



## بررسی غلظت بار معلق به روش اندازه گیری مستقیم در رودخانه های شنی (مطالعه موردی رودخانه بابل رود)

سمانه فردی<sup>۱</sup>

۱- کارمند شهرداری، منطقه ۵، تهران

F.engineer63@gmail.com

### چکیده

برآورد رسوب دهی 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 روش های اندازه گیری غلظت رسوبات معلق در طول زمان دستخوش تغییر و تحول شده اند. در این تحقیق به بررسی غلظت رسوبات معلق بصورت مستقیم در رودخانه بابلرود در منطقه روستای انارستان با استفاده از دستگاه نمونه بردار بار معلق پرداخته شده است. با اندازه گیری میدانی در چهار مقطع به فاصله ۱۰۰ متر و محاسبه غلظت رسوبات معلق در این بازه مطالعاتی بیشترین غلظت بار معلق مربوط به مقطع A4 با ۴۳۴٫۶۷ گرم بر متر مکعب بوده و کمترین آن به مقطع A2 با ۱۲۰٫۵۷ گرم بر متر مکعب مربوط می شود. به طور میانگین نیز در این منطقه از رودخانه بابل رود بار معلق ۲۲۰٫۸۳ گرم بر متر مکعب محاسبه شده است. در این تحقیق همچنین به بررسی رابطه سرعت جریان با غلظت رسوب بار معلق در چهار مقطع با برداشت مستقیم پرداخته شد بطوریکه این دو پارامتر رابطه مستقیم دارند.

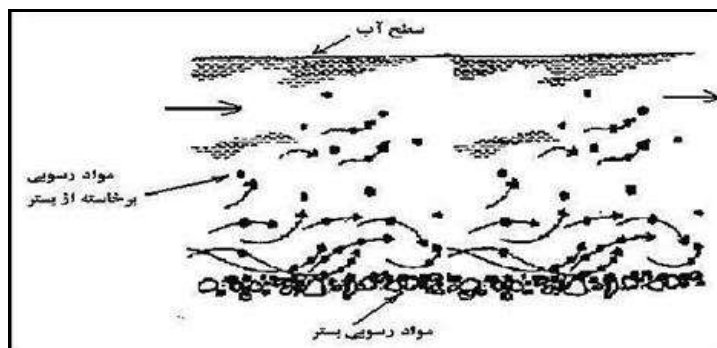
**کلمات کلیدی:** رودخانه بابلرود، رسوبات بار معلق، مطالعات میدانی، سرعت متوسط جریان، غلظت بار معلق

### ۱- مقدمه

یکی از پیچیده ترین مسائل هیدرودینامیک در مهندسی رودخانه، پدیده فرسایش و انتقال رسوب و به طور کلی هیدرولیک رسوب می باشد (ساسانی، ۱۳۸۲). هیدرولیک رسوب دانشی است که چگونگی حرکت، فرسایش، رسوب گذاری مواد رسوبی در کانال ها را مورد بحث قرار می دهد (Yang, 1996). تعیین مقدار رسوب حمل شده توسط رودخانه ها از جنبه های مختلف دارای اهمیت است. در طرح های مهندسی با هدف بهره برداری از منابع آب رودخانه نظیر تاسیسات تنظیم و انحراف جریان، سدهای مخزنی و ایستگاه های پمپاژ، بار رسوبی رودخانه از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار در تعیین مشخصه های هندسی سازه و عمر مفید آنها تلقی می شود. در ساماندهی رودخانه ها کهبه منظور مهار فرسایش و رسوب گذاری و یا تثبیت بستر و دفع سیلاب انجام می گیرد آگاهی از میزان رسوب حمل شده توسط رودخانه و تاثیرپذیری آن از اقدامات حفاظتی، ضروری می باشد (بی نام، ۱۳۷۹).

## شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

به لحاظ اهمیت و نقش پدیده انتقال رسوب در عرصه‌های مختلف مهندسی تعیین کمیت بار رسوبی از دیرباز مورد توجه متخصصین مسائل رودخانه‌ای قرار گرفته است. براساس بررسی‌های انجام‌شده تاکنون بیش از سی معادله انتقال رسوب توسط محققین مختلف ارائه گردیده لیکن به لحاظ پیچیدگی‌های حاکم بر فرآیند انتقال، امکان معرفی یک معادله واحد جهانی برای تعیین بار رسوبی رودخانه‌ها میسر نبوده است (Jansen, 1983). رودخانه‌های ایران در مقایسه با رودخانه‌های جهان به دلیل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، رسوبات بالاتری را حمل می‌کنند، که همواره آسیب‌ها و خسارات زیادی را به دنبال دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: تخریب پل‌ها و سازه‌های کنار رودخانه، کاهش پتانسیل انتقال رسوب در پائین‌دست، پر شدن کانال‌های آب‌رسانی و کاهش عمق رودخانه‌ها، رسوب‌گذاری در مخازن پشت سد، کاهش ظرفیت مخزن و ایجاد سدها، کاهش توان تولید برق و مشکلات متعدد دیگر می‌شود. برای رویارویی با این مشکلات باید طبیعت و سازوکار حرکت رسوب و عوامل مؤثر در فرسایش، شناسایی و میزان مواد رسوبی حمل شده محاسبه گردد (شفاهی بجستانی، ۱۳۹۰). بخش مهمی از بار رسوبی حمل شده توسط رودخانه‌ها به بار معلق اختصاص دارد. از جمله عوامل مؤثر در معلق شدن دانه‌های رسوب پدیده تلاطم است که در نتیجه آن مطابق شکل ۱ دانه‌های رسوب از بستر جدا شده و ضمن اختلاط با آب همراه جریان منتقل می‌شود. معیارهای مختلفی توسط محققین برای معلق شدن دانه‌های رسوب ارائه شده است که بیش‌تر آنها نسبت سرعت برشی ( $V^*$ ) به سرعت سقوط دانه‌ها ( $W_0$ ) را مبنایی برای معلق شدن قرار داده‌اند (بی نام، ۱۳۸۶).



شکل شماره (۱). نحوه معلق شدن دانه‌های رسوب موجود در بستر در اثر پدیده تلاطم

تحقیقات مختلفی توسط محققان مختلف در زمینه رسوبات بار معلق انجام شده که در ادامه به برخی از این مطالعات پرداخته می‌شود.

Josefson و Gao (2012) با جمع آوری رسوب معلق در مقیاس رگباری به مدت سه سال در یک حوضه کشاورزی در نیویورک به بررسی منحنی‌های سنج در مقیاس رگباری فصلی و سالانه پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرپذیری در مقادیر رسوب فصلی بیشتر بوده، بنابراین برای داده‌های هر فصل باید منحنی سنج جداگانه به دست بیاید، اما تغییرات رسوب سالانه می‌تواند به وسیله تنها یک منحنی توصیف شود (Gao, et al., 2012).

Oeurng و همکاران (۲۰۱۰) در یک حوضه بزرگ کشاورزی در فرانسه با پایش دوساله رسوب معلق، موفق به جمع آوری داده‌های غلظت و بار رسوب معلق ۲۹ رگبار شدند. نتایج تغییرپذیری شدیدی را در داده‌های فصلی، سالانه و درون سالانه نشان می‌داد. به طوری که ۳۲ درصد بار رسوبی طی سیلاب‌هایی که در ۲۲ درصد از طول سال رخ دادند، انتقال یافتند. همچنین، در این مطالعه فرایند انتقال و تحویل رسوب با استفاده از الگوی روابط بین دبی و غلظت رسوب مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن حاکی از توزیع احتمالی منابع رسوب در سراسر حوضه بود. با توجه به انتقال رسوب طی کل وقایع رخ داده حلقه‌های ساعتگرد نشان دادند که ۲ درصد منابع رسوب از رسوبات ته‌نشین شده رودخانه و مناطق نزدیک بوده و حلقه‌های

## شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

پادساعتگرد بیانگر این بودند که ۱۳ درصد از منابع دور دست می باشد و همچنین، سه درصد همزمانی رسوب و دبی را نشان دادند (Oeurng, et al., 2010).

ایلدرومی و همکاران در سال ۱۴۰۰ به بررسی بهینه‌یابی مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق رودخانه‌ی سد آبشینه‌ی همدان پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی نتایج متفاوتی نسبت به هم داشته و تقسیم بندی داده ها برحسب زمان وقوع، تاثیر فراوانی در کاهش خطا دارد. به طوری که مدل فائو با کمترین درصد خطای نسبی و میانگین توان دوم خطابه ترتیب به میزان ۹۹/۵۸ درصد و ۰/۰۰۰۱ به‌عنوان روش بهینه و مدل دوره ی مشابه هیدرولوژیکی با بیشترین درصد خطای نسبی به میزان ۱۰۰/۳۴ و ضریب همبستگی پایین به‌عنوان نامناسب ترین مدل برآورد رسوب معلق رودخانه ی آبشینه انتخاب شدند. نتایج نشان داد که مدل فائو در برآورد میزان رسوب معلق رودخانه با ضرایب تصحیح  $CF1=1.24$  و  $CF2=1.46$  و کمترین میزان خطا نسبت به مدل USBR خطی با  $CF1=1.87$  و  $CF2=1.97$  و حد وسط با  $CF1=2.43$  و  $CF2=3.01$  از دقت بیشتری برخوردار است (ایلدرومی و همکاران، ۱۴۰۰).

