

مقایسه روشهای اندازه گیری رسوبات معلق در رودخانه

سعیدرضا خدائشناس، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
نیلوفر یاراحمدی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی
مشهد

saeedkhodashenas@yahoo.fr
niloufar.varahmadi@gmail.com

چکیده

برآورد رسوبدهی رودخانه ها در موارد متعددی نظیر طراحی سازه های آبی، مهار سیلاب و آبیگری از رودخانه ها حائز اهمیت بسیار می باشد. از طرفی میزان غلظت رسوبات معلق یکی از مهمترین پارامترها در برآورد بار رسوبی رودخانه ها بشمار می رود. بنابراین بدست آوردن توانایی کمی کردن صحیح غلظت رسوبات معلق همواره مد نظر محققان بوده و در راستای تحقق این هدف روشهای اندازه گیری غلظت رسوبات معلق در طول زمان دستخوش تغییر و تحول شده اند. در این تحقیق، ضمن مرور روشهای اندازه گیری غلظت رسوبات معلق (روشهای سنتی و روشهای مدرن) و مقایسه آنها مزایا، معایب و محدودیتهای هر یک از آنها مورد بررسی بررسی قرار گرفته اند و درباره دقت این روشها نیز بحث شده است.

واژه های کلیدی: بار معلق، غلظت بار معلق، اندازه گیری

مقایسه روشهای اندازه گیری رسوبات معلق در رودخانه

سعیدرضا خدائشناس، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
نیلوفر یاراحمدی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، دانشگاه فردوسی مشهد

saeedkhodashenas@yahoo.fr
niloufar.yarahmadi@gmail.com

چکیده

برآورد رسوبدهی رودخانه ها در موارد متعددی نظیر طراحی سازه های آبی، مهار سیلاب و آبگیری از رودخانه ها حائز اهمیت بسیار می باشد. از طرفی میزان غلظت رسوبات معلق یکی از مهمترین پارامترها در برآورد بار رسوبی رودخانه ها بشمار می رود. بنابراین بدست آوردن توانایی کمی کردن صحیح غلظت رسوبات معلق همواره مد نظر محققان بوده و در راستای تحقق این هدف روشهای اندازه گیری غلظت رسوبات معلق در طول زمان دستخوش تغییر و تحول شده اند. در این تحقیق، ضمن مرور روشهای اندازه گیری غلظت رسوبات معلق (روشهای سنتی و روشهای مدرن) و مقایسه آنها مزایا، معایب و محدودیتهای هر یک از آنها مورد بررسی بررسی قرار گرفته اند و درباره دقت این روشها نیز بحث شده است.

واژه های کلیدی: بار معلق، غلظت بار معلق، اندازه گیری

مقدمه

هر ساله بالغ بر ۲۰ میلیارد تن رسوب توسط رودخانه های جهان انتقال یافته و در سواحل ته نشین می شوند. رودخانه های ما در مقایسه با رودخانه های جهان بدلیل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، زمین شناسی و فشار بیش از حد به اراضی حوضه های آبخیز، رسوبات بالاتری را حمل می کنند که همواره آسیبهای و خسارات زیادی را به دنبال دارند. مهمترین این خسارات عبارتند از:

- ۱- تخریب پلها و سازه های کنار رودخانه
- ۲- عمیق تر شدن بستر کانالها
- ۳- کاهش پتانسیل انتقال رسوب در پائین دست
- ۴- پر شدن کانالهای آبرسانی و کاهش عمق رودخانه ها
- ۵- رسوب گذاری در مخازن پشت سد و کاهش ظرفیت مخزن و ... [۱]
- ۶- انتقال آلودگی ها

از طرفی، آزمایشات نشان می دهند که در یک پروفیل قائم در جریان آب، مقدار بار معلق حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد بار رسوبی کل را تشکیل می دهد. این سهم بالا، اهمیت برآورد مناسب بار معلق را بعنوان بخش تعیین کننده ای از بار کل رسوب روشتتر می سازد. روش معمول برای تخمین رسوب در علم هیدرولوژی استفاده از منحنی سنج رسوب می باشد. در واقع از طریق داده های هیدرومتری و رسوب سنجی و با توجه به اینکه عموماً دبی رسوب (Q_s) تابعی از دبی جریان (Q_w) می باشد،

