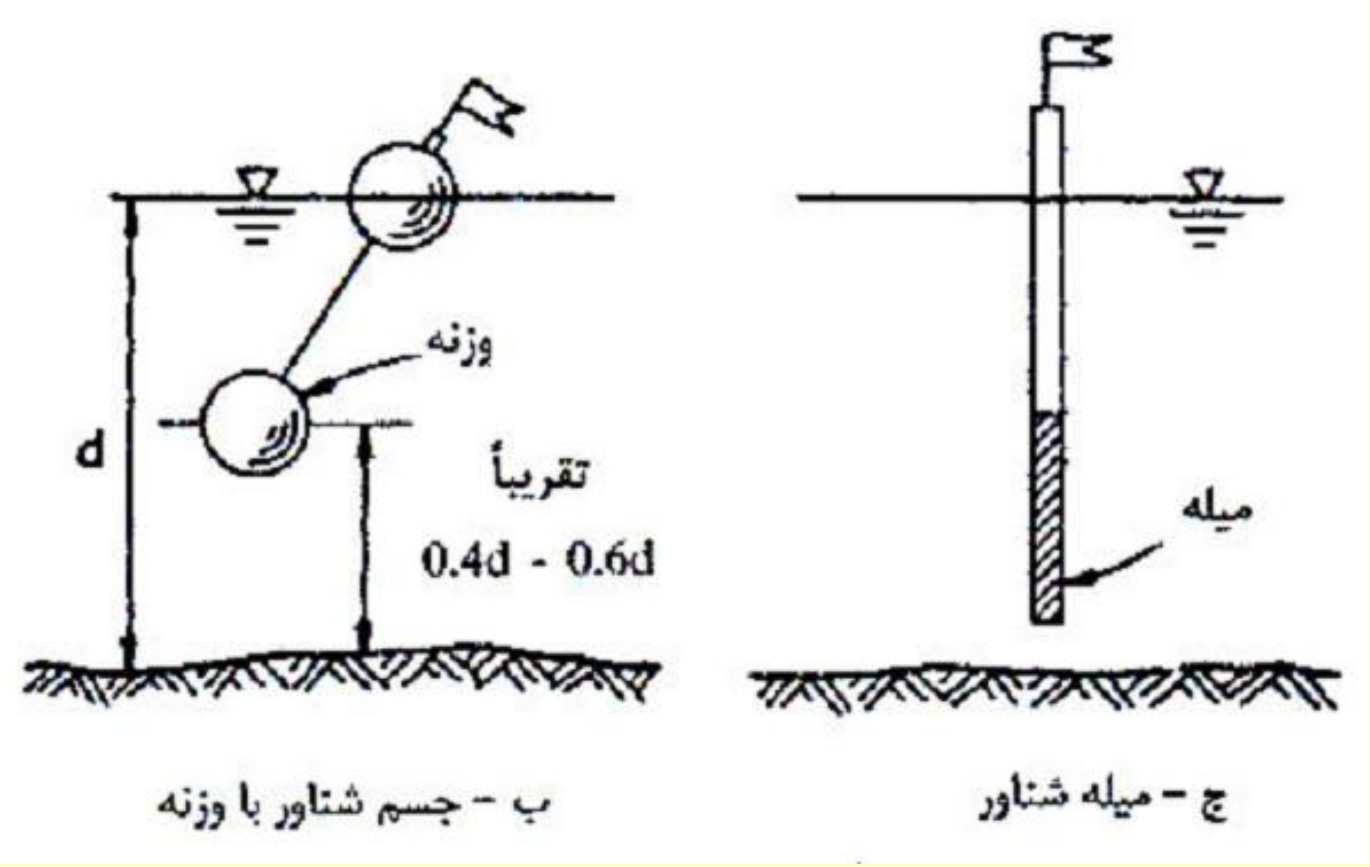
- ✓ **اندازه گیری سرعت با جسم شناور**

در پاره‌ای موارد به جسم شناور وزنه‌ای با نخ متصل می‌شود، بطوری که مطابق شکل ۱۴-۴ ب هنگامی که جسم شناور در سطح آب انداخته می‌شود وزنه در مکانی که موقعیت آن به اندازه تقریبی ۰/۴ تا ۰/۶ عمق آب از سطح رودخانه است قرار می‌گیرد. سرعت جسم شناور در این وضعیت برابر با سرعت متوسط جریان آب بوده و نیاز به‌اعمال‌ضریب‌اصلاحی‌نمی‌باشد. امروزه میله‌های شناور نیز ساخته شده‌اند که انتهای آنها کمی سنگین است و هنگامی که به آب انداخته می‌شوند بطور عمودی قرار می‌گیرند. با این میله‌ها نیز سرعت متوسط آب اندازه‌گیری می‌شود. توجه داشت که نباید میله هیچ‌وقت به کف رودخانه برخورد کند (شکل ۱۴-۴-ج).

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با جسم شناور



آب سنجی
اندازه گیری سرعت آب

✓ اندازه گیری سرعت با جسم شناور

نوعی دیگر از وسایلی که بعنوان جسم شناور در هیدرولوژی از آنها استفاده می‌شود *شناورهای هیدرودینامیک* است که به یک سیم یا نخ متصل بوده و از نقطه‌ای به داخل رودخانه انداخته می‌شوند. سرعت حرکت آب آن را به جلو برده و بین سیم و خط قائم زاویه‌ای برابر α که به‌آسانی قابل اندازه‌گیری است به وجود می‌آید (شکل ۱۴-۵). با داشتن α می‌توان سرعت آب در آن نقطه را از فرمول زیر محاسبه کرد.

$$V^2 = \frac{2w}{C A \rho} \operatorname{tg} \alpha \qquad (۴-۱۴)$$

که در آن:

V – سرعت آب (m/sec)

w – وزن مستغرق وزنه برحسب نیوتن (N)

C – ضریب اصطکاک وزنه با آب

A – سطح مقطع وزنه بر صفحه‌ای که عمود بر جهت جریان آب قرار گرفته است (m^2)

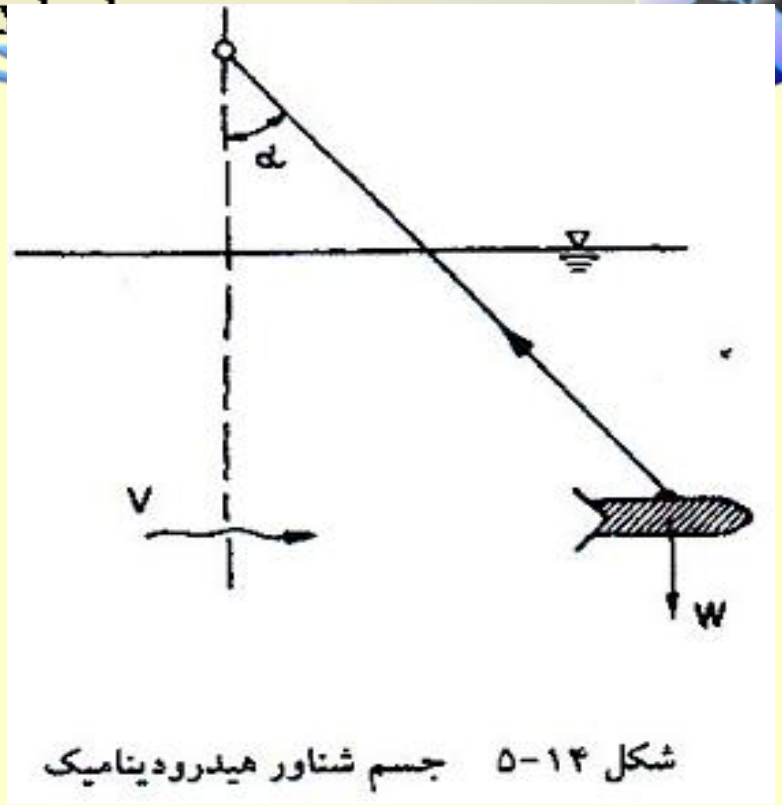
ρ – دانسیته آب (kg/m^3)

