

ارزیابی مدل‌های طراحی حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری

سیدمحسن سجادی^{۱*} - محمود شفاعی بجنستان^۲ - محمود بینا^۳

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۷

تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۳۱

چکیده

حوضچه‌های رسوبگیر از جمله سازه‌های ضروری است که به منظور جدا کردن رسوبات معلق همراه جریان ورودی در ابتدای آبیگرهای منشعب از رودخانه‌ها احداث می‌شوند. مدل‌های زیادی برای طراحی این حوضچه‌ها وجود دارند که بعضاً با اختیار کردن فرضیات ساده کننده منجر به نتایج غیر واقعی می‌شوند. تعدادی از این روش‌ها نیز چنان پیچیده‌اند که یا تمایل به استفاده از آنها نیست و یا اینکه نیاز به داده‌های زیادی برای اجرا دارند. در این میان روش‌های دیگری برای کاستن مشکلات فوق توسط تعدادی از محققین ارائه شده که مبتنی بر کارهای آزمایشگاهی و یا تحلیلی است. دلیل وجود مدل‌های متنوع و متفاوت تعیین مناسب‌ترین مدل مشکل می‌باشد. از اینرو در این مطالعه با معرفی این روش‌ها، عملکرد آنها با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای رسیدن به این هدف در فلومی به ابعاد ۸ متر طول در ۰/۳ عرض و ۰/۵ متر ارتفاع برای سه غلظت متفاوت ورودی سه دبی و سه عدد فرود مختلف آزمایشات انجام شد. اندازه گیری‌هایی در کانال بتنی با ابعاد ۲۰۰ متر طول و عرض و عمق ۱ متر برای سه دبی و غلظت‌های مختلف انجام گرفت و سپس راندمان‌های تله اندازه‌گیری روش‌های مختلف با این داده‌ها محاسبه و با مقادیر اندازه‌گیری مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهند که مدل سومی و تیاقی راندمان حوضچه را زیاد نشان می‌دهد. ضمن اینکه مشخص شد تخمین‌های راندمان این مدل حساسیت زیادی به پارامترهای ورودی دارد. بررسی شاخصه‌های آماری، مشخص می‌کند که راندمان تله اندازه‌گیری محاسباتی با مدل‌های کاوشنیکو و جین تطابق مناسب و بهتری نسبت به مدل‌های راجو و گارد، با داده‌های اندازه‌گیری شده دارند. همچنین در این مطالعه ضریب بکار گرفته شده در مدل جین به منظور حداقل نمودن خطای برآورد راندمان تله اندازه‌گیری در حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: راندمان تله اندازه‌گیری، حوضچه‌ی رسوبگیر، رسوبات معلق

مقدمه

بر مبنای توسعه‌ی تحلیل داده‌های آزمایشگاهی و به کار بردن فرضیات زیادی بدست آمده اند. به عنوان نمونه می‌توان به ماندگار و یکنواخت بودن جریان، لحاظ نکردن اثرات گردابه‌ها، آبشستگی و تعلیق دوباره ذرات، یکنواختی دانه بندی ذرات رسوبی و نیز منظور نمودن سرعت سقوط یکسان و عدم اعمال مناسب تأثیرات آشفستگی جریان را نام برد. در نتیجه تخمین بالایی از راندمان تله اندازه‌گیری با این روش‌ها محاسبه می‌گردد (۴، ۷ و ۹).

همچنین مدل‌هایی با تحلیل عددی دو یا سه بعدی جریان و غلظت عمدتاً در تانک‌های رسوبگیر اولیه و ثانویه در تاسیسات تصفیه آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته است. که از جمله می‌توان به مطالعه استامو و همکاران^۴ (۹) اشاره نمود که بصورت دو بعدی جریان و غلظت را در تانک رسوبگیر اولیه شبیه سازی نمودند. آنها نشان دادند که مدل‌های ایده ال نمی‌توانند راندمان حذف حوضچه را محاسبه کنند و در غلظت‌های ورودی کمتر از ۱۰۰ mg/l مدل‌های

حوضچه‌های رسوبگیر عمدتاً برای حذف رسوبات اضافی وارد شده به کانال‌های آبیاری و یا کانال‌های منتهی به توربین‌ها منشعب شده از رودخانه‌ها استفاده می‌شوند. این سازه همچنین در طرح‌های تصفیه پساب به دو نوع اولیه و ثانویه بکار رفته و اکثر مطالعات صورت گرفته در این حوزه متمرکز است.

اصول طراحی این سازه بر مبنای ایجاد طول و عرض کافی برای کاهش سرعت جریان و نهشته شدن رسوبات توسط نیروی ثقل می‌باشد.

در دهه‌های گذشته روش‌های تجربی و تحلیلی زیادی برای محاسبه راندمان تله اندازه‌گیری در حوضچه‌های رسوبگیر ارائه شده اند. که از جمله می‌توان به روش‌های اولیه نظیر USBR اشاره نمود که

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

* نویسنده مسئول:

(Email: sajadi.mohsen@gmail.com)

حوضچه‌های رسوبگیر ارائه نمودند که برای حل هیدرولیکی، جریان متغیر تدریجی در نظر گرفته شده و در بخش رسوب، معادله انتقال رسوب یک بعدی با انتگرال گیری از معادله دو بعدی و با فرض ناچیز بودن پخشیدگی در جهت جریان بصورت ذیل بدست آمد.

$$\frac{\partial hUS}{\partial x} = -(\omega s)_b - \left(\varepsilon_z \frac{\partial s}{\partial z}\right)_b \quad (1)$$

که h عمق جریان، U سرعت در جهت جریان s غلظت رسوبات، S غلظت متوسط رسوبات در مقطع b اندیس کف و ω سرعت سقوط ذرات می‌باشد.

برای حل جمله پخشیدگی معادله فوق از مفهوم ظرفیت حمل رسوبات S^* استفاده شد. در شرایط تعادلی (بدون فرسایش و رسوبگذاری) ظرفیت حمل رسوب با غلظت رسوب در نزدیکی کف برابر است ($S_b^* = S_b$) و بنابراین میزان پخشیدگی به سمت بالا در اثر تلاطم جریان با میزان انتقال بسمت پایین ناشی از نیروی ثقل برابر است. پس:

$$\left(\varepsilon_z \frac{\partial s}{\partial z}\right)_b = -\omega_b S_b^* \quad (2)$$

با فرض برقراری رابطه فوق در شرایط غیر تعادلی بصورت $S_b^* = \alpha_1 S^*$ که S^* ظرفیت حمل رسوب در مقطع عرضی است و همچنین فرض اینکه غلظت در نزدیکی کف با غلظت در کل مقطع بصورت $S_b = \alpha_2 S$ مرتبط است و استفاده از α بجای α_1 و α_2 می‌توان نوشت:

$$\frac{\partial hUS}{\partial x} = -\alpha\omega(S - S^*) \quad (3)$$

بصورت تئوری، مفهوم فیزیکی ضریب α نسبت غلظت رسوبات نزدیک بستر به متوسط غلظت رسوبات در کل مقطع عرضی می‌باشد. برای لحاظ نمودن غیر یکنواختی جریان در حل عددی معادله ۳، منحنی دانه بندی به چندین زیرگروه تقسیم که در هر گروه دانه بندی یکنواخت فرض می‌شود. جین و همکاران (۶)