رابطه ای بین این دو استخراج می گردد که به منحنی سنج رسوب معروف می باشد و با استفاده از ارقام درازمدت گذر جریان در رودخانه، بار معلق درازمدت رودخانه برآورد می شود [۲]. اگرچه دبی رسوب انتقالی در رودخانه تابع دبی جریان می باشد، ولی این عامل تنها عامل موثر بر دبی رسوب نمی باشد، بنابراین تعیین دبی رسوب با استفاده از این روش عموماً همراه با خطا می باشد. به همین دلیل، جهت برآورد رسوبات حمل شده توسط رودخانه ها، معادلات متعددی توسط محققان تعریف شده است. برخی از این معادلات و روابط که از اعتبار و مقبولیت جهانی برخوردار می باشند عبارتند از: روشهای راس، اینشتین، ساماگا، لین و کالینسکی، بگنولد و فان راین. از طرفی در اکثر معادلات تخمین رسوبات معلق، غلظت رسوبات اندازه گیری شده یکی از پارامترهای موثر می باشد. بنابراین در این تحقیق به بررسی روشهای اندازه گیری غلظت رسوبات رودخانه ها، نحوه تغییر و تحول و پیشرفت آنها در طی زمان و دلایل وقوع این تغییرات پرداخته و این روشها به دو دسته روشهای سنتی و روشهای سنجش از راه دور تقسیم بندی شده اند. روشهای سنتی شامل دو روش دستی و استفاده از اسپکتروفتومتر بوده و روشهای استفاده از تصاویر ماهواره ای، پردازش تصاویر دیجیتال و استفاده از ADV و ACP در زمره روشهای سنجش از راه دور قرار گرفته اند. در ادامه پس از ارائه توضیحات لازم در مورد روشهای ارائه داده شده در این دو گروه، روشهای مذکور مورد مقایسه قرار گرفته و مزایا، معایب و محدودیتهای هر یک از آنها بررسی شده است.

برای جمع آوری مطالب لازم جهت انجام این تحقیق، از اطلاعات دست دوم استفاده شده است. این گونه اطلاعات، اطلاعاتی هستند که از طریق مطالعه کتابها، مجموعه ها، مقالات و نظائر آنها حاصل می گردند. معمولاً روشی که برای جمع آوری این نوع اطلاعات بکار برده می شود عبارت است از مطالعات کتابخانه ای. بهترین و مفیدترین تکنیک جمع آوری اطلاعات نیز در مطالعات کتابخانه ای، تکنیک فیش برداری می باشد. فیش برداری یک روش سنتی جمع آوری اطلاعات است که اطلاعات مرتبط به هم را به گونه ای استوار، منطقی و خلاصه تلفیق کرده و با کنار نهادن اطلاعات ناهماهنگ و غیرضروری، مرجع مناسبی را جهت یک پیشینه کاوی خوب در اختیار محقق قرار می دهد.

مواد و روشها

بار معلق به مجموعه موادی گفته می شود که در آب بصورت معلق وجود دارد. بار معلق بر حسب گرم در لیتر یا کیلوگرم در متر مکعب توصیف می شود و آن عبارت از مقدار گرم مواد رسوبی است که در هر لیتر جریان آب رودخانه بصورت معلق وجود دارد [۳]. در ادامه به بررسی روشهای اندازه گیری غلظت آنها پرداخته می شود.

روشهای اندازه گیری غلظت مواد معلق رودخانه ها

همزمان با پیشرفت روشهای تخمین بار معلق رودخانه ها، روشهای تعیین غلظت رسوبات معلق رودخانه ها نیز تحول یافته اند. لازم به ذکر است که در تمامی روشهای تعیین غلظت معمولاً نمونه گیری از مواد معلق رودخانه با استفاده از دو نوع نمونه بردار دستی و نمونه بردار وزنی به روش انتگرالسیون عمقی انجام می گیرد که خود دارای دو نوع می باشد:

۱- نمونه بردار نقطه ای (PI)

۲- نمونه بردار عمقی (DI) [۴]

در زیر به معرفی و بررسی روشهای مذکور می پردازیم.

روش دستی

در این روش برای تخمین غلظت بار معلق به یکی از روشهای فوق از جریان رودخانه نمونه گیری می شود. در آزمایشگاه پس از جدا کردن مواد رسوبی به وسیله کاغذ صافی رسوب را خشک می کنند و بعد از توزین غلظت رسوب را بر حسب گرم در لیتر می سنجند [۳].

استفاده از اسپکتروفتومتر

اسپکتروفتومتری یکی از بارزترین روشهای کمی است که در اختیار دانشمندان قرار دارد. غلظت ترکیبات موجود در محلولها را می توان بوسیله نور جذب شده در یک یا چند طول موج تعیین نمود. درک مکانیزم جذب و گسیل نور از دیدگاه

کلاسیک آسان است. بنا بر این نظریه، یک اتم در صورتی نور گسیل می کند که بطریقی مانند برخورد اتم با سایر اتمها، به الکترونهاى آن انرژی داده شود. این الکترونها در صورت بدست آوردن انرژی ارتعاش می کنند و موجهای الکترومغناطیسی بوجود می آورند یعنی نور گسیل می کنند. بر عکس، طبق همین نظریه اگر نور به یک اتم بتابد، نوسان میدان الکتریکی نور فرودی باعث می شود که الکترونها شروع به ارتعاش کرده و نور تابشی را جذب نمایند.