α – زاویه انحراف

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با جسم شناور



شکل ۱۴-۵ جسم شناور هیدرودینامیک

معمولاً برای سرعتهای کم از وزنه‌های سبک با سطح مقطع زیاد و برای سرعتهای زیاد از وزنه‌های سنگین با سطح مقطع کوچک استفاده می‌شود. ضریب اصطکاک وزنه‌ها در آزمایشگاه تعیین و همراه با کاتالوگ دستگاه در اختیار استفاده کننده قرار می‌گیرد. پس از آن که وزنه در عمقهای مختلف قرار گرفت می‌توان تغییرات سرعت از سطح آب تا کف رودخانه را به دست آورد. در هر حال این روش عملا کمتر توسط هیدرولوژیست‌ها بکار گرفته می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ **اندازه گیری سرعت با دستگاه سرعت سنج**

معمول‌ترین وسیله اندازه‌گیری سرعت آب در آبراهه‌ها استفاده از دستگاه سرعت سنج (current meter) یا *پروانه آبی* است. سرعت‌سنجها که در بین متخصصان هیدرولوژی بنام مولینه (نام فرانسوی آن) معروف است براین اصل استوارند که قسمت پروانه‌ای یا فنجانکهای آن در مقابل جریان آب قرار می‌گیرد و در اثر سرعت آب به چرخش در می‌آید(شکل ۱۴-۶). چرخش پروانه به سرعت آب بستگی دارد. تعداد دور پروانه از روشن و خاموش شدن چراغ و یا بوقهایی که در اثر قطع و وصل زده می‌شود تعیین می‌گردد. بعضی سرعت‌سنجها به شمارشگر نیز مجهز می‌باشند که تعداد دور را اندازه‌گیری می‌کند. اگر N تعداد دور پروانه در دقیقه باشد سرعت حرکت آب (V) عبارت خواهد بود از:

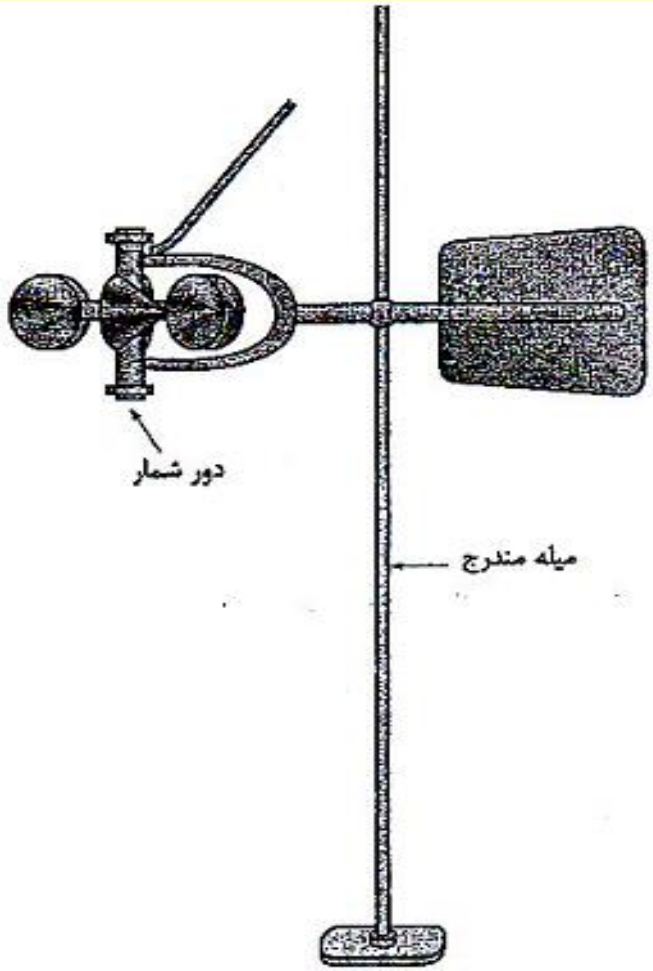
$$V = a + bN \qquad (۵-۱۴)$$

که a و b ضرایب مربوط به نوع سرعت‌سنج بوده و توسط کارخانه سازنده همراه با کاتالوگ دستگاه در اختیار قرار داده می‌شود و یا این که توسط کارشناسان با واسنجی دستگاه در آزمایشگاههای هیدرولیک بدست می‌آید.

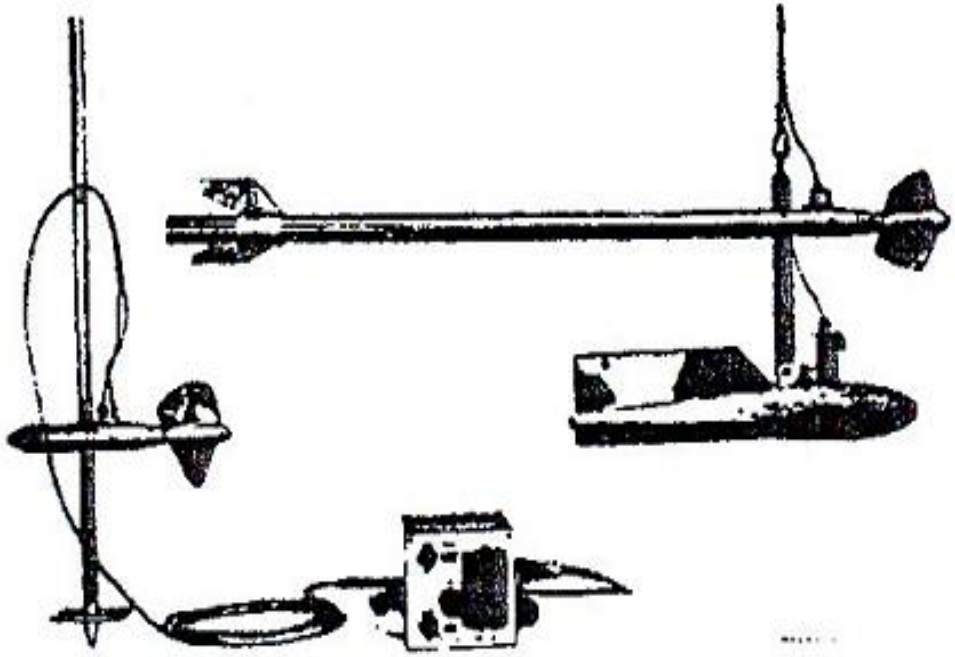
آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با دستگاه سرعت سنج



