بررسی رسوبات ته‌نشین شده در مخزن سد

ایمان کرمی‌زاده

کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

با استفاده از پیشرفت تکنولوژی سدسازی، کشورها توانستند آب رودخانه ها و سیلاب ها را به کنترل خویش درآورده و با ذخیره و مهار کردن آب در پشت سدها و استفاده بهینه از آن، باعث رونق در بخش کشاورزی، صنایع و بهداشت شوند و تا حدودی کمبود آب موردنیاز در این بخش‌ها را جبران نمایند. در بهره برداری از مخازن سدها روشهای رسوب زدایی مختلفی برای جلوگیری از ورود رسوبات و تخلیه آنها وجود دارد، اما به دلیل هزینه نسبتاً زیاد، در غالب موارد سعی می شود با استفاده از نیروی هیدرودینامیکی آب، رسوبات ریزدانه خارج شوند. یکی از این روش ها، استفاده از موانع در مخزن سد بوده که این مورد در طرحی آزمایشگاهی در دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد و با توجه به داده‌های برداشت شده و با استفاده از سیستم سیستم عصبی_فازی تطبیقی مدل‌سازی شد. نتایج تحلیلی نشان ازکارایی مناسب این روش در پیش‌بینی داده‌ها دارد.

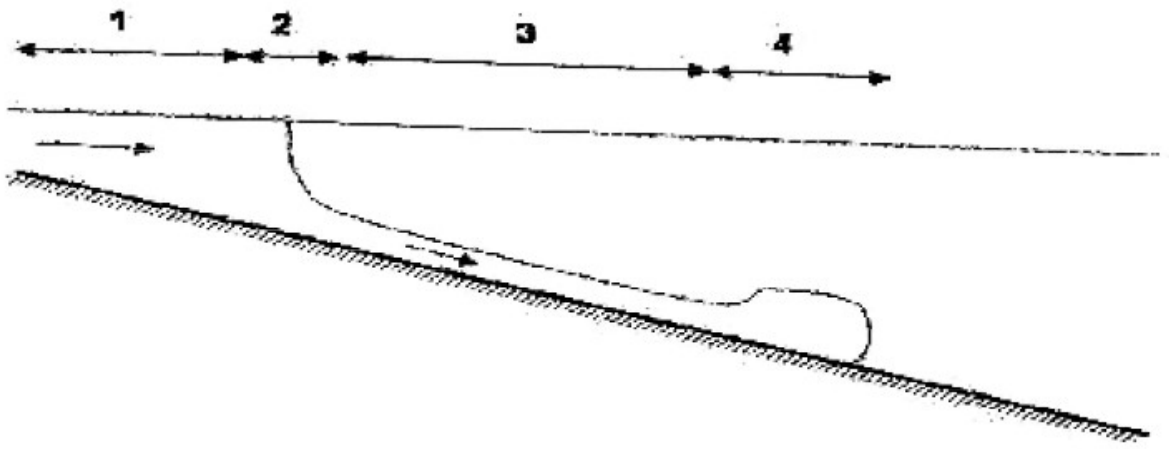
واژگان کلیدی : سدسازی، سیلاب، سیستم عصبی_فازی تطبیقی ، رسوبات