لازم به توضیح است که بررسی طیف تابشی و جذبی اتمها نشان می دهد که نور با بعضی از طول موجهای معین توسط اتمها گسیل و یا جذب می شود و این بدان معنی است که الکترونها فقط با فرکانس ویژه ای می توانند ارتعاش کنند. در سال ۱۹۱۳ نیلز بور فیزیکدان دانمارکی نشان داد:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 K^2 m e^4}{h^2} \times \frac{1}{n^2}$$

که در این رابطه:

E_n : انرژی الکترون در مدار n ام

n : عدد کوانتومی اصلی

$$K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

K : ضریب ثابت در قانون کولن

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$$

m : عدد کوانتومی اصلی

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

e : بار الکتریکی الکترون

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

h : ثابت پلانک

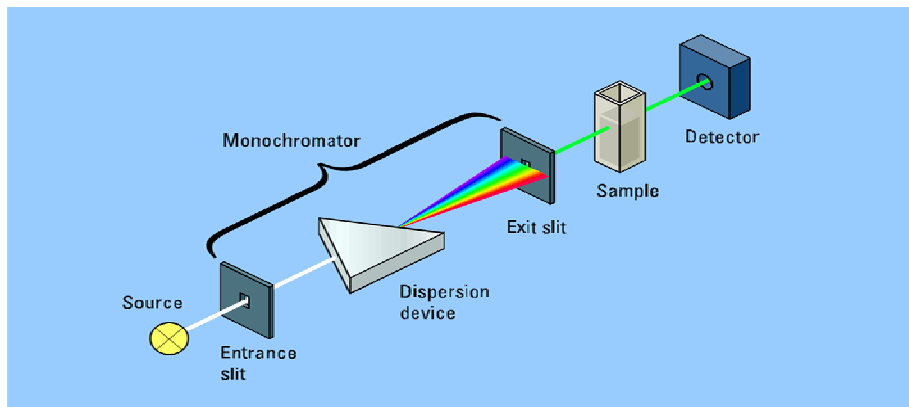
می باشد.

همچنین بور نشان داد هنگامی که الکترون از مدارى با انرژی بیشتر (n) به مدارى با انرژی کمتر (n') می رود، یک فوتون با فرکانس Γ تابش میکند که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$r = \frac{E_n - E_{n'}}{h}$$

پس یک اسپکتروفتومتر بطور کلی دارای اجزای زیر است:

- ۱- چشمه نوری
- ۲- انتخاب گر طول موج
- ۳- نگهدارنده نمونه (کووت)
- ۴- آشکارساز [۷۵]



شکل (۱) اساس اسپکتروفتومتر

استفاده از روشهای سنجش از راه دور

با توجه به آنچه گفته شد، اندازه گیری بار رسوب توسط روش دستی و با صرف وقت و هزینه زیادی انجام می پذیرد. وجود عواملی نظیر مشکلات و خطرات موجود در مواقع سیلابی که بخش عمده رسوبات توسط رودخانه حمل می گردد، شرایط آب و هوایی نامناسب نظیر نمونه برداری از روی قایق و یا از روی پل تلفریک در شرایط گرما و یا سرمای شدید و نبودن سرپناه، ایمن نبودن وسایل و ابزار فنی، علاوه بر اینها وقت گیر و پرهزینه بودن روشهای سنتی از جمله دلایلی است که ضرورت تحقیقات بیشتر جهت یافتن و بکارگیری روشهای نوین اندازه گیری را نشان می دهد که از جمله این روشها می توان به روش استفاده از تصاویر ماهواره ای، روش پردازش تصاویر دیجیتال و استفاده از ADV و ACP اشاره کرد.