شکل ۱۴-۶ تیپ یک دستگاه سرعت‌سنج



شکل ۱۴-۷ طرز قرار گرفتن سرعت‌سنج در داخل آب

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ **اندازه گیری سرعت با دستگاه سرعت سنج**

سرعت‌سنجهایی که در حال حاضر در بازار مصرف زیاد دارند می‌توان انواع زیر را نام برد

- سرعت‌سنج پرایس (Price)
- سرعت‌سنج نرپیک (Neyrpic)
- سرعت‌سنج آت (Ott)
- سرعت‌سنج تامام (Tamam)

در برخی از سرعت سنجها محور پروانه یا فنجانکها عمودی و در برخی افقی است. در سرعت‌سنجهای پرایس که معمولترین نوع می‌باشند اگر در فرمول ۱۴-۵ سرعت V برحسب متر در ثانیه و N برحسب دور در ثانیه باشد مقادیر a و b به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۶۷ می‌باشند.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

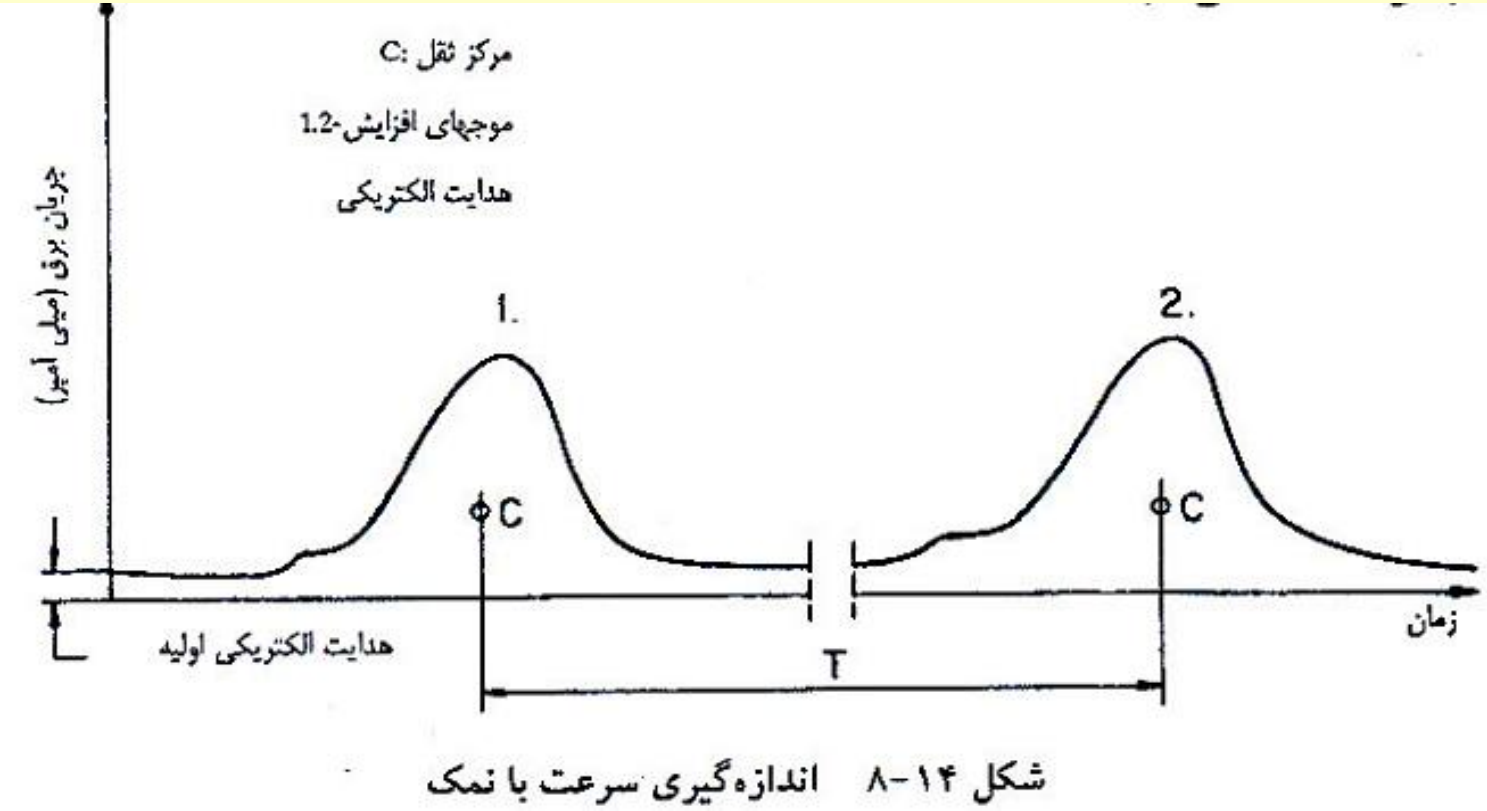
- ✓ **اندازه گیری سرعت با روش شیمیایی**

از روشهای شیمیایی نیز در اندازه‌گیری سرعت و دبی رودخانه‌ها سود جسته می‌شود. گرچه این روشها اخیراً زیاد توسعه پیدا کرده است ولی به دلیل آلوده شدن آب با مواد شیمیایی، هرچند مقدار آن کم است، مورد اعتراض زیاد واقع شده است. از انواع روشهای شیمیایی می‌توان اندازه‌گیری با نمک و مواد رنگی را نام برد.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با روش شیمیایی
- ✓ اندازه گیری سرعت با نمک



شکل ۱۴-۸ اندازه‌گیری سرعت با نمک

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ اندازه گیری سرعت با روش شیمیایی
- ✓ اندازه گیری سرعت با مواد رنگی

اندازه‌گیری با مواد رنگی این روش اساساً مشابه روش قبلی است با این تفاوت که هزینه انجام آن کمتر و در ضمن دقت عمل نیز کم است. در نقطه‌ای از مسیر رودخانه مقداری مادهٔ رنگی به‌آب اضافه می‌شود و در نقطه‌ای دیگر که به فاصلهٔ L از آن قرار گرفته است غلظت مادهٔ رنگی در آب اندازه‌گیری می‌شود. زمانی که غلظت مادهٔ رنگی در پایین دست به اوج خود رسید (T) مشخص شده و از روی آن سرعت متوسط حرکت آب محاسبه می‌شود ($V = \frac{L}{T}$). در این روش بیشتر از موادی مانند *فلورسین* (Floresein)، *رودامین* (Rhodamine)، *یدورپتاسیم*، *کلرورلیتیوم* و *اورانین* استفاده می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ **اندازه گیری سرعت با روش صوتی**