دو فرض ساده کننده دیگر اعمال کردند: اولاً با توجه به سرعت کم جریان در حوضچه رسوبگیر و به تبع آن تغییرات بسیار کوچک عمق جریان در طول حوضچه، جریان را یکنواخت فرض کردند. و همچنین ظرفیت حمل رسوبات را نیز در حوضچه رسوبگیر ناچیز شمردند ($S^*=0$) و بدین ترتیب معادلات نهایی بدون نیاز به روش‌های عددی قابل حل شده و معادله گسسته شده ۳ بصورت ذیل ساده می‌شود:

$$S_{i+1} = \sum_{j=1}^l P_{ij} S_j \exp\left(\frac{-\alpha\omega_i \Delta x}{q}\right) \quad (4)$$

که P_{ij} درصد ذرات در j امین زیرگروه از منحنی دانه بندی و i تعداد زیر گروه‌ها می‌باشد. با فرض یکنواخت بودن دانه بندی ذرات،

هازن و کمپ خطای ۳۷ درصدی داشته و با افزایش غلظت این خطا زیادتر می‌شود.

در سالهای اخیر ردیابی ذرات با استفاده از مدل‌های اولری - لاگرانژی برای بررسی تله اندازی رسوبات استفاده شده است که می‌توان به مطالعه استوین و سائول در (۱۰) اشاره نمود. آنها با استفاده از نرم افزار FLUENT میدان جریان در تانک‌های ذخیره فاضلاب با شکل‌های مختلف را بررسی و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه کردند. همچنین آدامسون و همکاران با استفاده از نرم افزار FLUENT و تکنیک ردیابی ذرات، راندمان تله اندازی حوضچه‌های رسوبگیر اولیه رامحاسبه و با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه نمودند. آنها نشان دادند که شرط مرزی ترسیب ذرات در کف حوضچه در ردیابی ذرات با روش اولبری - لاگرانژی باعث پیش بینی راندمان‌های بالاتری از داده‌های اندازه گیری شده می‌گردد. همچنین خادمی و همکاران (۱) با روش آزمایشگاهی و عددی به بررسی اثر تیغه عمودی مستغرق بر راندمان تله اندازی در حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری پرداختند. آنها نشان دادند که زمانی که جت وارد شده از کانال بالادست، تغییرات شدید عرضی سرعت را در حوضچه بوجود می‌آورد، نصب تیغه در عمق استغراق ۱۵ درصد افزایش راندمان به میزان حداکثر ۸/۵ درصد را در پی دارد.

مدل‌های فوق و دیگر مدل‌های ریاضی ارائه شده تا کنون، بدلیل وجود ضرایب کالیبراسیون ناشناخته و پیچیدگی‌های عددی هنوز در کاربردهای عملی مورد استفاده قرار نگرفته اند. (۵، ۶، ۸). بهمین دلیل محققین دیگری مانند گارد و همکاران (۴)، سومی و تیاقی (۱۱)، راجو و همکاران (۸)، کاوشنیکو (۷) و جین و همکاران (۶۵) در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ هر کدام با اعمال تاثیرات بعضی از فرضیات مدل‌های اولیه در جهت ارتقای پیش بینی‌های راندمان تله اندازی و با روش‌های متفاوت تحلیلی و آزمایشگاهی، مدل‌های کاربردی برای تعیین راندمان حوضچه‌های ترسیب ارائه نموده اند. هر کدام از این روش‌ها نسبت به روش‌های دیگر مزایا و معایبی دارد و تصمیم گیری در رابطه با انتخاب یکی از این روش‌ها برای طراحی بدون بررسی و مقایسه با داده‌های واقعی امکان پذیر نیست. از این رو هدف اصلی تحقیق مقایسه این مدل‌های کاربردی و تعیین نقاط قوت و ضعف هر کدام می‌باشد. برای رسیدن به اهداف این تحقیق، ابتدا مبانی و اصول مدل‌های فوق تشریح و سپس با استفاده از داده‌های برداشت شده در فلوم آزمایشگاهی و اندازه گیری‌های صورت گرفته در کانال آبیاری، مدل‌های اشاره شده با شاخصه‌های آماری بررسی و مقایسه شده اند.

مدل‌های محاسبه راندمان تله اندازی

روش Jin

جین و همکاران در سال ۲۰۰۰ مدل یک بعدی ریاضی برای

$$s_l = 0.25s_b^{0.7} \frac{U}{\sqrt[3]{R\omega_b}} \quad (10)$$

$$\omega_o = \frac{(\omega_b s_b)^{0.7}}{s_o} \left[0.14 \left(\frac{s_o}{s_b} \right)^{10} + 0.04 \frac{s_o}{s_b} \right] \quad (11)$$

که شعاع هیدرولیکی جریان می‌باشد. مقدار ω_l مشابه ω_o از معادله ۱۱ ولی با جایگزینی s_1 بجای s_o بدست می‌آید.

روش Swamee & Tyagi

در این روش ابتدا تأثیر غیر یکنواختی دانه بندی در راندمان تله اندازی منظور گردید. برای این منظور از معادله ارائه شده توسط سومی و اجهی در سال ۱۹۹۱ برای توزیع اندازه ذرات بصورت $P = [(d_*/d)^{m/n} + 1]^{-n}$ استفاده شد. که در آن m شیب منحنی دانه بندی برای قطرهای کوچک تر است و n و d_* از منحنی دانه بندی بدست می‌آیند. با ترکیب معادله فوق در رابطه‌ی راندمان تله اندازی کمپ، معادلات زیر حاصل می‌شوند.

$$Re = 1 - \frac{2}{m+2} \left[\frac{18\nu Q}{(s_g - 1)gBLd_*^2} \right]^{0.5m} \quad (12)$$

$$d_0 = d_* [(0.5m + 1)(1 - Re)]^{1/m} \quad (13)$$

که s_g چگالی ویژه، B و L عرض و طول حوضچه رسوبگیر، Q دبی جریان، ν لزجت سینماتیکی و d_0 اندازه ذره هدف برای ترسیب می‌باشند. همچنین سرعت آبستگي را برای ذرات با حداکثر اندازه d_{sc} در حوضچه مستطیلی با فرض وجود جریان با بستر صاف و لذا استفاده از معادله بلازیوس در تخمین ضریب داری و بسپاخ f بدست آوردند.

$$U_{SC} = \frac{k'(s_g - 1)gd_{sc}^2}{3\nu} \left(\frac{Q}{\nu B} \right)^{0.125} \quad (14)$$

که در آن $k' = \frac{u_*}{\omega}$ می‌باشد. حال با مساوی قرار دادن d_{sc} و اندازه ذره هدف d_0 و همچنین سرعت در حوضچه با سرعت آبستگي، معادلات ذیل برای محاسبه طول و عرض حوضچه ارائه گردید:

$$B = \frac{3.51Q}{d_0 \sqrt{k'(s_g - 1)gh}} \left[\frac{\nu}{d_0 \sqrt{k'(s_g - 1)gh}} \right]^{9/7} \quad (15)$$

$$L = 5.13k'h \left[\frac{d_0 \sqrt{k'(s_g - 1)gh}}{\nu} \right]^{2/7} \quad (16)$$

معادله ۴ بصورت $S_{out} = S_{in} \cdot \exp\left(\frac{-\alpha\omega L}{q}\right)$ ساده شده که L

طول حوضچه رسوبگیر است. با فرض $\alpha = 1$ معادله فوق معادل با فرمول USBR می‌شود. جین و همکاران α را برابر ۱٫۲ را پیشنهاد و ضمناً توصیه کرده اند این ضریب با داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی واسنجی شود.