روش پردازش تصاویر دیجیتال

درخصوص روش پردازش تصاویر دیجیتال تحقیقات اندکی صورت گرفته است. اساس این روش تحقیقی است که در سال ۱۹۸۸ توسط Steven و Hughes در مرکز تحقیقاتی Coastal Engineering انجام گرفت. در این تحقیق، آنان با استفاده از تکنیک فیلمبرداری با سرعت بالا و تجزیه و تحلیل تصویر توانستند به غلظت رسوبات معلق دست یابند. در مرکز فوق الذکر طی سالهای ۱۹۸۶ و ۱۹۸۷، یکسری آزمایشات انجام گرفت تا با تعیین پارامترهای دخیل در هنگام فیلمبرداری، شرایط بهینه جهت فیلمبرداری با کیفیت بالا و زمان cut مناسب فیلم جهت تعیین غلظت رسوبات معلق بدست آید. دستورالعمل مناسب جهت انجام اینکار، تهیه نقشه کانتورهای شدت نور بازگشتی از تصاویر فیلم ۱۶ میلیمتری دیجیتالی و ارتباط دادن آنها به غلظت رسوبات معلق بود [۸]. همچنین می توان به تحقیق انجام شده توسط Bruno و Rotary [۹] در سال ۱۹۹۹ اشاره کرد. در زمینه تحقیقات انجام شده با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال می توان به تحقیق انجام شده در کشور مالزی اشاره نمود. در این تحقیق که با کمک پردازش تصاویر دیجیتال در دهانه رودخانه پری (Pri) در مالزی صورت گرفت، Lim و همکاران [۱۰] موفق شدند با استفاده از الگوریتم خاصی، میزان کل ذرات جامد معلق را با دقت خوبی تعیین و رابطه ای خطی بین این پارامتر و کدورت ایجاد نمایند.

به منظور تعیین غلظت رسوبات معلق از طریق پردازش تصاویر دیجیتال باید مراحل زیر انجام شود که در مورد هریک جداگانه توضیح داده خواهد شد:

- ۱- آماده سازی نمونه ها با غلظتهای مختلف
- ۲- تصویر برداری از نمونه ها تحت شرایط یکسان
- ۳- کاربرد الگوریتم به منظور پردازش تصاویر دیجیتال
- ۴- تعیین رابطه بین غلظت و مقادیر RGB

الف- آماده سازی و تصویر برداری از نمونه ها

ابتدا از محل مورد نظر در اعماق مختلف نمونه رسوب گرفته می شود. به منظور یکنواخت نمودن نمونه ها و یکسان نمودن توزیع رسوب در کل ظرف پیش از تصویر برداری، نمونه ها کاملاً بهم زده شده و سپس از هر نمونه تصویربرداری می شود. نکته قابل توجه در این مرحله این است که با توجه به اینکه شدت نور تصاویر و در نتیجه مقادیر RGB حاصل از پردازش، شدیداً به فاصله دوربین از نمونه و نور محیط حساس می باشد، تصاویر باید از این لحاظ تحت شرایط یکسانی برداشت شوند تا مقادیر مذکور تنها تابعی از پارامترهای مطلوب و قابل کنترل یعنی غلظت و عمق نمونه باشند.

ب- کاربرد الگوریتم به منظور پردازش تصاویر

این الگوریتم برای نشان دادن و تعریف رنگ و در نتیجه پردازش از یک فضای رنگی با عنوان RGB استفاده می کند. این فضا بصورت یک سیستم مختصات قائم الزاویه می باشد. به این معنی که رنگها با سه محور عمود بر هم (شدت نورهای قرمز، سبز و آبی) نشان داده می شوند. شدت نور هر رنگ از صفر در مبداء شروع و متناسب با فاصله افزایش می یابد. چون هر رنگ دارای حداکثر شدت ۲۲۵ است، ساختار بدست آمده بصورت یک مکعب می باشد.

این نحوه نمایش، مدلی ریاضی ارائه می دهد که توسط آن می توان هر رنگی را به راحتی و تنها با مشخص کردن مقادیر قرمز، سبز و آبی تعریف کرد. به عنوان مثال، رنگ سیاه هیچ مقداری از نورهای قرمز، سبز یا آبی نداشته و در نتیجه مختصات (۰،۰،۰) را داراست و در طرف مقابل نور سفید بیشترین شدت از هر رنگ را دارد که در نتیجه با مختصات (۲۲۵،۲۲۵،۲۲۵) نشان داده می شود.

سپس با استفاده از الگوریتمی خاص که می توان آن را در نرم افزار MATLAB نیز تدوین کرد، تصویر بعنوان ورودی دریافت می شود. خروجی این الگوریتم متوسط مقادیر RGB مربوط به کل پیکسلهای تشکیل دهنده تصاویر مربوطه می باشد و به این ترتیب برای هر تصویر سه مقدار مختلف که معرف RGB مربوط به آن تصویر می باشد به دست خواهد آمد.