خداشناس و همکاران در سال ۱۳۸۸ به مقایسه روشهای اندازه گیری رسوبات معلق در رودخانه پرداختند. آنها 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 دادند و درباره دقت این روش ها نیز بحث هایی ارائه شد [۱۰]. هدف از انجام این مطالعه بررسی غلظت بار معلق در رودخانه بابل رود به روش مستقیم نمونه برداری بوده و مقایسه آن با سرعت جریان در مقاطع مختلف می باشد (خداشناس و همکاران، ۱۳۸۸).

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رودخانه بابلرود در شمال ایران و در جنوب دریای مازندران قرار دارد و بخشی از حوزه آبریز دریای مازندران را تشکیل می دهد. حوضه این رودخانه از دامنه شمالی البرز سرچشمه گرفته و از دو شاخه اصلی خود بنام‌های بابلک و کرسنگ تشکیل می گردد. رژیم این رودخانه عمدتاً باران بوده و کمتر تحت تأثیر ذوب برف قرار دارد. این رودخانه در طول شرقی  $۴۲^{\circ} ۵۲'$  و عرض شمالی  $۳۶^{\circ} ۳۶'$  واقع شده است. این رودخانه در بابلرسر وارد دریای مازندران می‌شود. در این تحقیق ۴ مقطع از رودخانه بابلرود در بازه انارستان مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل ۲ و ۳ نمایی از رودخانه بابلرود در استان مازندران و بازه مورد مطالعه نشان داده شده است. در جدول (۱) مختصات بازه انارستان آورده شده است.

جدول شماره (۱). مختصات طولی و عرضی جغرافیایی بازه انارستان بر روی رودخانه بابل رود

بازه‌ها	مختصات طولی (شمالی (N))	مختصات عرضی (شرقی (E))
انارستان	۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه و ۳۵/۱۸ ثانیه	۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه و ۲۳/۰۸ ثانیه

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل شماره (۲). موقعیت رودخانه بابل رود در بین آبراهه‌های حوزه دریای مازندران



شکل شماره (۳). نمایی از محدوده مورد مطالعه در منطقه انارستان بر روی رودخانه بابل رود با استفاده از نرم افزار گوگل ارث

## ۲-۲- وسایل نمونه برداری

در این تحقیق با استفاده از دوربین نقشه برداری توتال شیب، مساحت و شعاع هیدرولیکی مقاطع، با استفاده از دستگاه مولینه سرعت جریان، و با استفاده از نمونه بردار بار معلق غلظت رسوب بار معلق اندازه گیری شد. در قسمت بعد به معرفی دستگاه بار معلق و نحوه نمونه برداری آن پرداخته می شود.

## ۲-۲-۱- مولینه

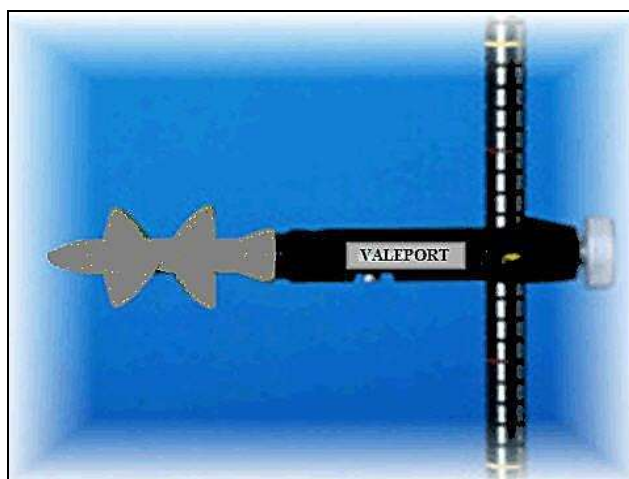
معمول ترین وسیله اندازه گیری سرعت آب در آبراهه‌ها استفاده از دستگاه سرعت سنج (current meter) یا پروانه آبی است. از این رو اگر  $N$  تعداد دور پروانه در دقیقه باشد سرعت حرکت آب  $V$  عبارت خواهد بود از:

$$V = a + bN$$

(۱)

### شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

که  $a, b$  ضرایب مربوط به سرعت سنج بوده و توسط کارخانه سازنده همراه با کاتالوگ دستگاه در اختیار قرار داده می‌شود و یا اینکه توسط کارشناسان با واسنجی دستگاه در آزمایشگاه‌های هیدرولیک به دست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۶). مولینه مورد استفاده در این پروژه، از نوع پروانه‌ای با محور افقی بوده و ساخت شرکت VALEPORT انگلستان می‌باشد. این مولینه از نوع (BFMS-N-002-1678) با قطر پروانه ۴۰ میلی‌متر می‌باشد. در شکل ۴ مولینه مورد استفاده در این تحقیق ارائه شده است.



شکل شماره (۴). مولینه مورد استفاده در این پروژه

#### ۲-۲-۲-- نمونه بردار بار معلق

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

#### الف) روش مستقیم:

این روش بر مبنای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مستقیم متوسط زمانی غلظت رسوب در حال انتقال در یک نقطه‌ی معین (پیوسته-نقطه‌ای) یا امتداد یک عمق معین (پیوسته-عمقی) می‌باشد. طرز نمونه‌برداری بدین صورت است که نمونه‌بردار در امتداد یک عمق معین به صورت عمودی و با سرعت ثابت حرکت کرده و نمونه‌برداری می‌کند. از جمله این نمونه‌بردارها، می‌توان به بطری‌ها و نمونه‌بردارهای تله‌ای و پمپی اشاره کرد.

#### ب) روش غیر مستقیم:

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

از نوسان سرعت و غلظت رسوب در ارتفاع (عمق) صرف نظر می‌گردد.

سرعت دانه‌های رسوب و سیال با یکدیگر مساوی فرض می‌شود.

بر اساس اطلاعاتی که در مورد عدم دقت روش غیر مستقیم توسط اندرسون ارائه گردیده، انتقال رسوب اندازه‌گیری شده توسط روش مستقیم در حدود ۱۰٪ از مقدار اندازه‌گیری شده توسط روش غیر مستقیم کوچکتر می‌باشد (رسولیان فر و همکاران، ۱۳۸۳).

### شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

دستگاه نمونه بردار بار معلق پیوسته- عمقی از نوع US DH-48 برای این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه دارای قطر نازل ورودی ۰٫۶۴ سانتی متر می باشد. نوع پوشش این دستگاه از جنس برنز و جنس مخزن شیشه‌ای و دارای حجم ۱ لیتر می باشد. این دستگاه دارای شیر تخلیه هوا می باشد که با باز شدن شیر تخلیه هوا آب می تواند وارد مخزن شیشه‌ای شود. در زمان نمونه برداری نازل کاملاً افقی قرار می گیرد. در شکل ۵ نمونه‌ای از دستگاه نمونه بردار بار معلق (US DH-48) نشان داده شده است.



شکل شماره (۵). نمونه‌ای از دستگاه نمونه بردار بار معلق (US DH-48)

### ۳-۲- عملیات صحرایی

#### ۳-۲-۱- مکان و زمان جمع آوری اطلاعات

در این تحقیق، زمان برداشت اطلاعات در اواخر اسفند تا پایان فروردین صورت گرفت. مکان (بازه)، مناسب برای برداشت داده‌ها با مشاهدات میدانی صورت گرفت. بازه انتخابی با توجه به نزدیک‌ترین روستا به آن نام‌گذاری شده است. در مسیر بازه انتخابی سازه‌های مختلفی از جمله کانال، سازه تنظیم آب، شیب‌شکن نیز وجود داشت، در شکل (۶) نمایی از این بازه مشاهده می شود.



شکل شماره (۶). نمایی از بازه انارستان در رودخانه بابلرود

#### ۳-۲-۲- برداشت رسوبات بار معلق

برای برداشت رسوبات بار معلق بدین صورت عمل می کنیم که ابتدا مقاطع را به ۳ تا ۵ قسمت به صورت تصادفی تقسیم کرده و سپس در هر قسمت در ۵ تا ۱۰ عمق مختلف نمونه برداری به روش تله اندازی در مخزن شیشه‌ای تعبیه شده در عقب نمونه-

### شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

بردار انجام می‌شود. عمق نمونه برداری در این روش از ۳ سانتیمتر از کف شروع شده و تغییرات آن تا سطح آب در محدوده ۳ تا ۵ سانتیمتر نمونه برداری انجام می‌گردد. سپس با نام‌گذاری، نمونه‌های اندازه‌گیری شده و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه غلظت نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. شکل (۷) نمونه‌ای از نحوه برداشت بار معلق با دستگاه نمونه بردار در این پژوهش نشان داده شده است.