روش Kaveshnikov

در این روش با در نظر گرفتن المانی با طول x و عرض واحد، از حوضچه رسوبگیر مستطیلی و فرض s_x به عنوان غلظت در ابتدای المان و s_1 غلظت بحرانی رسوبات معلق، معادله موازنه ترسیب در طی زمان dt بصورت $-dsAh = (s_x - s_1)Au_s dt$ می‌شود. که در آن ds تغییرات غلظت رسوبات در طی زمان dt ، A مساحت المان جریان و u_s نرخ رسوبگذاری در جریان آشفته است. لذا با جدا سازی متغیرها و انتگرال گیری می‌توان نوشت (۷):

$$-\ln(s_x - s_1) = \frac{u_s t}{h} + c \quad (5)$$

با لحاظ نمودن $t = \frac{x}{U}$ و در نظر گرفتن s_x در ورودی و خروجی

حوضچه بصورت s_o و s_b در زمان اولیه $t=0$ مقدار ثابت انتگرال برابر با $c = -\ln(s_o - s_b)$ بدست می‌آید و لذا معادله ۶ بصورت زیر می‌شود.

$$-\ln(s_o - s_1) = \frac{u_s X}{hU} - \ln(s_b - s_1) \quad (6)$$

با انتگرال گیری از معادله اخیر:

$$\frac{s_o - s_1}{s_b - s_1} = \exp\left(-\frac{u_s L}{hU}\right) \quad (7)$$

برای محاسبه u_s با استفاده از مفهوم ارتباط کار تلاطم جریان و رسوب طی فرایند ترسیب بیان شده توسط میکیو (۷):

$$u_s = \frac{s_b \omega_b - k s_1 \omega_o}{s_b - s_1} \quad (8)$$

که در آن ω_b و ω_o سرعت سقوط ذرات در ابتدا و انتهای حوضچه و $k = \frac{\omega_l}{\omega_o}$ است. که ω_l را سرعت سقوط در غلظت بحرانی s_1 نامید. با جایگذاری معادله ۸ در معادله ۷، رابطه نهایی ۹ بدست می‌آید:

$$s_o = s_1 + (s_b - s_1) \exp\left(-\frac{L}{hU} \frac{s_b \omega_b - k s_1 \omega_o}{s_b - s_1}\right) \quad (9)$$

که پارامترهای این رابطه با معادلات تجربی زیر بدست می‌آیند.

متوسط ۱۵۰ میکرون بود. با استفاده از مخزن قیفی شکلی که در انتهای آن ۳ شیر ۲ اینچ نصب شده بود، رسوبات در ابتدای کانال نزدیک شونده در کل عرض آن، بصورت خشک تزریق می‌شدند. میزان تزریق تابعی از میزان بازشدگی شیرها است که قبل از استفاده دستگاه کالیبره شده بود. میزان تزریق با بازشدگی شیرها کنترل شده و حداکثر تزریق رسوب به مقداری بود که در کانال نزدیک شونده ترسیمی صورت نگیرد.

برای محاسبه دقیق راندمان تله اندازی حوضچه ترسیب از روش وزنی استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا وزن مشخصی از رسوبات در زمان معین به کانال تزریق شده و پس از اتمام آزمایش کل رسوب نهشته شده در حوضچه رسوبگیر جمع آوری و در کوره خشک می‌گردید. با تقسیم وزن رسوب خشک ترسیمی به وزن کل رسوب خشک تزریق شده، راندمان تله اندازی محاسبه می‌شد.

سری دوم داده‌ها از نتایج آزمایشات شفاعی بجستان و خمینی بزاز (۲) استخراج گردید. اندازه گیری‌های سری دوم در کانالی بتنی به طول تقریبی ۲۰۰ متر با مقطع مستطیلی و عرض کف یک متر که توسط پمپاژ از رودخانه کارون تغذیه می‌شود، انجام گرفت. برای تنظیم دبی ورودی، دریچه کشویی در ابتدای کانال نصب و برای قرائت دبی از یک سرریز مستطیلی لبه تیز استفاده شد. سرریز با استفاده از ورق گالوانیزه ساخته شد و در پایین دست دریچه کانال نصب گردید.

برای هرچه بیشتر منطبق شدن نتایج آزمایشات با واقعیت از رسوبی که به مرور زمان در کانال نهشته شده بود استفاده گردید. به این صورت که پس از تخلیه رسوب از کانال و خشک کردن آنها، جداسازی مواد زائد توسط الک انجام گرفت و برای انجام آزمایشات آماده گردیدند. همچنین از یک خاک سیلتی رسی با بافت ریز تر بعنوان نوع دوم رسوب مورد آزمایش استفاده گردید. برای تزریق مستمر و یکنواخت رسوب به کانال از یک دستگاه تزریق خشک استفاده شد که با چرخش یک استوانه شیاردار در زیر منبع پر از رسوب و پر و خالی شدن مکرر شیار تزریق رسوب با مقادیر دلخواه صورت می‌پذیرد.

نمونه‌های آب و رسوب در پنج عمق مختلف بطور همزمان و در ۳ تا ۵ مقطع مختلف با فواصل ۴ متری برداشت گردید. بدین منظور از یک لوله P.V.C با قطر ۵ سانتی متر استفاده شده که در ارتفاع‌های ۱/۵، ۶/۵، ۱۱/۵، ۲۱/۵، ۳۱/۵ و ۴۱/۵ سانتی متری از کف سوراخ گردید. زانوهایی از جنس پلاستیک سخت به طول ۵ سانتی متر درون سوراخها بصورت عمود بر لوله چسبانده شد. از طرف دیگر شلنگ‌های نمونه برداری با استفاده از بست فلزی به زانوها اتصال داده شد و سر دیگر شلنگ‌ها از لوله P.V.C بیرون آورده شدند. به اینصورت نمونه بردار با ایجاد کمترین تغییر در جریان در نقطه نمونه گیری و ایجاد کمترین تلاطم امکان تخلیه مخلوط آب و رسوب را به درون ظروف

روش Garde

گارد و همکاران (۴) با استفاده از آنالیز ابعادی و انجام آزمایشات در مدل فیزیکی معادله زیر را برای محاسبه راندمان تله اندازی بدست آوردند.

$$Re = Re_0 \left[1 - \exp\left(-k''L/h\right) \right] \quad (17)$$

که ضریب k'' و راندمان تله اندازی اولیه Re_0 تابعی از $\frac{\omega}{u_*}$ بوده و بصورت گراف توسط محققین ارائه شده است. Re_0 حداکثر راندمان تله اندازی ممکن بوده و رابطه‌ی مستقیمی با $\frac{\omega}{u_*}$ دارد.