در روش صوتی یا اولتراسونیک که هنوز در مراحل آزمایشی است تپ‌هائی (Pulses) از امواج صوتی از یک نقطهٔ آب به نقطهٔ دیگری که در پایین‌دست قرارگرفته است فرستاده می‌شود. فرستادن امواج یک‌بار در جهت جریان و بار دیگر در خلاف جهت جریان آب یعنی از پایین‌دست به طرف سرآب، انجام می‌شود. اختلاف زمان حرکت امواج در دو حالت تابعی از سرعت آب است که بدین‌وسیله اندازه‌گیری سرعت آب امکان‌پذیر می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

تمام اندازه‌گیریهای آب‌سنجی از قبیل سطح آب، عمق آب و سرعت که در بخشهای قبل تشریح شد برای آن است که بتوانیم مقدار دبی را تخمین بزنیم. منظور از دبی (discharge) حجم آبی است که در واحد زمان از مقطعی از رودخانه (که عمود بر جهت جریان باشد) عبور کند. چنانچه سرعت متوسط آب $\bar{V}$ و سطح مقطع جریان A باشد مقدار دبی (Q) عبارت است از:

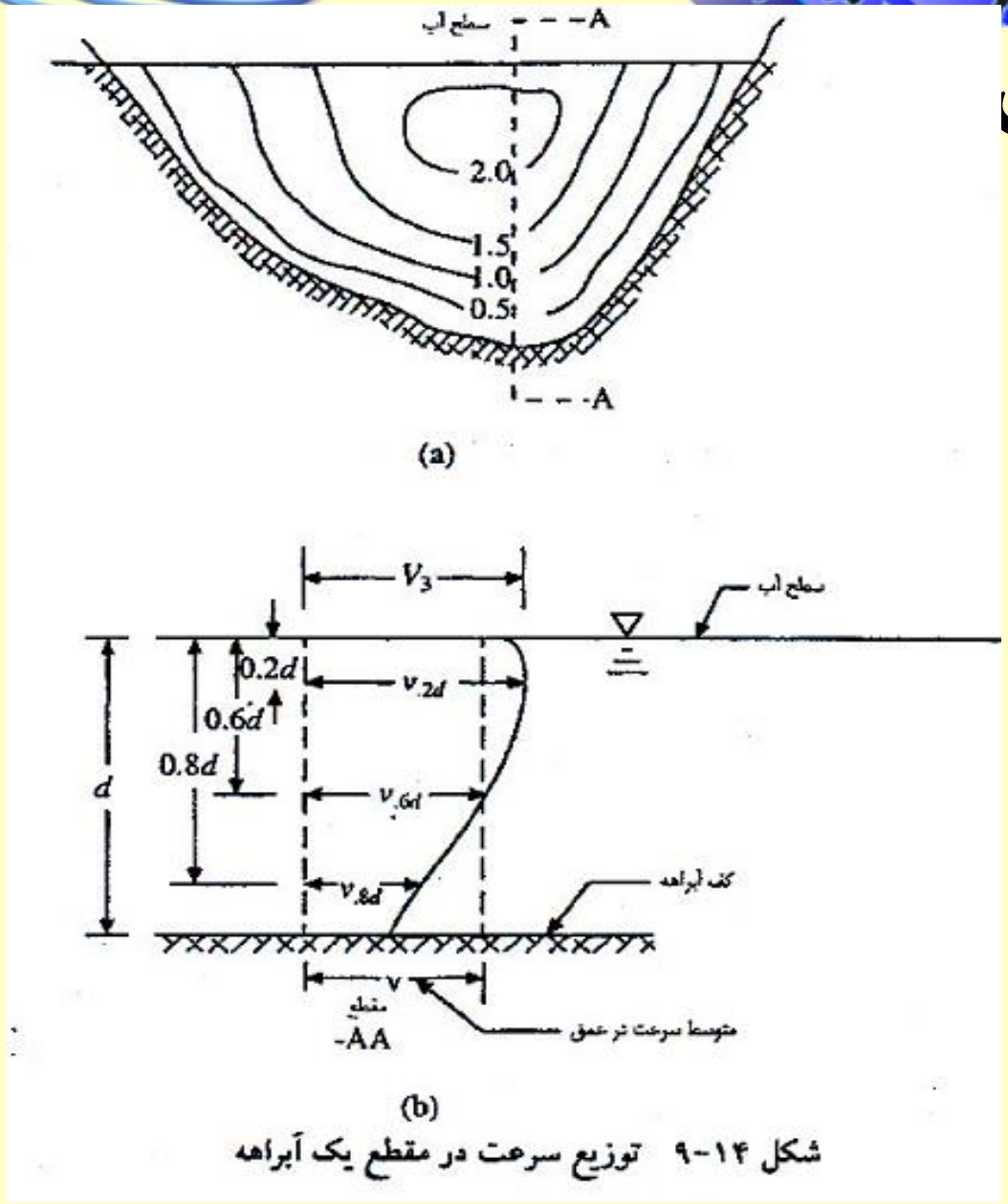
$$Q = A.\bar{V} \qquad (۷-۱۴)$$

آب سنجی

اندازه گیری دبی

بنابراین جهت تخمین دبی باید هم سرعت متوسط و هم سطح مقطع اندازه‌گیری یا محاسبه شود.سرعت جریان آب در مقطع یک رودخانه در نقاط مختلف آن متفاوت می‌باشد. بطوریکه اگر منحنی‌های هم‌سرعت را در یک مقطع رسم کنیم شکلی مشابه ۱۴-۹ خواهیم داشت. در این شکل مشاهده می‌شود که سرعت آب در جدار رودخانه بسیار کم بوده و هر چه به طرف وسط جریان و نقطه عمیق آن پیش برویم بر مقدار سرعت افزوده می‌شود. در یک مقطع معین حداکثر سرعت آب در سطح آب نخواهد بود بلکه کمی زیر سطح آب قرار گرفته است (حدود ۰/۲ عمق آب از سطح جریان). آزمایش نشان داده است که در عمق ۰/۶ از سطح آب سرعت حدوداً برابر سرعت متوسط در آن مقطع می‌باشد (شکل ۱۴-۹ قسمت b). چنانچه سرعت آب را در دو نقطه که به اندازه‌های ۰/۲ و ۰/۸ عمق از سطح آب قرار گرفته‌اند اندازه‌گیری و میانگین آنها را بدست آوریم، عدد بدست آمده حدوداً معادل سرعت آب در آن مقطع خواهد بود.