۱. مقدمه

یکی از مبانی اصلی طراحی سدها، ترسیب و تله‌اندازی رسوبات در مخزن سدها است که این حجم ترسیب بر اساس طول عمر و دوره بهره‌برداری سد تعیین می‌شود. بر این اساس، طبق مشخصات فنی سدها، همواره حجمی تحت عنوان حجم مرده برای تله‌اندازی ذرات رسوب در نظر گرفته شده و تراز مجاری آب بر سد با پیش‌بینی تراز نهشته‌های رسوبی در طول عمر سد تعیین و جانمایی می‌شود. در طول دوران بهره‌برداری مفید از سد، تجمع رسوبات انتقالی در حجم مرده سد صورت می‌گیرد و جریانات غلیظ از طریق دریچه‌های تحتانی تخلیه می‌شوند. به دلایلی نظیر پیچیدگی، صعوبت و هزینه اجرا، محدودیت‌های کیفی و زیست‌محیطی، مورفولوژی مخزن و حجم و ماهیت نهشته‌های رسوبی، برداشت فیزیکی رسوبات در سطوح بزرگ مقیاس در دنیا انجام نمی‌شود ولی برای پایش وضعیت رسوبات نهشته شده در مخازن با هدف امکان بهره‌برداری بهینه از ظرفیت سدها، هر ۵ تا ۱۰ سال یک‌بار عملیات هیدروگرافی مخازن صورت گرفته و برآوردی از میزان رسوبات و پروفیل‌های رسوب‌گذاری مخزن سدها ارائه می‌شود، تا بتوان به روش‌هایی از میزان این رسوبات کاست و میزان خسارات به این وسیله کاهش داد. اما در دهه‌های اخیر با توجه به مشخص شدن نقش جریان‌های غلیظ در انتقال رسوبات، تحقیقات زیاد جهت شناخت و کنترل آنها انجام شده است. برای درک بهتر و امکان تحلیل مناسب، در این مقاله به بیان توضیحاتی درباره این جریان‌ها پرداخته شده است. جریان های غلیظ بسته به اختلاف دانسیته سیال ورودی با سیال ساکن، ممکن است به شکل زیرگذر، میان گذر و یا روگذر در آیند. از آن جایی که جریان مورد استفاده در این تحقیق از نوع زیرگذر بوده بنابراین تحقیقات انجام شده در خصوص جریان غلیظ زیرگذر مورد بررسی قرار گرفته است (کرم‌زاده، ۱۳۸۳).

یک جریان غلیظ زیرگذر از چهار ناحیه تشکیل شده است :

ناحیه اول، قسمت ورودی جریان یا جریان با چگالی یکسان نامیده شده و ناحیه قبل از تداخل با آب ساکن است. این قسمت از جریان از قوانین حرکت سیال در کانال های روباز پیروی می کند. ناحیه دوم، ناحیه غوطه وری نامیده می شود؛ در این منقطه از جریان، اندازه حرکت جریان ورودی با نیروی فشاری ناشی از اختلاف چگالی جریان ورودی با آب ساکن به تعادل رسیده و جریان غلیظ زیرگذر پس از آن به زیر سطح آب ساکن رفته و به حرکت خود ادامه می دهد. ناحیه سوم، بدنه جریان است. به فاصله بین نقطه غوطه وری و پیشانی جریان اطلاق می شود. ناحیه چهارم، که مهم ترین قسمت جریان غلیظ است پیشانی یا رأس جریان غلیظ بوده و به قسمت گرزی شکل جلوی جریان گفته می شود (ترابی‌پوده، ۱۳۸۶). این ۴ قسمت در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایی از نواحی جریان غلیظ

۱.۱. مطالعات پیشین

ورجاوند و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که نوسانات لحظه ای سرعت نقش مهمی در انتقال مواد رسوبی معلق دارا می باشند. براین‌اساس در تحقیق حاضر به بررسی آزمایشگاهی جریان های غلیظ نمکی برروی بسترهای زبر مصنوعی پرداخته شده است. دو شکل زبری استوانه ای و مخروطی با سه ارتفاع زبری مورد استفاده قرار گرفته است. پروفیل سرعت با استفاده از دستگاه سرعت سنج صوتی برداشت گردید. پروفیل های قائم سرعت و غلظت به ترتیب در ۳ و ۴ مقطع در بدنه جریان برداشت گردید. نتایج نشان داد که افزایش ارتفاع زبری نسبی تاثیر چندانی برروی نوسانات لحظه ای سرعت در ناحیه اختلاط بدنه جریان غلیظ ندارد و همچنین تحلیل نوسانات لحظه ای سرعت برروی بسترهای زبر در ناحیه اختلاط نشان داد که شدت تلاطم در جهت جریان در مرز بین بدنه جریان غلیظ و سیال پیرامون برای زبری های استوانه ای و مخروطی بترتیب حدود ۴۸ و ۳۲ درصد سرعت برشی می باشد.