شکل شماره (۷). نمونه‌ای از نحوه برداشت بار معلق با استفاده دستگاه نمونه بردار بار معلق (US DH-48)

#### ۲-۳-۳- نحوه محاسبه غلظت رسوب بار معلق

در این تحقیق نمونه‌ها پس از جمع آوری در شیشه‌های آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل شده و عملیات فیلتراسیون با کاغذ صافی روی نمونه‌ها انجام می‌گردد. قبل از عبور نمونه از کاغذ صافی ابتدا باید وزن خشک کاغذ صافی محاسبه شود و سپس نمونه‌ها را از کاغذ صافی عبور داده و وزن خشک رسوب با دقت مناسب اندازه‌گیری شود. سپس با تقسیم وزن خشک رسوب از حجم نمونه، غلظت رسوب محاسبه می‌شود.

(حجم نمونه) / (وزن خشک کاغذ صافی - وزن خشک کاغذ صافی بعد از فیلتراسیون) = (C) غلظت بار معلق  
در شکل ۸ نمونه‌ای از عملیات فیلتراسیون نشان داده شده است.



شکل شماره (۸). نمونه‌ای از عملیات فیلتراسیون برای تعیین غلظت بار معلق

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۳- نتیجه و بحث

۳-۱- محاسبه غلظت بار معلق

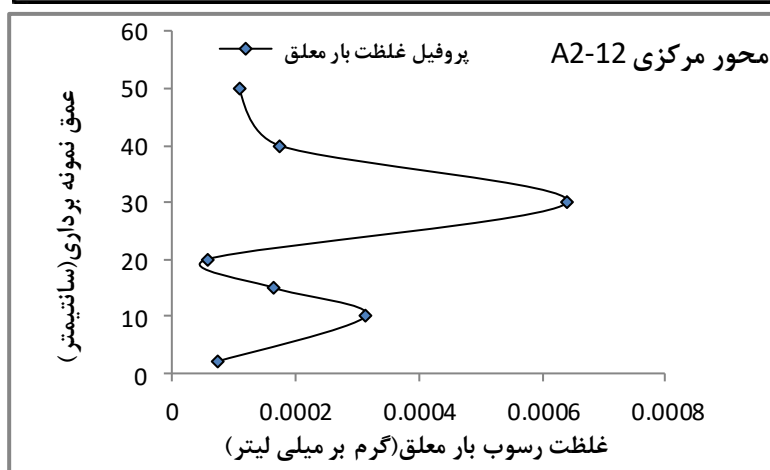
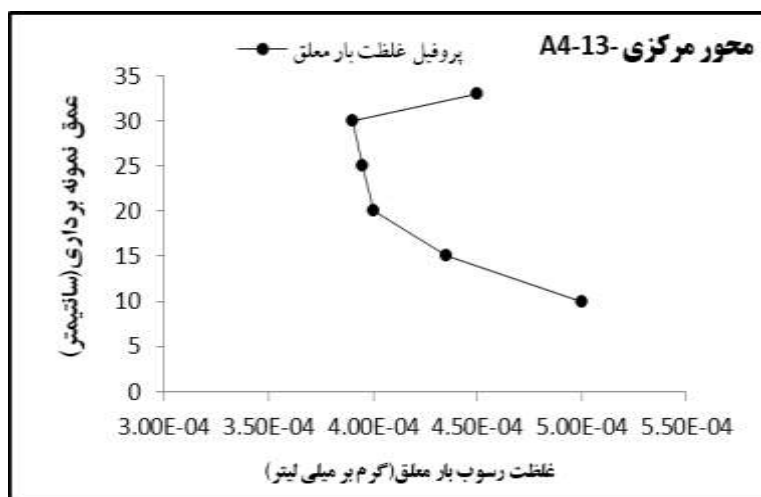
در جدول (۲) نمونه‌ای از روش محاسبات غلظت بار معلق و در شکل (۹) نمایی از پروفیل غلظت بار معلق در بازه انارستان در قسمت مرکزی مقطع انارستان ۴ (A4)، نشان داده شده است.