روش Raju

راجو و همکاران (۸) بطور مشابه با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی بدست آمده از مدل فیزیکی و مطالعات قبلی، معادله زیر را برای راندمان تله اندازی ارائه کردند.

$$Re = 11.7 \left(\frac{\omega}{U} \right)^{0.81} \left(\frac{LB}{bh'} \right)^{0.23} \left(\frac{\frac{1}{h^6}}{n\sqrt{g}} \right)^{0.98} \quad (18)$$

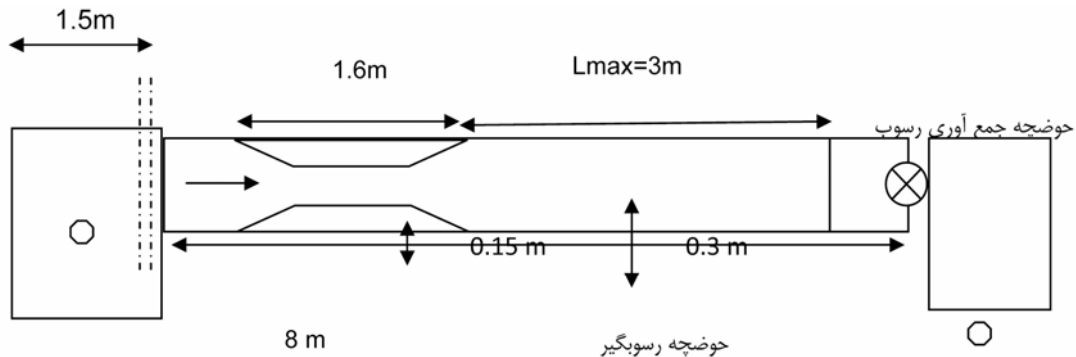
که b و h' عرض و عمق آب در کانال نزدیک شونده به حوضچه رسوبگیر و n ضریب زبری مانینگ می‌باشند. راجو و همکاران نتایج این مدل را نسبت به مدل‌های قبلی مانند گارد و همکاران و USBR مناسبتر اعلام نمودند.

مواد و روش‌ها

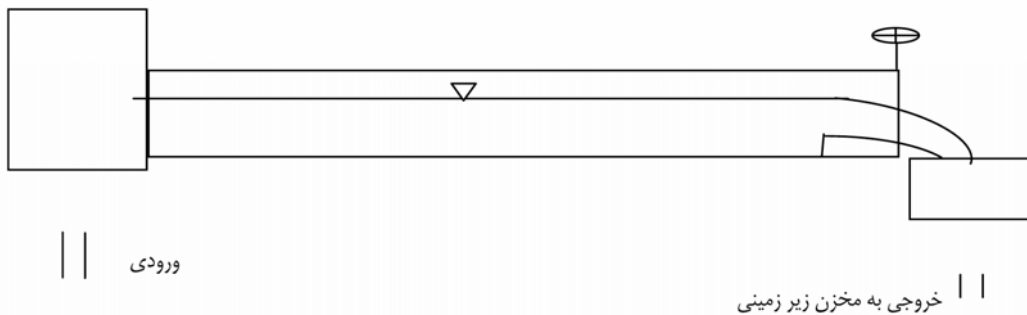
برای رسیدن به اهداف این تحقیق، دو سری آزمایش در مقیاس‌های متفاوت انجام شد. سری اول مطابق با شکل ۱، در یک کانال مستطیلی با کف پلکسی و جداره شیشه‌ای با طول ۸ متر عرض ۰/۳ و ارتفاع ۰/۴ متر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. قسمتی از این فلوم به طول ۳ متر به عنوان حوضچه رسوبگیر در نظر گرفته و در بالادست آن کانالی با عرض ۰/۱۵ متر و طول ۱ متر قرار دارد که با تبدیل یکنواخت به حوضچه رسوبگیر متصل می‌شود. در انتهای ۸ متری کانال دریچه‌ای برای کنترل سطح آب تعبیه گردید. دبی جریان با استفاده از فلومتر دیجیتال با دقت ۰/۱ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری گردید. آزمایشات در سه دبی با تغییرات عمق و سرعت آب در حوضچه رسوبگیر و همچنین تغییر غلظت رسوب در ورودی انجام شدند. در مجموع ۱۹ آزمایش انجام شد که جدول ۱ محدوده‌ی مقادیر داده‌های آزمایشات سری اول را نشان می‌دهد. رسوبات بکار رفته در آزمایشات سری اول، از نوع ماسه بادی تقریباً یکنواخت با قطر

میکرون بودند. و آزمایشات با سه دبی و غلظت‌های ورودی متفاوت انجام گردیدند. در جدول ۲ محدوده‌ی داده‌های سری دوم نشان داده شده است.

فراهم می‌آورد. با استفاده از این نمونه‌ها غلظت رسوب در مقاطع مختلف محاسبه و بر اساس تفاوت غلظت ورودی و غلظت مقطع، راندمان تله اندازه‌ی در مقاطع مختلف محاسبه شد. رسوبات در دو نوع درشت و ریزدانه با قطر متوسط ۱۳۰ و ۹۵/۵



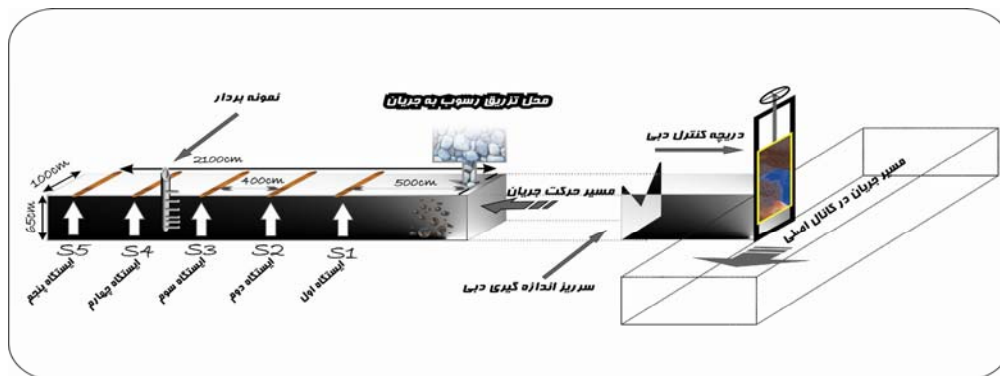
حوضچه آرام کننده جریان



(شکل ۱) - نمای بالا و مقطع جانبی فلوم آزمایشگاهی داده‌های سری اول

(جدول ۱) - محدوده‌ی داده‌های آزمایشگاهی سری اول در حوضچه رسوبگیر

Range	Q (lit/s)	h (cm)	U (m/s)	S (gr/lit)	Fr	L (m)
Min.	۱۲	۱۵	۰/۱۹	۳/۵	۰/۱۲	۲
Max.	۱۷	۲۶	۰/۳۳	۱۴/۵	۰/۲۹	۳