آب سنجی
اندازه گیری دبی



شکل ۱۴-۹ توزیع سرعت در مقطع یک آبراهه

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط
- ✓ روش یک نقطه ای
- ✓ روش دو نقطه ای
- ✓ روش سه نقطه ای
- ✓ روش پنج نقطه ای

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط
- ✓ روش یک نقطه ای

الف – روش یک نقطه‌ای در این روش اندازه‌گیری سرعت آب فقط در یک نقطه و در وسط جریان آب انجام می‌شود. برای این کار ابتدا یک خط قائم نسبت به سطح آب در نظر گرفته شده و روی این خط سرعت در نقطه‌ای که فاصلهٔ آن از سطح آب حدود ۰/۵ تا ۰/۷ عمق (d) باشد (0.5d - 0.7d) اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً در این مورد سرعت آب در 0.6 d (۰/۶ عمق از سطح آب) تعیین و به‌عنوان سرعت متوسط در نظر گرفته می‌شود. رقم 0.6 d برحسب تجربه به‌دست آمده است. این روش در مواردی به کار برده می‌شود که عمق آب از ۷۰ سانتی‌متر کمتر است.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط
- ✓ روش دو نقطه ای

ب - روش دو نقطه‌ای روش دو نقطه‌ای در شرایطی کاربرد دارد که در آن عمق آب رودخانه زیاد و از ۷۰ سانتی‌متر بیشتر باشد. در این حالت سرعت آب در هر مرحله در دو نقطه یکی در ۰/۲ و دیگری در ۰/۸ عمق (0.2d و 0.8d) از سطح آب اندازه‌گیری و سرعت متوسط $\bar{V}$ از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{V} = \frac{1}{2}(V_{0.2d} + V_{0.8d}) \qquad (۸-۱۴)$$

که $V_{0.2d}$ و $V_{0.8d}$ به ترتیب سرعت آب در ۰/۲ و ۰/۸ عمق آب از سطح می‌باشد.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط
- ✓ روش سه نقطه ای

ج - روش سه نقطه‌ای در این روش سرعت آب در ۰/۱۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ عمق از سطح آب اندازه‌گیری و میانگین ریاضی آنها متوسط سرعت آب خواهد بود از

$$\bar{V} = \frac{V_{0.15d} + V_{0.5d} + V_{0.85d}}{3} \qquad (9-14)$$

که $V_{0.15d}$ ، $V_{0.5d}$ و $V_{0.85d}$ به ترتیب سرعت آب در ۰/۱۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ عمق از سطح می‌باشد.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط
- ✓ روش پنج نقطه ای

د – روش پنج‌نقطه‌ای در این روش سرعت آب در سطح (V_s)، در نزدیکی‌های کف (V_b) و همچنین در ۰/۲ ، ۰/۶ و ۰/۸ عمق از سطح آب ($V_{0.2d}$ ، $V_{0.6d}$ و $V_{0.8d}$) اندازه‌گیری و سپس سرعت متوسط ($\bar{V}$) از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{V} = \frac{1}{10}(V_s + 3V_{0.2d} + 2V_{0.6d} + 3V_{0.8d} + V_b) \qquad (۱۰-۱۴)$$

این روش هنگامی‌که تغییرات سرعت نسبت به عمق یکنواخت نباشد بهتر از دیگر روشهاست.

آب سنجی
اندازه گیری دبی

✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط

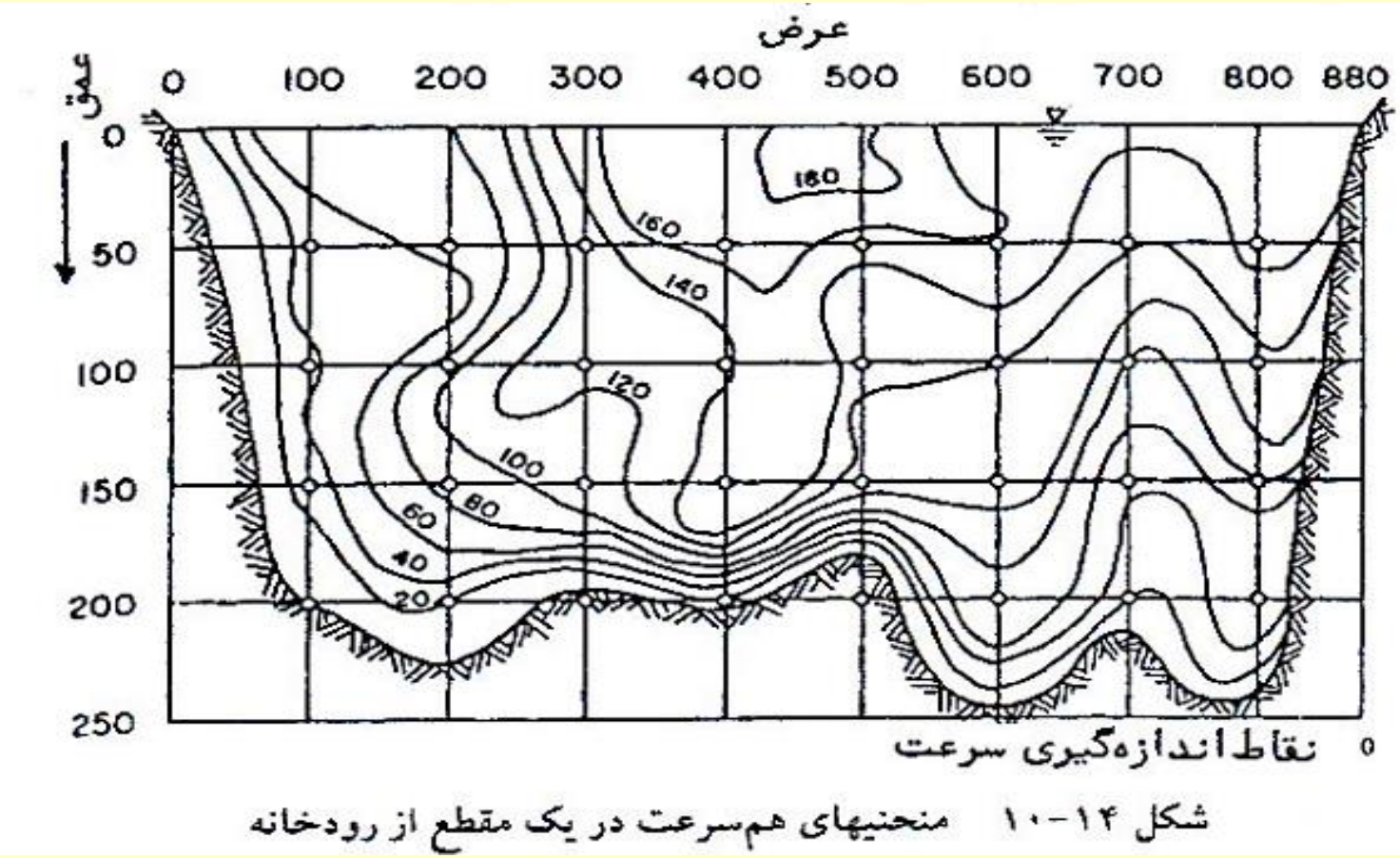
برای آن که سرعت آب در یک مقطع از رودخانه بطور دقیق‌تر محاسبه شود می‌توان مقطع رودخانه را مطابق شکل ۱۴-۱۰ شبکه‌بندی کرده و سرعت آب در محل هریک از نقاط شبکه را اندازه‌گیری کرد.

با داشتن سرعت در این نقاط، خطوط هم‌سرعت مطابق آنچه در رسم نقشه‌های توپوگرافی مرسوم است رسم می‌شود. سرعت متوسط در مقطع نیز همانند پیداکردن ارتفاع متوسط یک منطقه که قبلاً گفته شد، از روی خطوط هم‌سرعت محاسبه می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط



شکل ۱۴-۱۰ منحنیهای هم‌سرعت در یک مقطع از رودخانه

آب سنجی
اندازه گیری دبی

✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط

با توجه به این که رسم خطوط هم‌سرعت وقت‌گیر است برای محاسبه سرعت متوسط دریک مقطع تعدادی نقاط در سطح آب در آن مقطع انتخاب و سرعت متوسط آب در امتداد هریک از خطوط عمودی که از این نقاط به داخل آب رسم شوند به یکی از روشهای ۵گانه که در بالا اشاره شد اندازه‌گیری می‌شود.