ورجاوند و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که جریان های غلیظ معمولا مهمترین فرآیند در انتقال رسوب و رسوبگذاری مخازن نازک و مرتفع می باشند. در تحقیق حاضر ۶۳ آزمایش به منظور بررسی آزمایشگاهی جریان غلیظ نمکی برروی بستر زبر مصنوعی انجام شده است. دو شکل زبری استوانه ای و مخروطی با سه ارتفاع مورد بررسی قرارگرفتند. پروفیل های قائم سرعت در ۴ مقطع و پروفیل های قائم غلظت در ۳ مقطع برداشت شدند. نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع زبری مقدار سرعت کاهش یافته و ضخامت بدنه جریان غلیظ افزایش می یابد و همچنین مقدار ضریب اختلاط برای یک گرادیان ریچاردسون ثابت زیاد می گردد. در برخی از آزمایشات یک پدیده خاص مشاهده گردید که پروفیل های سرعت را تحت تاثیر قرار داد. این پدیده برخاستگی نامگذاری گردید. برخاستگی در زبری های استوانه ای و مخروطی زمانی مشاهده گردید که در آنها عامل انسداد به ترتیب بیشتر از ۱۰٪ و ۱۴٪ باشد.

هاشمی و قمشی (۱۳۹۵) بیان کردند زمانی که سیالی با جرم مخصوص به درون یک توده سیال با جرم مخصوص جریان یابد، به علت تاثیر شتاب ثقل بر اختلاف جرم مخصوص دو سیال، جریان غلیظ به وجود می‌آید. از آنجا که در منابع عظیم آب بدلیل اختلاف دما و یا دلایل دیگر، احتمال دارد لایه‌های زیرین دارای جرم مخصوص بیشتری نسبت به لایه‌های بالایی باشند و به عبارتی سیال ساکن دارای لایه بندی دانسیته باشد، در چنین منابع آبی اگر سیال ورودی جرم مخصوصی کمتر از جرم مخصوص لایه‌های زیرین توده سیال ساکن و بیشتر از جرم مخصوص لایه‌های بالایی توده سیال ساکن داشته باشد در این صورت سیال

ورودی به صورت یک جریان غلیظ میان گذر حرکت خواهد کرد. به منظور بررسی تاثیر تغییرات دبی و غلظت بر ارتفاع جریان غلیظ میان گذر در نقطه جداشدگی، آزمایشاتی در قالب مدل فیزیکی صورت گرفت. آزمایشات در فلومی به طول ۸ متر، عرض ۳۴/۰ متر و ارتفاع ۶۶/۰ متر ازجنس شیشه و پلاکسی گلاس باشیب ۴درصد در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گردید. در این مطالعه ابتدا به کمک مخلوطی از آب و نمک یک سیال لایه بندی شده شور در فلوم تشکیل شد و سپس جریان غلیظ رسوبی از دریچه ی تعبیه شده در ابتدای فلوم وارد آن شد. در این تحقیق تعداد ۸ آزمایش برای ۳ دبی ورودی متفاوت ۱و ۱.۵و ۲و ۲.۵ لیتربرثانیه در ۲غلظت ۱۰گرم برلیتر و ۱۱ گرم بر لیتر صورت گرفت. نتایج نشان داد که در یک غلظت ثابت با افزایش دبی جربان غلیظ ورودی به درون سیال لایه بندی شور، ارتفاع جریان غلیظ در نقطه جداشدگی جریان غلیظ از کف فلوم افزایش می یابد و همچنین افزایش غلظت جربان غلیظ ورودی سبب کاهش ارتفاع جریان غلیظ در نقطه جداشدگی می شود.

کمایی و قمشی (۱۳۹۵) بیان کردند که جریان غلیظ یکی از مهمترین پدیده های مؤثر بر رسوب گذاری و کیفیت آب در مخازن سدها و منابع آب می باشد. از بخش های بسیار مهم و قابل بررسی در دینامیک جریان غلیظ، بخش پیش رونده جریان غلیظ (پیشانی جریان) است. نیروی جلوبرنده و محرک در پیشانی جریان، گرادیان حاصل از اختلاف چگالی میان پیشانی جریان و سیال محیطی است. در تحقیق حاضر پارامترهای مؤثر بر سرعت رأس جریان به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که لایه بندی بر سرعت رأس جریان غلیظ میان گذر مؤثر می باشد و همچنین با افزایش دبی و غلظت سرعت رأس جریان هم افزایش می یابد. آزمایش های مورد نظر در یک فلوم به طول ۸ متر، عرض ۳۴ سانتی متر و ارتفاع ۷۵ سانتی متر در دبی و غلظت های مختلف و شیب ثابت ۲.۵درصد در آزمایشگاه مدل های هیدرولیکی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شده است.