جدول شماره (۲). نمونه‌ای از محاسبات غلظت بار معلق در دو مقطع از بازه انارستان

غلظت رسوب بار معلق (گرم بر مترمکعب)	غلظت رسوب بار معلق (گرم بر میلی لیتر)	حجم نمونه برداشت شده	وزن خشک رسوب (گرم)	وزن خشک کاغذفیلتر (گرم)	عمق نقاط نمونه برداری	عمق کل در مقطع	شماره نمونه برداری روی مقطع	نماد مقطع
428.33	5.00E-04	200	0.82	0.72	10	35	A4-13	A
	4.35E-04	200	0.817	0.73	15			
	4.00E-04	200	0.75	0.67	20			
	3.95E-04	200	0.779	0.7	25			
	3.90E-04	200	0.758	0.68	30			
	4.50E-04	200	0.77	0.68	33			
220.00	0.000075	200	0.735	0.72	2	56	A2-12	A
	0.000315	200	0.693	0.63	10			
	0.000165	200	0.703	0.67	15			
	0.000060	200	0.722	0.71	20			
	0.000640	200	0.828	0.7	30			
	0.000175	200	0.775	0.74	40			
	0.000110	200	0.682	0.66	50			



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل شماره (۹). نمایی از پروفیل غلظت بار معلق در بازه انارستان در قسمت محور مرکزی مقطع انارستان ۴ (A4) و انارستان ۲ (A2)

### ۲-۳- بررسی غلظت بار معلق

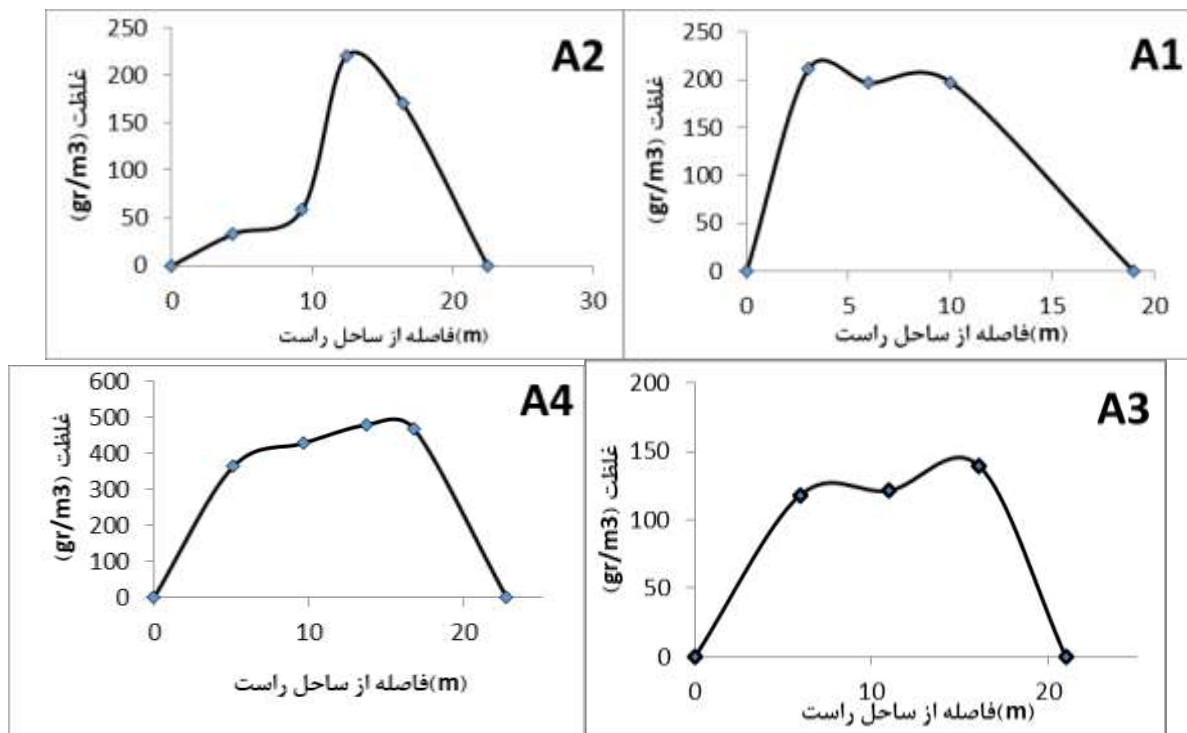
برای بررسی غلظت بار معلق در بازه مورد مطالعه همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد بعد از اندازه گیری و محاسبه آن در جدول (۳) مقادیر موضعی و معادل غلظت بار معلق نشان داده شده است.