پس از آن که سرعت متوسط در امتداد هریک از خطهای عمودی به دست آمد با میانگین‌گیری آنها می‌توان سرعت متوسط را بدست آورد. برطبق استاندارد تعداد این خطوط عمودی نباید از ۲۰ کمتر باشد و هرچه بیشتر باشد بهتر و نتایج دقیقتر است. برای این منظور نخی را در عرض رودخانه بسته و نقاط مورد اندازه‌گیری روی نخ با علامت مشخص می‌شوند (شکل ۱۴-۱۱) سپس در محل هر علامت سرعت متوسط جریان اندازه‌گیری می‌شود و از روی آنها سرعت متوسط در مقطع به دست می‌آید.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط

اندازه‌گیری سرعت و عمق آب در مقطع یک رودخانه کوچک

آب سنجی

اندازه گیری دبی

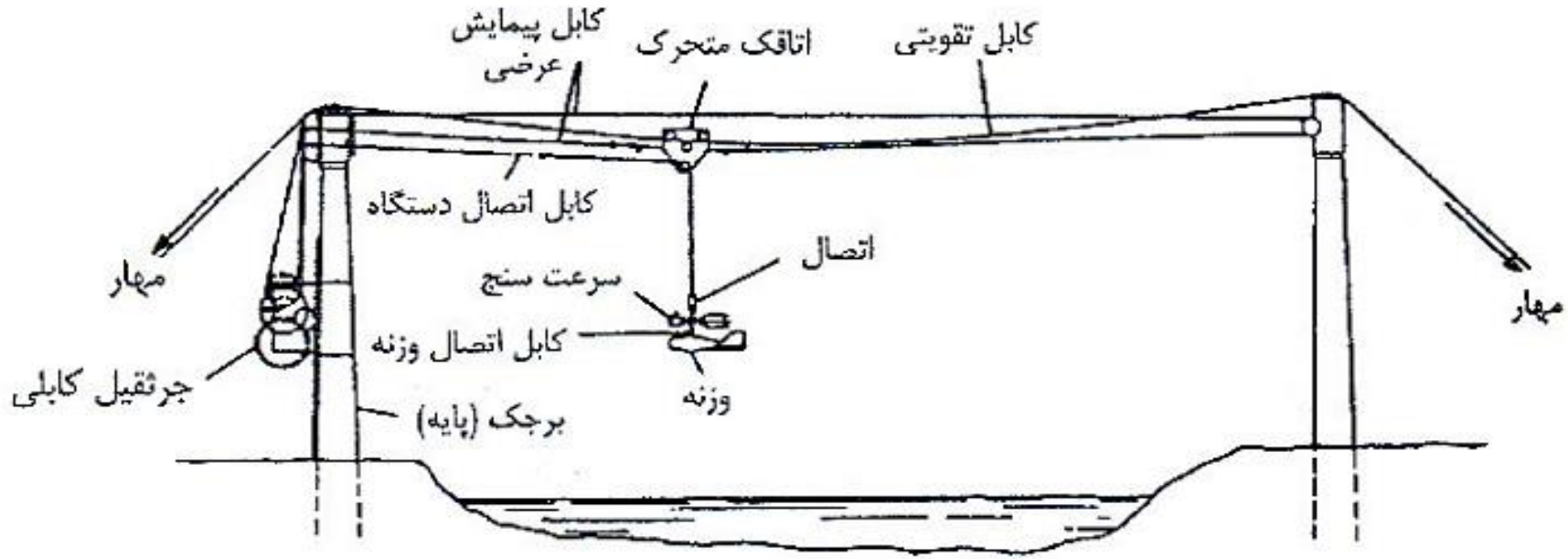
- ✓ **روش های اندازه گیری سرعت متوسط**

در صورتی که به دلیل بالا بودن جریان اب امکان رفتن به داخل آب نباشد از پلهای مخصوصی که برای این منظور روی رودخانه ساخته می‌شود و بنام پلهای *فلزی تلفریک* (شکل ۱۴-۱۲) معروف است استفاده می‌شود که سرعت‌سنج از روی آن و از بالا به داخل آب فرستاده می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش های اندازه گیری سرعت متوسط



شکل ۱۴-۱۲ پل فلزی تلفریک برای اندازه‌گیری سرعت آب در رودخانه‌های بزرگ، به کابلی که سرعت‌سنج به آن متصل شده است توجه کنید

آب سنجی

اندازه گیری دبی

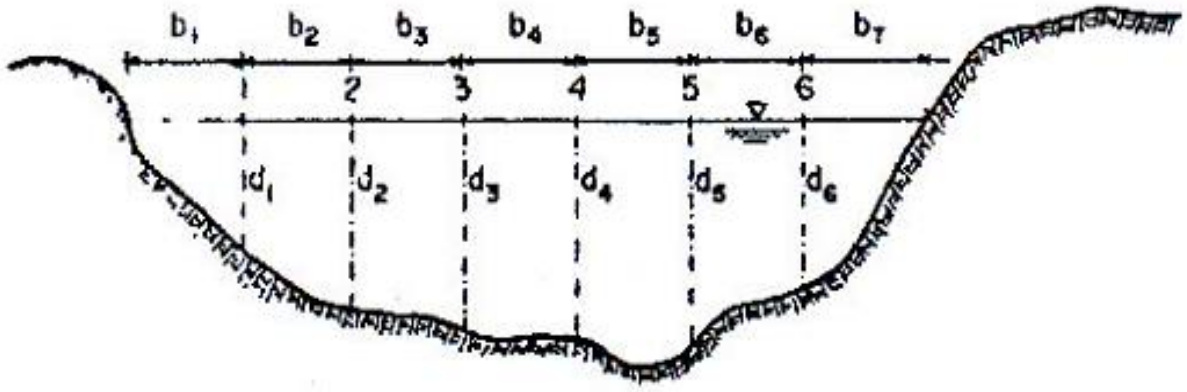
- ✓ روش ریاضی
- ✓ روش خطوط هم سرعت
- ✓ با استفاده از مواد شیمیایی
- ✓ از روی شیب و ضریب انتقال
- ✓ از روی قرائت اشل
- ✓ با سازه های کوچک
  - ➢ سرریز مثلثی
  - ➢ سرریز مستطیلی ساده
  - ➢ سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش ریاضی

الف - روش ریاضی اگر یک مقطع را مطابق شکل ۱۴-۱۳ به چند قسمت b_1 ، b_2 ، ... و b_n تقسیم کنیم و عمق آب در محل هریک از تقسیمات d_1 ، d_2 ، d_3 ، ... و d_n باشد با اندازه‌گیری



شکل ۱۴-۱۳ اندازه‌گیری دبی به روش ریاضی (فرمول ۱۴-۱۱)