(شکل ۲) - شکل شماتیک کانال و لوازم مورد استفاده در آزمایشات سری دوم

(جدول ۲) - محدوده‌ی داده‌های آزمایشگاهی سری دوم

Range	Q (lit/s)	h (cm)	U (m/s)	S (gr/lit)	Fr	L (m)
Min.	۷۵/۰۴	۳۵	۰/۲۱۴	۱/۹	۰/۱۱۵	۵
Max.	۱۲۶/۰۶	۴۹	۰/۲۶۱	۶/۶۹	۰/۱۲۷	۲۱

نتایج و بحث

که در محاسبه اندازه ذره مورد نظر برای ترسیب d_0 در معادله ۱۳ نقش دارد ولی d_0 در معادله عرض حوضچه رسوبگیر (معادله ۱۵) در مخرج و در محاسبه طول حوضچه (معادله ۱۶) در صورت قرار دارد. که این امر باعث این اشکال می‌شود. همچنین در این معادلات، راندمان تله اندازی با مساحت سطحی رابطه مستقیم نداشته، در صورتیکه سایر مطالعات اثر این پارامتر را بطور مستقیم دیده اند. در مجموع با توجه به نکات فوق و همچنین محاسبه طول حوضچه رسوبگیر، بسیار کمتر از طول واقعی می‌توان استنباط کرد که فرض بستر صاف در حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری کارایی نداشته و بنابراین روش سوامی، روش مناسبی نبوده و از ادامه بررسی‌ها حذف گردید.

نتایج روش‌های Raju و Garde

به منظور بررسی روش‌های گارد و همکاران و راجو و همکاران ابتدا با استفاده از معادلات ۱۷ و ۱۸ راندمان تله اندازی برای مقادیر آزمایشگاهی سری‌های اول و دوم محاسبه گردید سپس این مقادیر با داده‌های اندازه گیری شده مقایسه گردیدند. همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، روش گارد و همکاران از دقت مناسبی برخوردار نبوده و در اکثر موارد مقادیر، راندمان را بسیار پایین برآورد می‌کند. این خطا و پخشیدگی نتایج دلالت دارد بر اینکه پارامترهای موثری بر راندمان تله اندازی در مدل گارد و همکاران لحاظ نشده است. از جمله دلایل نتایج ضعیف مدل گارد و همکاران را می‌توان به تأثیر بسیار زیاد Re_0 در نتایج مدل دانست که بر اساس چند آزمایش و بصورت منحنی در مقاله این محققین ارائه شده است. همچنین می‌توان از عدم کاربرد پارامتر مساحت سطحی (BL) حوضچه‌ی رسوبگیر که در راندمان تله اندازی نقش اثبات شده‌ای دارد، نام برد. از دیگر نقاط ضعف مدل می‌توان به لحاظ نکردن اثر غلظت ورودی در راندمان اشاره نمود.

بطور مشابه، برای بررسی مدل راجو و همکاران مقادیر راندمان محاسباتی بر اساس این روش با مقادیر مشاهده شده، در شکل ۴ مقایسه شده اند. نتایج نشان می‌دهد که مدل راجو و همکاران عملکرد مناسب تری نسبت به مدل گارد و همکاران داشته اما هنوز داده‌های تقریباً زیادی از محدوده خط ۲۵- درصد خطا خارج شده‌اند.

برای بررسی عملکرد مدل‌های ارائه شده با داده‌های آزمایشگاهی و میدانی، ابتدا به کنترل درستی و صحت داده‌های اندازه گیری شده پرداخته شد. در آزمایشات سری اول با توجه به روش محاسبه راندمان تله اندازی یعنی وزن کردن رسوبات، صحت و دقت داده‌ها مورد اطمینان است و مقایسه ابتدایی با مدل‌های ایده ال و USBR نیز این مسئله را تایید نمود. اما داده‌های سری دوم نیاز به بررسی بیشتری داشت چرا که راندمان تله اندازی از اختلاف بار معلق ورودی و خروجی حوضچه محاسبه شده است که احتمال خطا در اندازه گیری غلظت می‌تواند داده‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. بررسی‌های اولیه نشان داد که در بعضی از داده ها، نتایج راندمان‌های اندازه گیری شده حتی از مدل ایده ال نیز بیشتر است و یا با افزایش طول کانال راندمان کاهش یافته است. لذا با این تحلیل، داده‌های پرت شناسایی و حذف شده و در مجموع تعداد ۲۱ داده از اندازه‌گیری‌های سری دوم در این مطالعه استفاده شد. مقدار بار رسوبی ته نشین شده در آزمایش‌های سری دوم بعنوان راندمان تله اندازی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$Re = \frac{(S_i - S_o)}{S_i} \quad (19)$$

که Re راندمان تله اندازی و S_i و S_o به ترتیب میزان غلظت متوسط رسوبات وارد و خارج شده در واحد زمان از حوضچه رسوبگیر می‌باشد.

نتایج مدل Swamee

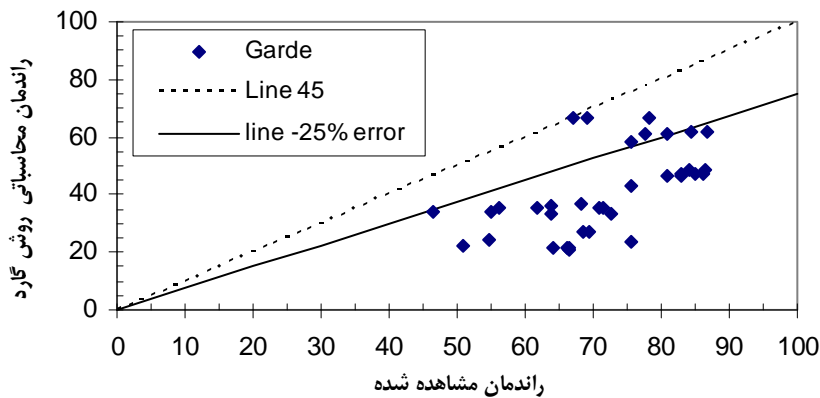
با توجه به پارامترهای زیاد موجود در معادلات این روش که از منحنی دانه بندی بدست آمده اند، در ابتدا حساسیت مدل به m و d^* بررسی شد. بدین ترتیب که با شرایط هیدرولیکی یکی از آزمایشات، تأثیر تغییرات این دو پارامتر در محاسبه طول و عرض حوضچه رسوبگیر محاسبه و نتایج در جدول ۳ ارائه شده است. بطوری که ملاحظه می‌شود عرض حوضچه رسوبگیر حساسیت بالایی به این دو پارامتر نشان می‌دهد. به قسمی که با کاهش ۲/۵ برابری m عرض حوضچه ۶۴/۵ برابر افزایش می‌یابد. و یا با کاهش ۲ برابری d^* مقدار عرض تقریباً ۵ برابر افزایش می‌یابد. نکته مهمتر تأثیر تغییرات راندمان مطلوب طراحی در طول و عرض حوضچه رسوبگیر است، که علاوه بر مشکل حساسیت بالای نتایج مدل این تغییرات همسو نبوده و چنانچه در جدول ۴ نشان داده شده است با افزایش راندمان تله اندازی طراحی، طول حوضچه رسوبگیر کاهش می‌یابد. بررسی معادلات مدل فوق مشخص می‌کند که راندمان مطلوب