ج- تعیین رابطه بین غلظت و مقادیر RGB

پس از تدوین الگوریتم مربوطه مقادیر RGB برای کلیه تصاویر بدست آمده و سپس با استفاده از نرم افزار Find Graph می توان نمودارهای غلظت در مقابل باندهای قرمز، سبز و آبی را رسم کرده و در هر مورد مناسبترین منحنی ممکن برآزش داد.

لازم به ذکر است که وجود رابطه با همبستگی قوی بین غلظت و رنگ رسوب تا کنون در محدوده غلظتهای کمتر از ۱۰ گرم بر لیتر تأیید شده است. بنظر می رسد با افزایش غلظت، بروز و تأثیر عواملی نظیر اشباع شدن نمونه و ناهمگنی آن سبب کاهش شدید این همبستگی می شود.

انتظار می رود با بکار گیری دوربینهای پیشرفته تر و با وضوح بالاتر که در ماهواره ها مورد استفاده قرار می گیرند و طبیعتاً قدرت تفکیک بالاتری دارند، امکان تشخیص و پیش بینی غلظتهای بالاتر و توسعه دامنه کارایی این روش در آینده فراهم شود. [۶]

استفاده از تصاویر ماهواره ای

بسیاری از تحقیقات، وجود رابطه بین اشعه های بازتاب شده اندازه گیری شده توسط ابزار هوایی و ماهواره ای و رسوبات معلق در محدوده وسیع آبهای ساحلی را نشان می دهند. برای مثال، با استفاده از سنجنده باند حرارتی با قدرت تفکیک رادیومتریکی بالا (AVHRR) ماهواره NOAA [۱۱]، سنجنده نقشه بردار موضوعی ماهواره Landsat [۱۲] و سنجنده Seawifs [۱۳] تهیه نقشه رسوبات از طریق سنجش از دور بخوبی جای خود را باز کرده است.

نحوه کار بطور خلاصه بدین صورت است که ابتدا نمونه گیری از آب بصورت دستی و با قایق موتوری همزمان با عبور ماهواره از منطقه مورد نظر صورت می پذیرد. نمونه ها در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفته و محدوده غلظتهای آنها مشخص می شود. تصاویر بدست آمده از طریق ماهواره نیز در ابتدا توسط نرم افزارهایی مانند ENVI و ERDAS مورد پردازش قرار می گیرند. تصحیحات رادیومتریکی، هندسی و اتمسفری جهت استخراج میزان بازتابندگی واقعی و حذف نوفه روی آنها انجام می شود. پس از پیش پردازش تصاویر، بازتابندگی مرتبط با نقاط نمونه برداری از منطقه، از تصویر استخراج شده و بعنوان ورودی به یک شبکه عصبی مصنوعی اعمال می شوند. خروجی متناظر، غلظت مواد معلق اندازه گیری شده است.

علیرغم کاربرد وسیع سنجش از دور در دنیا، عواملی وجود دارند که کاربری سنجش از دور جهت تعیین غلظت رسوبات در بیشتر آبهای ساحلی را محدود می کنند. از جمله این عوامل می توان به خصوصیات یا امکانات ابزارهای سنجش از دور و نرم افزارهای پردازشی اشاره کرد [۱۴]. معمول ترین محدودیت، قدرت تفکیک فضایی و یا مکانی سنجنده ها می باشد. مثلاً قدرت تفکیک فضایی سنجنده AVHRR حدود ۱ کیلومتر می باشد که این داده ها جهت بررسی تغییرات در مصب رودخانه ها و خلیج ها غالباً خیلی بزرگ هستند. سری ماهواره های Landsat، قدرت تفکیک فضایی ۳۰ متر را دارند اما خصوصیات مداری این ماهواره ها، زمان بازبینی ۱۶ روزه را نتیجه می دهد که نشان از پایین بودن قدرت تفکیک زمانی است. از طرفی بیشتر سیستمهای هوایی گران بوده و پردازش داده ها معمولاً گرانتر و مشکل تر است. همچنین، عدم توانایی ماهواره ها در عکسبرداری در شرایط ابری از محدودیتهای مهم این روش به شمار می رود.

در حقیقت روش پردازش تصاویر دیجیتال از چند نظر بر روش سنجش از دور برتری دارد:

۱- دوربینهای دیجیتال از منطقه کوچکتری عکس برداری می کنند که باعث می شود تصاویر بدست آمده از وضوح بیشتری برخوردار باشند.

۲- برخلاف ماهواره ها که الگوی حرکتی کاملاً ثابتی را دنبال می کنند، استفاده از دوربینهای دیجیتال این امکان را به ما می دهد که در زمان دلخواه از سطح مورد مطالعه عکس بگیریم.