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش ریاضی

سرعت متوسط در هریک از نقاط تقسیم V_1 ، V_2 ، ... و V_n می‌توان مقدار دبی راکه از هریک از قطعات تقسیم شده سطح مقطع می‌گذرد از فرمول زیر محاسبه کرد.

$$q_{i\to(i+1)} = \frac{\bar{V}_i + \bar{V}_{i+1}}{2} \times \left(\left[\frac{d_i + d_{i+1}}{2} \right] [b_{i\to(i+1)}] \right) \qquad (۱۱-۱۴)$$

$q_{i\to(i+1)}$ = دبی در قسمتی از مقطع که بین دو خط عمودی i و i+1 قرار گرفته است (m^3/sec)

V_i = متوسط سرعت آب در خط عمودی i ، متر در ثانیه

V_{i+1} = متوسط سرعت آب در خط عمودی i+1 ، متر در ثانیه

d_i = عمق آب در خط عمودی i ، متر

d_{i+1} = عمق آب در خط عمودی i+1 ، متر

$b_{i\to(i+1)}$ = عرض سطح آب بین دو خط i و i+1 ، متر

با محاسبهٔ q_i در هریک از اجزای سطح مقطع مقدار دبی کل (Q) عبارت خواهد بود از

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i \qquad (۱۲-۱۴)$$

که n تعداد مقاطع است. در رودخانه‌های معمولی مناسب‌ترین تعداد قطعات ۲۰ می‌باشد.

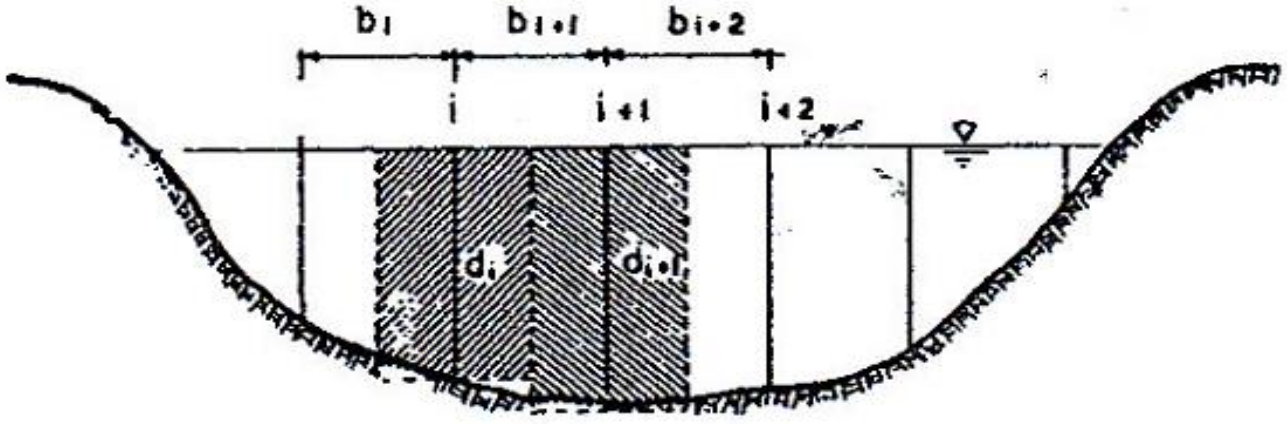
آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش ریاضی

$$q_i = d_i V_i\left(\frac{b_i}{2} + \frac{b_{i+1}}{2}\right) \qquad (۱۳-۱۴)$$

اجزای فرمول‌های ۱۴-۱۲ و ۱۴-۱۳ همان است که در معادلهٔ ۱۴-۱۱ تشریح شده است.



شکل ۱۴-۱۴ محاسبهٔ دبی به روش ریاضی (فرمول ۱۴-۱۳)

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ روش خطوط هم سرعت

ب – روش خطوط همسرعت همان‌طور که قبلاً بحث شد با رسم خطوط همسرعت می‌توان سرعت متوسط آب در یک مقطع را به دست آورد. اگر Ai مساحت بین هر دو خط همسرعت و Vi سرعت متوسط روی این مساحت باشد (میانگین سرعت در خط بالا و پایین آن) مقدار دبی عبارت خواهد بود از:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} V_i \times A_i \qquad (۱۴-۱۴)$$

آب سنجی
اندازه گیری دبی

- ✓ **محاسبه دبی از روی قرائت اشل**

هـ - محاسبهٔ دبی از روی قرائت اشل اگر در یک نقطه از مسیر رودخانه که اشل یا خط‌کش اندازه‌گیری سطح آب نصب شده است چندین‌بار علاوه بر قرائت اشل دبی نیز از روی اندازه‌گیری سرعت متوسط و سطح مقطع تعیین گردد می‌توان رابطه‌ای را بین اشل و دبی به‌دست آورد. چنین رابطه‌ای در شکل ۱۴-۱۶ مشاهده می‌شود. نقاطی که در این شکل مشاهده می‌شود نتیجهٔ اندازه‌گیریهای مستقیم دبی و اشل بوده که از بین آنها منحنی رسم شده است. حال در صورتی که فقط اشل قرائت شود می‌توان از روی این نمودار دبی را تخمین زد. معادله‌ای که بر نقاط شکل ۱۴-۱۶ می‌توان برازش داد یک تابع نمائی است که بصورت زیر می‌باشد:

$$Q = aH^b \qquad (۲۲-۱۴)$$

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ **محاسبه دبی از روی قرائت اشل**

اما اگر به ازاء $H = 0$ دبی صفر نباشد $(Q \neq 0)$ در این صورت باید در معادله بالا اصلاحاتی بصورت زیر انجام شود:

$$Q = a(H - H_o)^b \qquad (۲۳-۱۴)$$

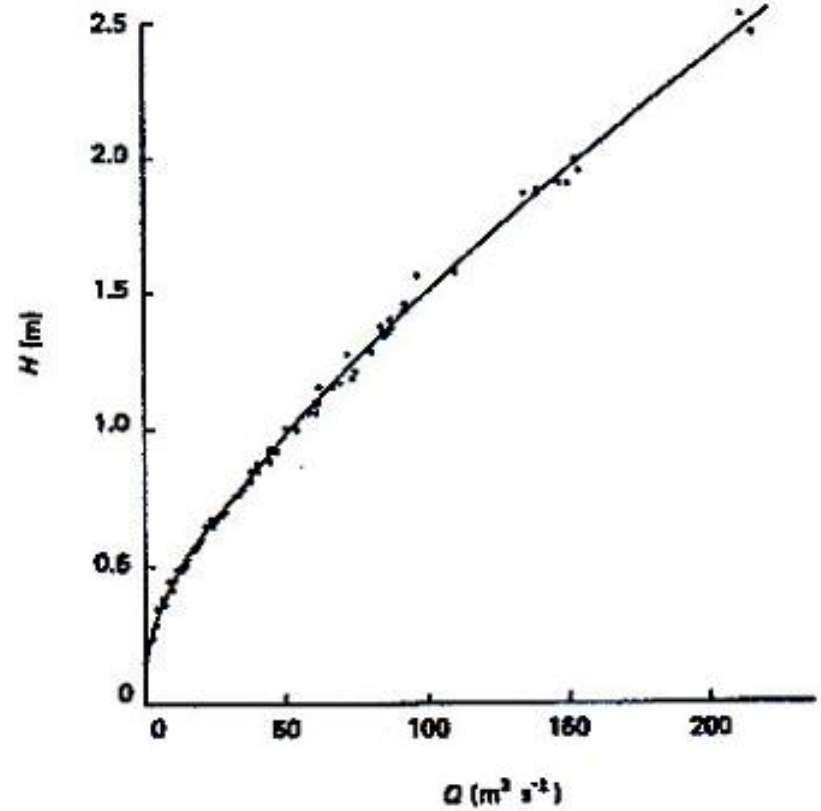
مقادیر a و b و H_o اعداد ثابتی هستند که باید به روش‌هائی مانند روش حداقل مربعات از روی داده‌های اندازه‌گیری شده دبی و اشل بدست آیند. چنانچه منحنی دبی اشل روی محورهای مختصات معمولی بصورت یک منحنی ساده مشاهده نشود می‌توان از طرفین معادله ۱۴-۲۳ لگاریتم گرفته وسپس بجای رسم Q نسبت به H مقادیر $\log(Q)$ نسبت به $\log(H - H_o)$ رسم شود که در این وضعیت معادله ۱۴-۲۳ بصورت زیر خواهد بود.