(جدول ۳) - تغییرات طول و عرض حوضچه رسوبگیر در اثر تغییر m و d*

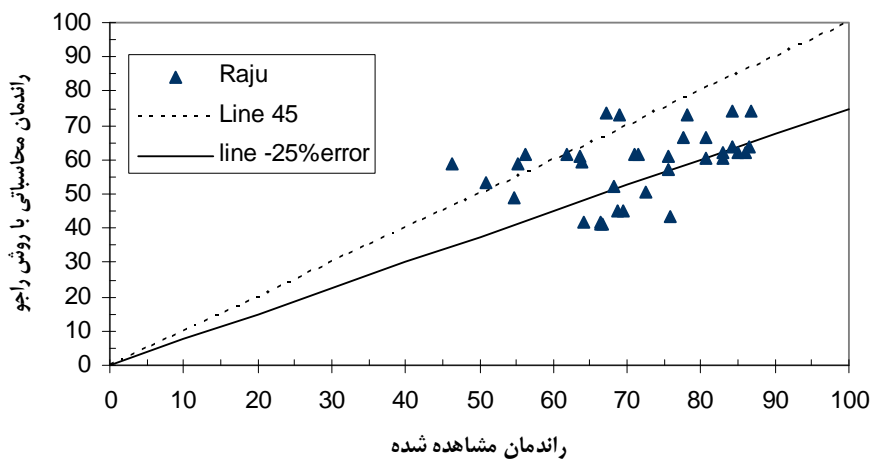
m	B	L	BL	d*	B	L	BL
۰/۶	۱۰/۹۷	۵/۰۷	۵۵/۶	۰/۴	۲/۵۴	۶/۰۸	۱۵/۴۴
۰/۸	۱/۸۷	۶/۳۲	۱۱/۸	۰/۵	۱/۵۳	۶/۴۸	۹/۹۱
۱	۰/۶۶	۷/۲۱	۴/۸	۰/۶	۱/۰۴	۶/۸۳	۷/۱۰
۱/۳	۰/۲۵	۸/۱۲	۲	۰/۷	۰/۷۱	۷/۱۴	۵/۰۷
۱/۵	۰/۱۷	۸/۵۶	۱/۵	۰/۸	۰/۵۲	۷/۴۲	۳/۰۹

(جدول ۴) - تغییرات طول و عرض حوضچه رسوبگیر در اثر تغییر راندمان تله اندازی طراحی

Re	B	L	BL
۰/۹۵	۱۶/۹۹	۴/۸	۸۱/۶
۰/۹	۲/۹۲	۵/۹۸	۱۷/۵
۰/۸۵	۱/۰۴	۶/۸	۷/۱
۰/۸	۰/۵	۷/۴۳	۳/۷
۰/۷۵	۰/۳۹	۸	۲/۳
۰/۷	۰/۱۸	۸/۴۷	۱/۵
۰/۶۵	۰/۱۲	۸/۹	۱/۱
۰/۶	۰/۰۹	۹/۲۸	۰/۸



(شکل ۳) - مقایسه راندمان‌های اندازه گیری شده با محاسباتی توسط مدل گارد و همکاران



(شکل ۴) - مقایسه راندمان‌های اندازه گیری شده با محاسباتی توسط مدل راجو و همکاران

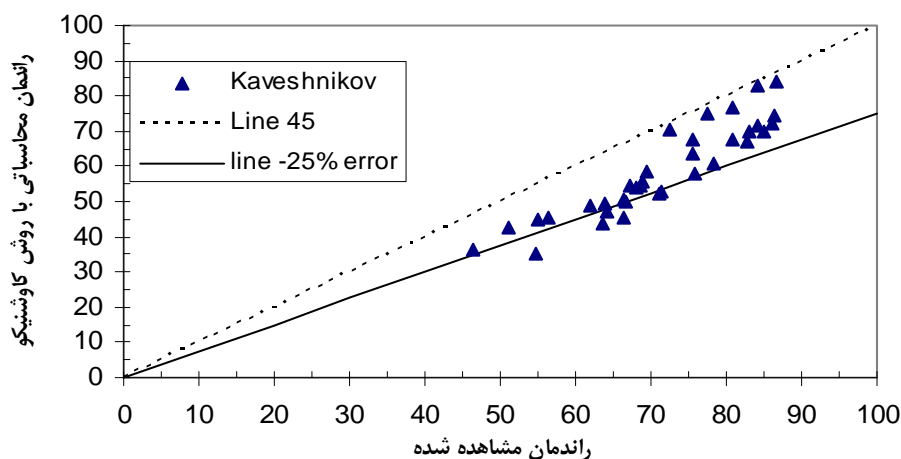
(جدول ۵) - نتایج آزمایشگاهی تأثیر غلظت ورودی بر راندمان تله اندازی

Q(lit/s)	H (cm)	Ds (mm)	S (gr/lit)	L (m)	Re (%)	کد آزمایش
۱۵	۲۰	۰/۱۵	۶/۱۳	۳	۶۱/۹	S1-1
۱۵	۲۰	۰/۱۵	۱۴/۹۶	۳	۷۱/۵	S1-2
۱۵	۲۰	۰/۱۵	۳/۵۴	۳	۵۶/۳	S1-3
۱۷	۲۲	۰/۱۵	۵/۰۴	۳	۵۵/۱	S1-4
۱۷	۲۲	۰/۱۵	۱/۳۸	۳	۴۶/۴	S1-5
۱۲۸	۴۹	۰/۱۳	۲/۵۷	۲۱	۸۲/۸	S2-1
۱۲۸	۴۹	۰/۱۳	۳/۸۶	۲۱	۸۵/۰	S2-2
۱۲۸	۴۹	۰/۱۳	۵/۲۸	۲۱	۸۶/۱	S2-3
۱۲۸	۴۹	۰/۰۹۵۵	۱/۹۱	۲۱	۶۴	S2-4
۱۲۸	۴۹	۰/۰۹۵۵	۲/۸۹	۲۱	۶۶/۵	S2-5