۳- کاربرد دوربینهای دیجیتال در مقایسه با دوربینهای فیلمبرداری بلحاظ امکان اتصال مستقیم به کامپیوتر باعث افزایش در سرعت پردازش تصاویر و صرفه جویی قابل توجهی در وقت می شود. [۶]

روش اندازه گیری امواج پس انتشار صوتی

این روش نیز یکی از روشهای غیر مداخله گر نوین جهت تعیین غلظت رسوبات است. استفاده از این تکنیک جهت تعیین غلظت رسوبات اولین بار توسط Wenzel در سال ۱۹۷۴ پیشنهاد شد [۱۵]. Young و همکاران [۱۶] و Hay [۱۷] در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ برای اولین بار به تشریح دستگاهی پرداختند که به اندازه گیری امواج پس انتشار صوتی حاصل از رسوبات معلق می پرداخت. با گذشت زمان، افرادی همانند Kawanisi و همکاران [۱۸] در سال ۱۹۹۷ و Nikora و همکاران [۱۹] در سال ۲۰۰۲ با استفاده از داده های بدست آمده توسط سرعت سنج صوتی داپلر (ADV) به ترتیب به بررسی غلظت رسوبات معلق در اقیانوس و کانالهای باز پرداختند. در تحقیق دیگری Wren، Kuhnle و Chambers [۲۰] در سال ۲۰۰۵ مقاله ای را منتشر کردند که طی آن با استفاده از ADV، غلظت رسوبات معلق در یک فلوم آزمایشگاهی را اندازه گیری کرده و علاوه بر آن به بررسی رابطه بین اندازه رسوب و فرکانس امواج صوتی برگشتی پرداختند. ADV وسیله ای است که از طریق ارسال امواج صوتی، سرعت آب یا رسوبات معلق در آن را اندازه گیری می کند. ولی می توان از آن جهت بدست آوردن اطلاعاتی درباره کمیت (غلظت) رسوبات معلق در آب نیز استفاده کرد. بر اساس مطالعات انجام شده، شدت سیگنال صوتی برگشتی و غلظت رسوبات معلق با یکدیگر متناسبند:

$$I \propto C$$

همچنین آزمایشات نشان داده اند از آنجا که که فرکانس امواج صوتی ارسالی از ADV بالاست (10MHz) رابطه ای تقریباً خطی بین I و C برقرار است. در خارج از این محدوده، شدت یک تابع غیر خطی از غلظت بوده و نمی توان از داده های بدست آمده از آزمایشات جهت آنالیز غلظت رسوبات معلق استفاده نمود. بطور کلی آزمایشات نشان می دهند که در محدوده غلظتهای تا حدود ۱۰ gr/lit رابطه بین I و C تقریباً خطی است.

استفاده از ADV این حسن را دارد که می توان اطلاعات بیشتری را راجع به نحوه توزیع رسوبات معلق در عمق جریان با صرف هزینه کمتر بدست آورد. هرچند در ابتدا از تکنیک پس انتشار صوتی جهت اندازه گیری غلظت رسوبات در اقیانوسها و دریاها استفاده می شد، امروزه از آن جهت تعیین غلظت در رودخانه ها هم استفاده می شود. اما جهت تکمیل دستگاههای اندازه گیری غلظت رسوبات در رودخانه ها هنوز به تحقیقات بیشتری نیاز است. غلظت بالای رسوبات و گستردگی اندازه ذرات رسوبات معلق در رودخانه ها از جمله چالشهایی هستند که محققان با آنها روبرو می باشند. از طرف دیگر جهت استفاده از سیستم ADV باید با استفاده از تکنیکهای چند فرکانسه به تعیین اندازه ذرات پرداخت و هم اکنون، آزمایشات و تحقیقات زیادی جهت ارتقاء سیستمهای نرم افزاری و سخت افزاری مورد استفاده در این روش در حال انجام است [۲۰].

بطور کلی مزایای استفاده از این روش را جهت اندازه گیری غلظت رسوبات معلق عبارتند از:

- ۱- از این روش می توان جهت بدست آوردن میزان دقیق غلظت رسوبات معلق در مجاورت بستر، جایی که اسفاده از تکنیکهای نمونه برداری با دشواریهایی همراه است استفاده کرد.
- ۲- با استفاده از این روش ساختار پروفیل غلظت رسوبات معلق به خوبی نشان داده می شود.