جدول شماره (۳). مقادیر غلظت کل بار معلق در مقاطع مختلف بازه انارستان

غلظت بار معلق معادل (gr/m <sup>3</sup> )	پروفیل ۱	پروفیل ۲	پروفیل ۳	پروفیل ۴	پروفیل ۵	شماره مقطع	بازه
201.82	211.26	196.71	197.5			A <sub>1</sub>	انارستان
120.57	33.125	59.14	220	170		A <sub>2</sub>	
126.27	118	121.43	139.37			A <sub>3</sub>	
434.67	363.33	428.33	479.17	467.86		A <sub>4</sub>	

### شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

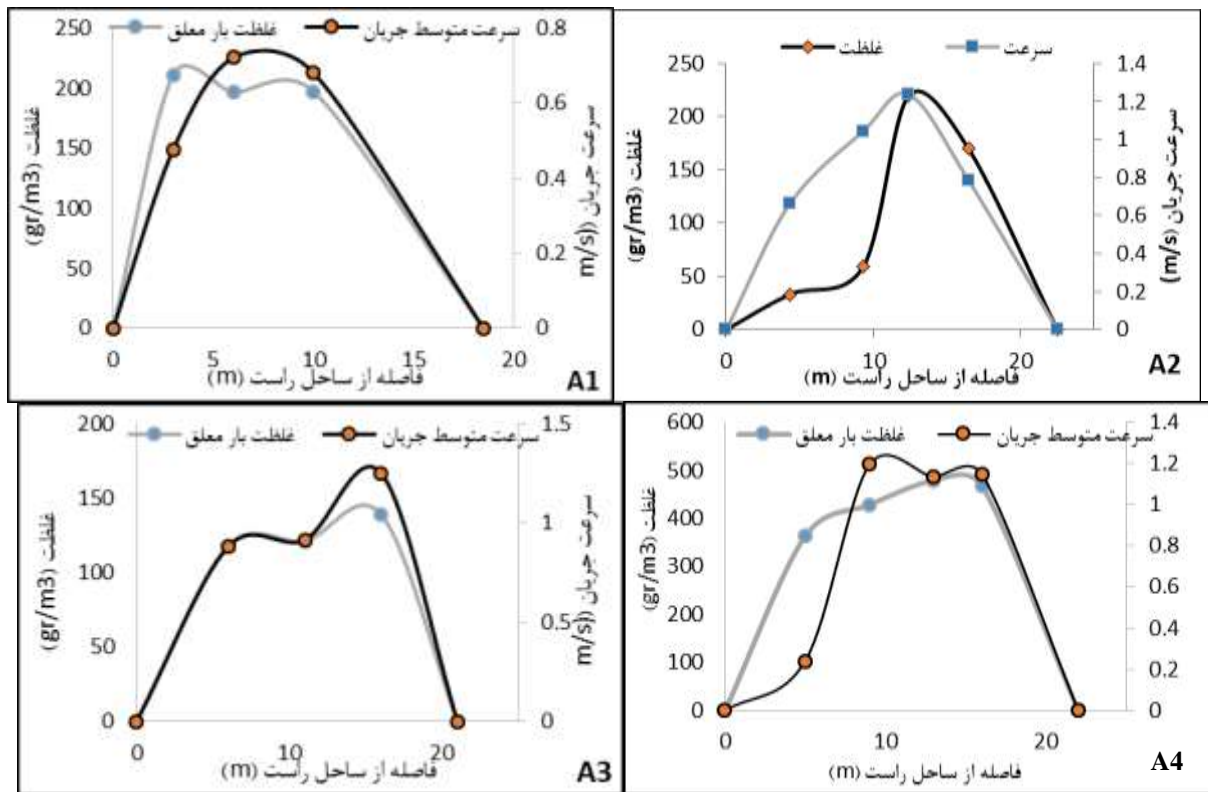
در جدول ۳ مشاهده می شود که بیشترین غلظت بار معلق مربوط به مقطع A4 با ۴۳۴٫۶۷ گرم بر متر مکعب بوده و کمترین آن به مقطع A2 با ۱۲۰٫۵۷ گرم بر متر مکعب مربوط می شود. به طور میانگین در این منطقه از رودخانه بابل رود بار معلق ۲۲۰٫۸۳ گرم بر متر مکعب بوده است. برای بررسی بیشتر غلظت بار معلق در مقاطع مختلف بازه مورد مطالعه در مقابل فاصله از ساحل راست رسم شده است. در شکل ۱۰ مشاهده می شود که تغییرات غلظت بار معلق در نواحی مرکزی و سواحل راست و چپ با توجه به سرعت جریان، عمق مقاطع و مورفولوژی رودخانه متغییر می باشد.