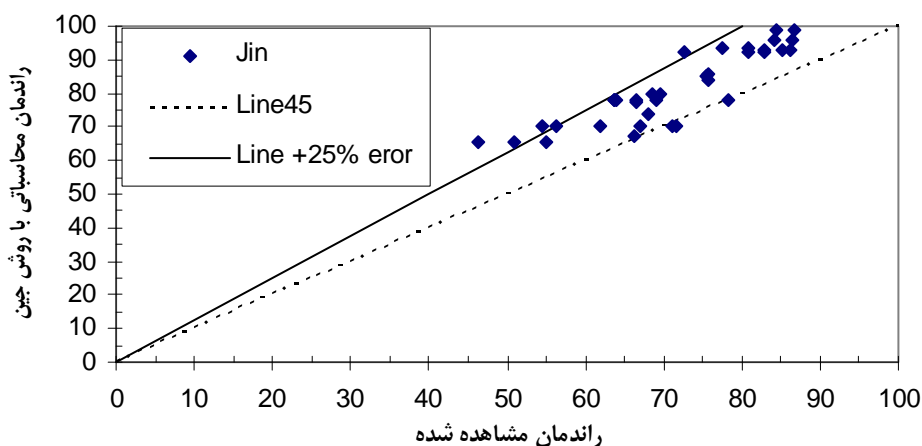
نتایج مدل Kaveshnikov

محاسبه‌ی راندمان تله اندازی حوضچه‌های رسوبگیر در آزمایشات سری‌های اول و دوم با استفاده از معادلات روش کاوشنیکو و مقایسه با نتایج اندازه‌گیری شده از تطابق مناسب تری برخوردار است. چنانچه در شکل ۵ مشاهده می‌شود علاوه بر اینکه نقاط کمتری از محدوده ۲۵ درصد خطا خارج شده‌اند، مقادیر داده‌ها بصورت تقریباً خطی قرار گرفته و پخشیدگی کمتری دارند. این موضوع به دلیل بکارگیری استنباط مناسبی از تلاطم جریان در معادلات و لحاظ نمودن اثر غلظت ورودی و تغییرات سرعت سقوط در طول حوضچه رسوبگیر بر روی راندمان تله اندازی می‌باشد. تنها نقطه ضعف این مدل نادیده گرفتن غیر یکنواختی ذرات در محاسبه سرعت سقوط و راندمان تله اندازی می‌باشد. این روش بطور متوسط ۱۵ درصد پیش بینی کمتری داشته و لذا در کاربرد روش نیازی به ضریب اطمینان ندارد.

در مورد مدل راجو و همکاران، استفاده از پارامترهای عرض کانال نزدیک شونده باعث حذف تأثیر عرض حوضچه رسوبگیر B می‌گردد. چنانچه برای اثبات این موضوع آزمایشاتی با کانال نزدیک شونده هم عرض حوضچه یعنی ۰/۳ متر صورت گرفت و با توجه به حذف جت ورودی مطابق انتظار راندمان تله اندازی افزایش یافت ولی مدل راجو و همکاران کاهش راندمان را نشان می‌دهد. از معایب دیگر این مدل مشابه روش گارد و همکاران، اعمال نکردن اثر غلظت ورودی در راندمان است. به منظور مشخص نمودن تأثیر غلظت ورودی جریان بر راندمان تله اندازی نتایج بعضی از اندازه‌گیری‌های انجام شده در هر دو سری آزمایشگاهی و صحرایی در جدول ۵ ارائه شده‌اند. همانگونه که مشخص شده است در شرایط یکسان هیدرولیکی (دبی، سرعت و عمق آب)، اندازه ذره و طول حوضچه رسوبگیر با افزایش غلظت ورودی، افزایش راندمان حاصل می‌شود.



(شکل ۵) - مقایسه راندمان‌های اندازه‌گیری شده با محاسباتی توسط مدل کاوشنیکو



(شکل ۶) - مقایسه راندمان‌های اندازه گیری شده با محاسباتی توسط مدل جین و همکاران

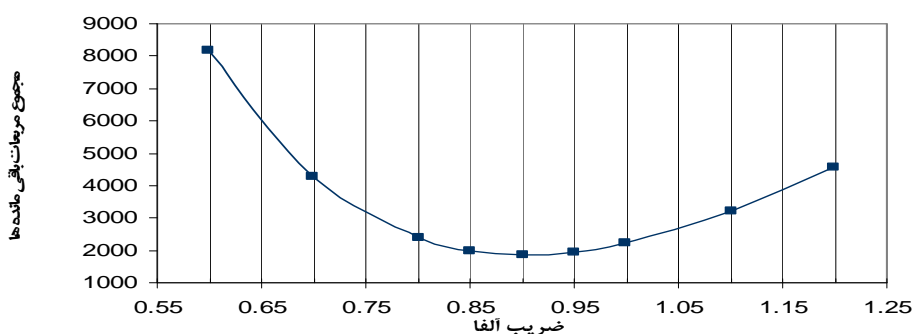
نتایج مدل Jin

با فرض مقدار α برابر ۱٫۲ که توسط جین و همکاران پیشنهاد شده است، راندمان تله اندازی برای کلیه داده‌ها با استفاده از معادله ۴ محاسبه و با مقادیر اندازه گیری شده‌ی آزمایشگاهی در سری‌های اول و دوم مقایسه گردید. چنانچه در شکل ۶ مشخص می‌باشد نتایج مدل مناسب بوده و اکثر داده‌ها در محدوده خط ۲۵ درصد خطا قرار داشته ولی مقادیر پیش بینی مدل بیش از مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد. از نقاط قوت مدل جین و همکاران، لحاظ نمودن تأثیر غیر یکنواختی اندازه ذرات در محاسبه راندمان تله اندازی است. نقطه ضعف مدل عدم اعمال اثر غلظت ورودی در محاسبه راندمان تله اندازی می‌باشد. برای بررسی بهتر این مدل تأثیر تغییرات ضریب α بر عملکرد مدل

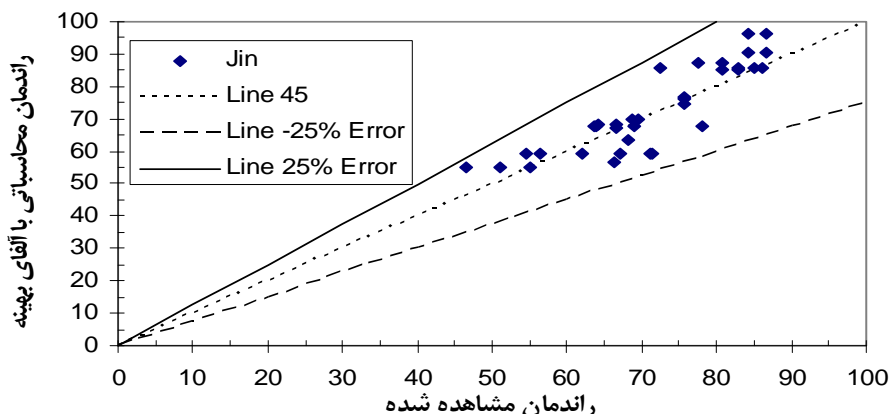
برای اصلاح پیش بینی مدل و تعیین مقدار بهینه این ضریب مطالعه شد. نتایج این بررسی در ذیل ارائه می‌شود.