همچنین برای اندازه گیری میزان غلظت رسوبات معلق می توان از دستگاه نمایشگر پروفیل غلظت صوتی (ACP) نیز استفاده کرد. بعنوان مثال، Garcia و Admiraal در سال ۱۹۹۸ از ACP جهت تعیین پروفیل غلظت رسوبات معلق در یک فلوم آزمایشگاهی استفاده کردند. سپس نتایج بدست آمده از طریق ACP را با غلظت واقعی رسوبات که بصورت دستی اندازه گیری شده بود، مقایسه کردند. نتایج حاصله نشان داد که برای غلظتهای تا حدود ۲/۵٪ نتایج بدست آمده از

طریق ACP، کاملاً دقیق و معتبر بوده و می توان از این روش نیز بعنوان یکی از روشهای غیر مداخله گر اندازه گیری غلظت رسوبات معلق استفاده کرد [۲۱].

نتیجه گیری و پیشنهادات

بطور کلی می توان گفت در طول زمان روشهای اندازه گیری غلظت رسوبات معلق پیشرفتهای زیادی داشته است. امروزه بجای استفاده از روشهای دستی، از روشهای نوین غیرمداخله گر (که بخش عمده آنها در این مقاله بررسی شدند) جهت تعیین غلظت رسوبات معلق استفاده می شود. چراکه همانگونه که گفته شد، اندازه گیری غلظت رسوبات معلق توسط روشهای سنتی هرچند از دقت مناسبی برخوردار است اما با صرف وقت و هزینه زیادی همراه بوده و مشکلاتی نظیر خطرات موجود در مواقع سیلابی، شرایط آب و هوایی نامناسب، ایمن نبودن وسایل و ابزار فنی را در پی دارد. به همین دلیل تلاش محققان در طول سالهای اخیر در جهت یافتن و بکارگیری روشهای نوین اندازه گیری غلظت رسوبات معلق متمرکز شده است. اما استفاده از این روشهای نوین غیر مداخله گر نیز مشکلات خاص خود را بهمراه دارد. مهمترین ایراد وارد به این روشها، دقت آنها می باشد. در روش پردازش تصاویر دیجیتال، همبستگی قوی بین غلظت و رنگ رسوب تا کنون تنها در محدوده غلظتهای کمتر از ۱۰ گرم بر لیتر تأیید شده است و در روش استفاده از ADV نیز آزمایشات نشان می دهند که در محدوده غلظتهای تا حدود ۱۰ gr/lit رابطه بین I و C تقریباً خطی است. از طرفی تحقیقات انجام شده نشان داده اند که برخی از این روشها تنها برای شرایط خاص (مثلاً تعیین غلظت رسوبات در نزدیکی کف رودخانه) کاربرد دارند، اما بنظر می رسد در آینده با استفاده از روشهای ترکیبی و استفاده از چندین دستگاه بطور همزمان، بتوان برآورد دقیقی از غلظت رسوبات معلق و نحوه توزیع آنها در عمق جریان بدست آورد.

لازم به توضیح است که امروزه محققان سعی می کنند از دستگاههایی با رویکرد اندازه گیری الکتریکی جهت تعیین غلظت رسوبات معلق استفاده کنند. نتیجه استفاده از این دستگاهها بدست آمدن مقاومت ظاهری (امپدانس) ذرات رسوب بر حسب تابعی از فرکانس است که می تواند به نوبه خود سازنده یک تابع مختلط الکتریکی دوگانه بین آب و رسوبات معلق باشد. تلاشهای گذشته جهت اندازه گیری های الکتریکی محدود به اندازه گیری های اسکالر بوده و اغلب با فرکانس واحد انجام می شده اند [۲۲].

منابع

- [۱] چوچی، حسین. رضوی، یسنا (۱۳۸۵). "بررسی دقت روشهای مختلف برآورد بار رسوبی در رودخانه ها با ارائه یک مدل و انجام مطالعه موردی بر روی داده های رودخانه کر"، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.
- [۲] سیمافر، شجاع الدین (۱۳۷۳). "هیدرولوژی مهندسی"، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند تبریز.
- [۳] علیزاده، امین (۱۳۷۹). "اصول هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۵۴۷ ص.
- [۴] شفاعی بجستان، محمود (۱۳۸۷). "هیدرولیک رسوب"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۸۷ ص.
- [۵] گرجی، تقی (۱۳۷۴). "فیزیک کاربردی دستگاههای آزمایشگاهی تشخیص طبی"، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- [۶] شفاعی بجستان، محمود. نوروزپور، شبنم (۱۳۸۵). "برآورد غلظت مواد معلق با استفاده از روش پردازش تصاویر دیجیتال"، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.

[7] Barro, G.M. (1962). "Introduction to Molecular Spectroscopy", Mc Graw Hill, New York.

[8] Hughes, Steven A. (1988). "Laboratory Measurement of Spatial and Temporal Suspended Sediment Concentration under Waves", Coastal Engineering Research Center, Vicksburg.