شیخ‌الاسلامی و قمشی (۱۳۹۴) بیان کردند که جریان های کدر، جریان غلیظ زیرگذری هستند که بالا بودن وزن مخصوص آن ها ناشی از مواد معلق بوده وعامل عمده و مهم انتقال رسوبات بداخل مخازن سدها، دریاها واقیانوس ها می باشند در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر شعاع انحنا بر تغییرات پروفیل عرضی سرعت ، جریان غلیظ نمکی با دبی ۱.۱ لیتر در ثانیه و در چهار غلظت در فلومی با سه شعاع انحنای ۴۰،۸۰و ۱۲۰ سانتیمتر مدلسازی شده است نتایج آزمایش ها نشان می دهد در یک دبی ثابت افزایش غلظت منجر به افزایش سرعت جریان می گردد . درشعاع انحنای ۱۲۰و ۸۰ سانتیمتر در هر سه مقطع (ابتدا ، وسط وانتهای خم) حداکثر سرعت در دیواره بیرونی رخ می دهد . این امر به علت تشکیل جریان ثانویه معکوس در خم می باشد در خم اول به دلیل کوتاه بودن طول خم وتند بودن قوس ، درابتدای قوس ، پروفیل عرضی جریان از پروفیل سرعت شکل گرفته در مسیر مستقیم تبعیت می کند. در راس خم نیز گرادیان طولی فشار منفی منجر به کشیده شدن حداکثر سرعت به سمت دیواره داخلی می‌گردد بعد از این مقطع علاوه بر مثبت بودن گرادیان طولی فشار ، جریان ثانویه نیز موجب انتقال حداکثر سرعت به سمت دیواره بیرونی می گردد.

۲. مواد و روش‌ها

چون بخشی از این مقاله استفاده از داده‌های آزمایشگاهیست، ابتدا شرحی کوتاه از آن ارایه داده و سپس به ارایه سیستم مدل-ساز پرداخته شده است.

۱.۲. طرح آزمایشگاهی

در این طرح آزمایشگاهی، محقق به بررسی تاثیر موانع استوانه‌ای شکل بر راس و بدنه جریان غلیظ نمکی و هم چنین کنترل آن پرداخته است. هم چنین در جهت نیل به این هدف تاثیر شیب بستر و غلظت سیال غلیظ و همچنین نحوه چیدمان و تراکم موانع استوانه‌ای بر جریان غلیظ، مورد بررسی قرار داده است. در این مقاله از داده‌های نسبت سرعت استفاده شده است (قربان مقدم، ۱۳۹۴).

۲.۲. سیستم عصبی_فازی تطبیقی

مدل‌سازی بنیادی سیستم مبتنی بر ابزارهای ریاضی مرسوم (مثلاً معادلات دیفرانسیل) برای مقابله با سیستم‌های نامشخص مناسب نیست. در مقابل، یک سیستم استنتاج فازی با استفاده از قواعد اگر-آنگاه فازی می‌تواند جنبه‌های کیفی دانش انسانی و فرآیندهای استدلالی را بدون استفاده از تحلیل‌های کمی دقیق مدل‌سازی کند. این مدل سازی فازی یا شناسایی فازی، که برای اولین بار توسط تاکاگی و سوگنو (Takagi and. Sugeno, 1954) به طور سیستماتیک مورد بررسی قرار گرفت، کاربردهای عملی متعددی در کنترل پیدا کرده است (Pedrycz, 1989).

قواعد فازی if-then یا گزاره های شرطی فازی عبارت هایی از شکل IF A THEN B هستند، که در آن A و B برچسب هایی از مجموعه های فازی (Zadeh, 1965) هستند که با توابع عضویت مناسب مشخص می شوند. با توجه به شکل مختصرشان، قواعد اگر-آنگاه فازی اغلب برای به تصویر کشیدن حالت‌های نادقیق استدلالی که نقش اساسی در توانایی انسان برای تصمیم‌گیری در محیط عدم قطعیت و عدم دقت دارند، به کار می‌روند. مثالی که یک واقعیت ساده را توصیف می کند این است که اگر فشار زیاد است، حجم کوچک است که فشار و حجم متغیرهای زبانی هستند (Zadeh, 1973)، زیاد و کوچک مقادیر زبانی یا برچسب هایی هستند که با توابع عضویت مشخص می شوند. شکل دیگری از قانون اگر-آنگاه فازی، که توسط تاکاگی و سوگنو (Takagi and. Sugeno, 1983) ارائه شده است، مجموعه‌های فازی را فقط در قسمت مقدمه درگیر می‌کند.