بهینه سازی ضریب α

با در نظر گرفتن مفهوم فیزیکی ضریب α می‌توان گفت، مقدار آن به ظرفیت حمل رسوبات کانال و رسوبات ترسیب شده مرتبط است. برای تعیین بهترین مقدار ضریب α ، مقدار راندمان تله اندازی با تغییر ضریب α برای کلیه داده‌های سری‌های اول و دوم محاسبه شد. سپس مجموع مربعات خطاها بین مقادیر محاسبه شده فوق و مقادیر اندازه گیری بدست آمد که در شکل ۷ ارائه گردیده است.



(شکل ۷) - مقایسه خطای محاسبه‌ی راندمان تله اندازی در روش جین و همکاران با تغییر ضریب α



(شکل ۸) - مقایسه راندمان‌های اندازه‌گیری شده با محاسباتی روش جین با ضریب α بهینه

نمی‌شوند.

۳- روش‌های راجو و همکاران و کاوشنیکو نتایج مناسبی را با داده‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد و در طراحی حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری خصوصا در شرایط وجود دانه بندی تقریبا یکنواخت مناسب می‌باشند.

۴- مدل جین و همکاران با در نظر گرفتن ضریب آلفای مساوی $\alpha/9$ بهترین نتایج را با داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی داشته و مناسب ترین مدل برای طراحی حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری خصوصا با لحاظ تأثیر دانه بندی غیر یکنواخت می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه‌های این مطالعه بر اساس قرارداد ۰۰۷-۰۲-۰۱-۸۷ توسط دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان تامین گردیده که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

چنانچه مشاهده می‌شود ضریب α برابر با $0/9$ حداقل مجموع مربعات خطا را دارد. با این مقدار ضریب آلفای بهینه، مقادیر راندمان محاسباتی و مشاهده شده مقایسه و در شکل ۸ نشان داده شده اند. نتایج از تطابق بسیار مناسبی برخوردار و کلیه داده‌ها در محدوده‌ی خطوط ۲۵ درصد خطا قرار دارند.

نتیجه گیری

با مطالعات آزمایشگاهی و میدانی بر روی حوضچه‌های رسوبگیر آبیاری مشخص گردید که :

- ۱- مدل سومی و تیاقی راندمان‌های بالایی را برای حوضچه رسوبگیر آبیاری بدست آورده و به پارامترهای موجود در مدل نیز حساسیت زیادی دارد. لذا کاربرد آن در طراحی حوضچه‌های رسوبگیر شبکه‌های آبیاری توصیه نمی‌شود.
- ۲- مدل‌های آزمایشگاهی ارائه شده توسط گارد و همکاران نیز با داده‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی و میدانی همبستگی خوبی نداشته و برای حوضچه‌های رسوبگیر شبکه‌های آبیاری توصیه

منابع

- ۱- خادمی م.، امید م.ح. و هورفر، ع. ۱۳۸۶. بررسی اثر تیغه هدایت کننده بر راندمان تله اندازی حوضچه‌های رسوبگیر با استفاده از مدل فیزیکی و ریاضی، مجله هیدرولیک، بهار ۱۳۸۶، صص ۱۱-۲۴.
- ۲- شفاعی بجستان م. و خمینی بزاز م. ۱۳۸۷. بررسی توزیع طولی و عمقی غلظت و دانه بندی رسوب معلق در کانالهای آبیاری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، سازمان آب و برق خوزستان، ۱۲۶ صفحه.
- 3- Adamsson A., Stovin V., and Bergdahi L. 2003. Bed shear stress boundary condition for storage tank sedimentation. J. Environ. Eng. 129(7), 651-658.
- 4- Garde R.J., Ranga Raju K.G., and Sujudi A.W.R. 1990. Design of settling basins. J. Hydr. Res., 20(1), 81-91
- 5- Jin Y.C., Gue Q.C., and Viraraghavan T. 2000. Modeling class I settling tanks. J. Environ. Eng. 126(8), 754-760.
- 6- Jin Y.C., Lu F., and Badruzzaman Md. 2005. Simplified model of class-I settling tanks design. J. Environ. Eng. 131(12), 1755-1759.
- 7- Kaveshnikov N.T. 1997. Methods of calculating sedimentation and sediment- concentration parameters of a flow in

- settling basins. Hydro technical construction, VOL. 31, No. 10, 1997
- 8- Ranga Raju K.G., et al. 1999. Sediment removal efficiency of settling basin. J. Irrig. And Drain. Eng. 125(5), 308-314.
 - 9- Stamou A.L., Adams E.W., and Rodi W. 1989. Numerical modeling of flow and settling in primary rectangular clarifiers., J. of Hydr. Research, 27(5), 665-682,
 - 10- Stovin V.R., and Saul A.J. 2000. Computational fluid dynamics and the design of sewage storage chambers. J.CIWEM, 14~21, 103–110.
 - 11- Swamee P.K., and Tyagi A. 1996. Design of class – I sedimentation tanks. J. Environ. Eng., Vol. 122, No. 1.

Comparison investigation of different techniques for design of irrigation settling basin structures

M. Sajjadi^{1*} - M. Shafai Bejestan² - M. Bina³

Abstract

Settling basins are essential hydraulic structures which have to be designed and constructed at all river water intakes to remove most of suspended sediments which enters the intake by flowing water. There have been many techniques for designing these structures. To simplifying the design procedure, some of these techniques have been applied many assumption and some others are so complicated which are difficult to apply or needs many data for design purpose. There are also some applicable methods which have been developed based on experimental or analytical procedures, but their results are not well known. Thus it is the purpose of this paper to compare these available methods. To do so extensive experimental tests were conducted in a flume of $8.0 \times 0.3 \times 0.5$ m using three different sediment concentrations under three Froude numbers. Field tests also were conducted in an irrigation rectangular concrete canal of 200 meter long, 1 meter wide and depth. Field tests also have been conducted under there different discharges different sediment concentration. Then the experimental data was used to determine the trap efficiency of settling basins by different methods. The predicted values were compared to the measurement values. The result indicate that the method of Swamee and Tyagi over predict the trap efficiency. This method was found to be more sensitive to the input data. Result obtained by the methods of Jin and Kaveshnikov were found to be more close to measure data than Raju and Garde methods. In this study a coefficient of Jin method in irrigation settling basin was determined for best estimating of.

Key words: Trap efficiency, Settling Basin, Suspended Sediment

1 - Ph.D. Student, College of Water Science Engineering, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran

(* - Corresponding author Email: sajadi.mohsen@gmail.com)

2,3 - Professor and Associate Prof., College of Water Science Engineering Shahid Chamran University, Ahwaz, Respectively