$$\log(Q) = \log a + b\,[\log(H - H_o)] \qquad (۲۴-۱۴)$$

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ محاسبه دبی از روی قرائت اشل

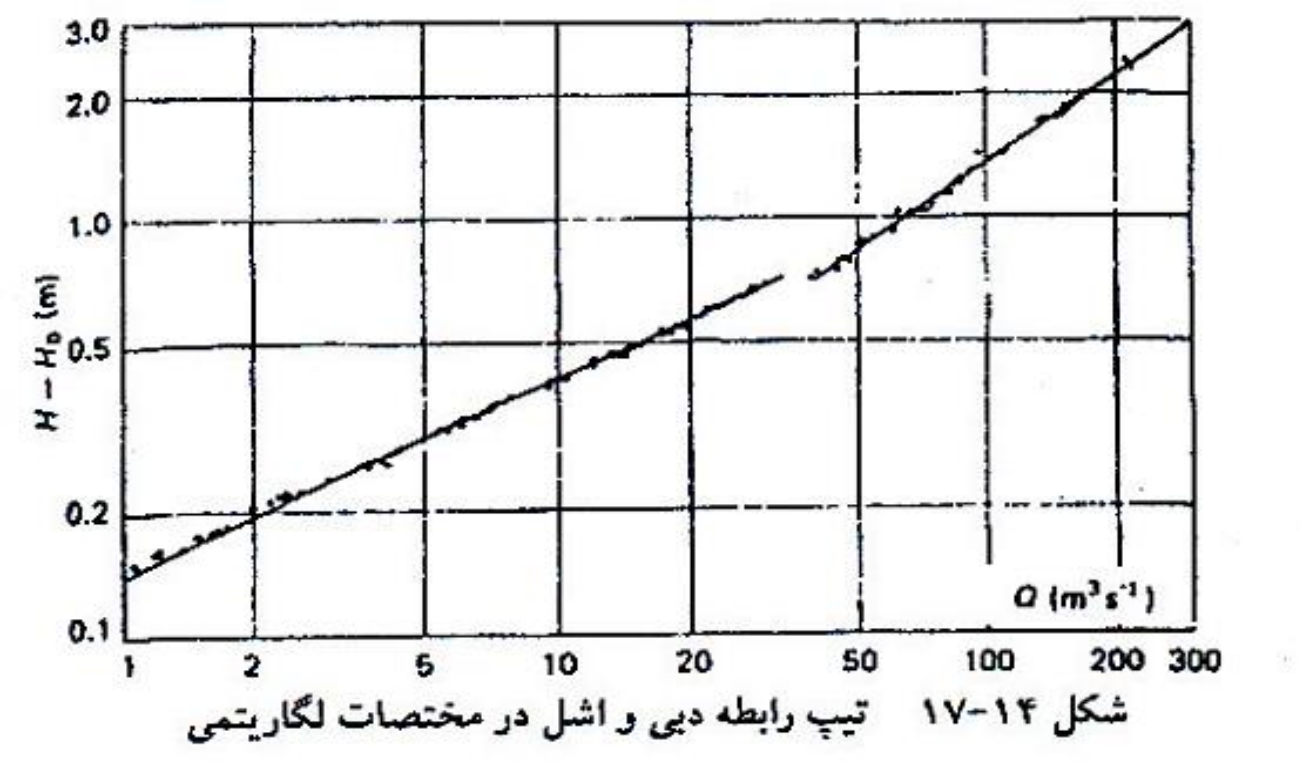


شکل ۱۴-۱۶ تیپ رابطه بین دبی - اشل

آب سنجی

اندازه گیری دبی

- ✓ محاسبه دبی از روی قرائت اشل



شکل ۱۴-۱۷ تیپ رابطه دبی و اشل در مختصات لگاریتمی

مسائل

۱۴-۱ در چندین اندازه‌گیری که از محل نصب یک اشل به عمل آمده است نتایج زیر حاصل شده‌است.

قرائت اشل (m)	دبی اندازه‌گیری شده (m^3/sec)
0.4	7.846
0.445	10.104
0.495	12.979
0.440	9.838
0.50	13.288
0.505	13.601
0.472	11.608
0.483	12.253
0.350	5.690

الف - رابطه دبی - اشل را روی کاغذ گراف معمولی رسم کنید.

ب - رابطه دبی - اشل را روی کاغذ لگاریتمی رسم و معادله آن را حساب کنید.

ج - چنانچه در متوسط دبی سالانه این رودخانه قرائت اشل ۰/۴۱۰ متر باشد حجم آبی که در طول سال از این رودخانه می‌گذرد چقدر تخمین زده می‌شود.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ مسئله

۵-۱۴ برای اندازه‌گیری جریان در یک نهر از مولینه‌ای استفاده شده است که ضرایب ثابت فرمول آن a=0.06 و b=0.4 می‌باشد. اندازه‌گیری در عمق‌های ۰/۲ و ۰/۶ و ۰/۸ از سطح انجام و نتایج زیر بدست آمده است.

عمق	تعداد دور	مدت (ثانیه)
0.2d	40	59
0.6d	15	49
0.8d	30	54

مقدار سرعت آب چقدر است.

آب سنجی

اندازه گیری سرعت آب

- ✓ مسئله

۳-۱۴ برای اندازه‌گیری سرعت متوسط آب در یک آبراهه با یک دستگاه سرعت سنج (مولینه) اقدام به اندازه‌گیری سرعت در ۰/۲ و ۰/۸ عمق آب (d) از سطح شده است که نتایج زیر بدست آمده است. اگر ضرایب سرعت سنج a=0.003 و b=0.38 باشد سرعت متوسط در این آبراهه چقدر است.

عمق	تعداد دور	مدت (ثانیه)
0.2 d	35	50
0.8 d	25	55