شکل شماره (۱۰). که تغییرات غلظت بار معلق در مقاطع بازه انارستان

با بررسی سرعت جریان مشاهده می شود که تغییرات سرعت با غلظت رسوب بار معلق رابطه مستقیم دارد. از آنجا که افزایش سرعت باعث آشفتگی جریان می شود غلظت رسوب بار معلق نیز دچار تغییرات افزایشی می گردد. تغییرات غلظت در مقابل سرعت جریان متوسط در مقاطع مختلف بازه انارستان در شکل (۱۱) نشان داده شده است.

### شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل شماره (۱۱). تغییرات غلظت بار معلق در برابر سرعت جریان متوسط در بازه انارستان

#### ۴- نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی غلظت رسوبات معلق در رودخانه بابلرود در منطقه روستای انارستان پرداخته شده است. با اندازه گیری میدانی در چهار مقطع به فاصله ۱۰۰ متر و محاسبه غلظت رسوبات معلق در این بازه مطالعاتی بیشترین غلظت بار معلق مربوط به مقطع A4 با ۴۳۴٫۶۷ گرم بر متر مکعب بوده و کمترین آن به مقطع A2 با ۱۲۰٫۵۷ گرم بر متر مکعب مربوط می شود. به طور میانگین نیز در این منطقه از رودخانه بابل رود بار معلق ۲۲۰٫۸۳ گرم بر متر مکعب بوده است. در این تحقیق همچنین به بررسی رابطه سرعت جریان با غلظت رسوب بار معلق پرداخته شد که با ترسیم نمودارهای آن در کنار یکدیگر مشاهده می شود که این دو پارامتر رابطه مستقیم دارد. از آنجا که افزایش سرعت باعث آشفته گی جریان می شود غلظت رسوب بار معلق نیز دچار تغییرات افزایشی می گردد.

#### مراجع

۹. ایلدرومی علیرضا، محمدپناه مقدم مهدی، بهینه یابی مناسب ترین مدل برآورد رسوب معلق رودخانه ی سد آبهینه ی همدان. مجله هیدروژئومورفولوژی شماره ۲۷، ص ۳۷ تا ۵۷، ۱۴۰۰.
۶. بی نام، راهنمای مطالعات فرسایش و رسوب در ساماندهی رودخانه ها، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی. نشریه ۳۸۳، ۱۳۸۶.
۳. بی نام، راهنمای تعیین غلظت نمونه های رسوبات معلق رودخانه ها، نشریه شماره ۲۰۵، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۷۹.
۱۰. خدانشناس سعیدرضا، یار احمدی نیلوفر، مقایسه روش های اندازه گیری رسوبات معلق در رودخانه، هشتمین سمینار مهندسی رودخانه اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۸.



## شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۱۲. رسولیان فر، پونه، بررسی آزمایشگاهی اثر جریان آشفته بر آستانه حرکت درشت‌دانه بستر پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۳
۱. ساسانی فرهاد، پیش‌بینی پارامترهای قوس رودخانه‌های شنی و قلوه‌سنگی با استفاده از مشخصه‌های هندسی و هیدرودینامیکی جریان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۲.
۵. شفاعی بجستان محمود، هیدرولیک رسوب، دانشگاه شهید چمران اهواز، صفحه ۲۸۴-۱۹۲، ۱۳۹۰.
۱۱. علیزاده امین، *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۸۶.
8. Gao, P., and Josefson, M. (2012). *Suspended sediment dynamics during hydrological events in a Central New York Watershed*, *Geomorphology*, 139–140: 425–437.
4. Jansen, P. P., (1983). *Principles of river engineering*, Pitman Pub, Inc., England.
7. Oeurng, C., Sauvage, S., and Sánchez-Pérez, J.M. (2010). *Dynamics of suspended sediment transport and yield in a large agricultural catchment*, *Southwest France Earth Surface Processes and Landforms*, 35(11): 1289- 1301.
2. Yang, C. T. (1996). *Sediment Transport : Theory and Practice*, McGraw Hill Series in Water Resources and Environment. The McGraw Hill Co. USA.