[9] Rotary, Hugh J. and Bruno, Michael S. (1999). "Measurement of Suspended Sediment Concentration in the Laboratory through Photographic Techniques", Proceeding of 4th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes, Hauppauge, New York.

- [10]Lim, H. S., Mohd, Z. M. J., Khiruddin, A. and Noordin, A. B.(2004). "Application of Digital Camera Imagery to Estimate Total Suspended Solid (TSS) in Pri River, Penang", 1st International Conference on Managing Rivers in the 21st Century, PP. 611-615.
- [11]Yan, L. and Jing, L.,(2000). "A Suspended Sediment Satellite Sensing Algorithm Based on Gradient Transiting from Water-leaving to Satellite-detected Reflectance Spectrum", Chinese Science Bulletin, Vol. 45, PP. 925-930.
- [12]Mertes, L., Smith, A.K., Milton, O. and Adams, J.B. (1993), "Estimating Suspended Sediment Concentration in Surface Waters of the Amazon River Wetlands from Landsat Images" Remote Sensing of Environment, Vol.43, PP. 281-301.
- [13]Tassan, S. (1994), "Local Algorithm Using Seawifs Data for the Retrieval of Plytoplankton, Pigments, Suspended Sediment and yellow substance in Costal Waters", Applied Optics, PP. 2369-2378.
- [14]Binding, C.E., Bowers, D.G. and Mitchelston-Jacob, E.G. (2003), "An Algorithm for the Retrieval of Suspended Sediment Concentration in the Irish Sea from Seawifs Ocean Colour Satellite Imagery", International Journal of Remote Sensing, 24(19), PP. 3791-3806.
- [15]Wenzel, D. (1974)." Measuring Sand Discharge Near the Sea Bottom", Proceeding Fourteenth Coastal Engineering Conference, Copenhagen, A.S.C.E., PP. 741-755.
- [16] Young, R.A., Merrill, J.T., Clark, T.L. and Proni, J.R. (1982). "Acoustic Profiling of Suspended Sediments in Marine Bottom Boundary Layer", Geophysical Research Letters, Vol.9, PP. 175-179.
- [17] Hay, A.E. (1983)."On the Remote Acoustic Detection of Suspended Sediment at Long Wavelengths", Journal of Geophysical Research, Vol.88 ,PP. 7525-7542.
- [18] Kawanisi, K. and Yokosi, S. (1997)."Characteristics of Suspended Sediment and Turbulence in a Tidal Boundary Layer", Cont. Shelf Res., Vol.17 ,PP. 859-875.
- [19] Nikora, V.I. and Goring D.G. (2002)." Fluctuation of Suspended Sediment Concentration and Turbulent Sediment Fluxes an Open Channel Flow", Journal of Hydraulics Eng., Vol.128 ,PP. 214-224.
- [20]Wern, D., Kuhnle, R. and Chambers, J. (2005). "Measurement of Suspended Sediment Concentration and Particle Size in Laboratory Flumes", Proceedings of Sediment Monitoring Instrument and Analysis Research Workshop, Flagstaff, AZ, U.S., Appendix 4.
- [21]Admiraal, M. and Garcia M.H. (1998). "Laboratory Measurement of Suspended Sediment Concentration Using an Acoustic Concentration Profiler (ACP)", Experiments in Fluids Journal, Vol. 28, PP. 116-127.
- [22]Beninati, M.L., Shea, A. and Long, B.R. (2007),"Impedance-based Measurement of Suspended Sediment Concentrations", American Geophysical Union, Fall Meeting, Abstract#H51I-0897.

A Comparison among Methods for Measuring Suspended Sediment Concentration

By

Saeedreza Khodashenas

Assistant Professor of Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
saeedkhodashenas@yahoo.fr

Niloufar Yarahmadi

MSc. Student of Hydraulic Structures, Ferdowsi University of Mashhad
niloufar.yarahmadi@gmail.com

ABSTRACT

Estimation of rivers' sedimentation is important in many cases such as water structure design, flood control and priming from rivers. Besides, the amount of suspended sediment concentration is one of the most important parameters for suspended sediment load estimation. So, researchers have always tried to achieve the best and the most exact methods for measuring the suspended sediment concentration. In this paper, the methods for suspended sediment concentration measurement have been described in two categories: conventional category which include empirical method and using of spectrophotometer and the remote sensing methods which involve using of satellite pictures, image processing and using of ADV and ACP. Then, the different methods have been compared with and their advantages, disadvantages and confinement have been described. Finally, the exactness of so-called methods have been reviewed.

Keywords: Suspended Sediment Load, Suspended Sediment Concentration