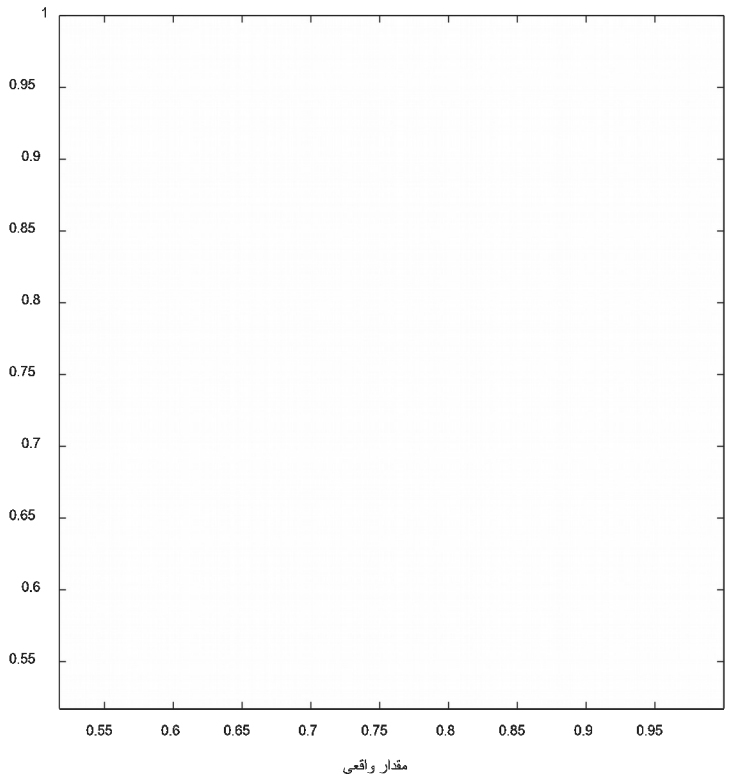
جایی که، دوباره، در قسمت مقدماتی، یک برچسب زبانی است که با یک تابع عضویت مناسب مشخص می شود. با این حال، بخش بعدی با یک معادله غیر فازی از متغیر ورودی، سرعت توصیف می‌شود. هر دو نوع قواعد اگر-آنگاه فازی به طور گسترده در مدل‌سازی و کنترل استفاده شده‌اند. از طریق استفاده از برچسب های زبانی و توابع عضویت، یک قانون اگر-آنگاه فازی می تواند به راحتی یک "قاعده سرانگشتی" مورد استفاده توسط انسان ها را به تصویر بکشد. از زاویه ای دیگر، با توجه به واجد شرایط در قسمت های مقدماتی، هر قانون اگر-آنگاه فازی را می توان به عنوان یک توصیف محلی از سیستم مورد بررسی مشاهده کرد. قواعد

اگر-آنگاه فازی بخش اصلی سیستم استنتاج فازی را تشکیل می دهد که ادغام مورد بیان شده با شبکه عصبی سبب ایجاد یک سیستم بسیار پرقدرت می‌شود.

۳. نتایج

رسوب گذاری در مخازن سدها یکی از مشکلات اساسی است که اکثر سدها در سراسر دنیا با آن روبرو هستند. این پدیده باعث ایجاد مشکلاتی از قبیل کاهش حجم مفید مخزن، تشکیل جزایر رسوبی در محل ورودی رودخانه به مخزن، اختلال در عملکرد دریچه های تحتانی،عدم اطمینان پذیری درتولید انرژی برقآبی وکنترل سیلاب، ایجاد نیروی مضاعف هنگام زمین لرزه، اثرات زیست محیطی، افزایش کاذب سطح آب مخزن می شود. رسوبگذاری در مخزن سدها همواره یکی از چالش های بزرگ مدیریت منابع آب بوده است و مدیریت این پدیده دارای اهمیت زیادی می‌باشد (حاجی‌پور بیرگانی و جاعل (۱۳۹۶)). جهت واکاوی این پدیده در این مقاله و با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی، با سیستم فازی_عصبی تطبیقی اقدام به مدل‌سازی داده‌ها شد.

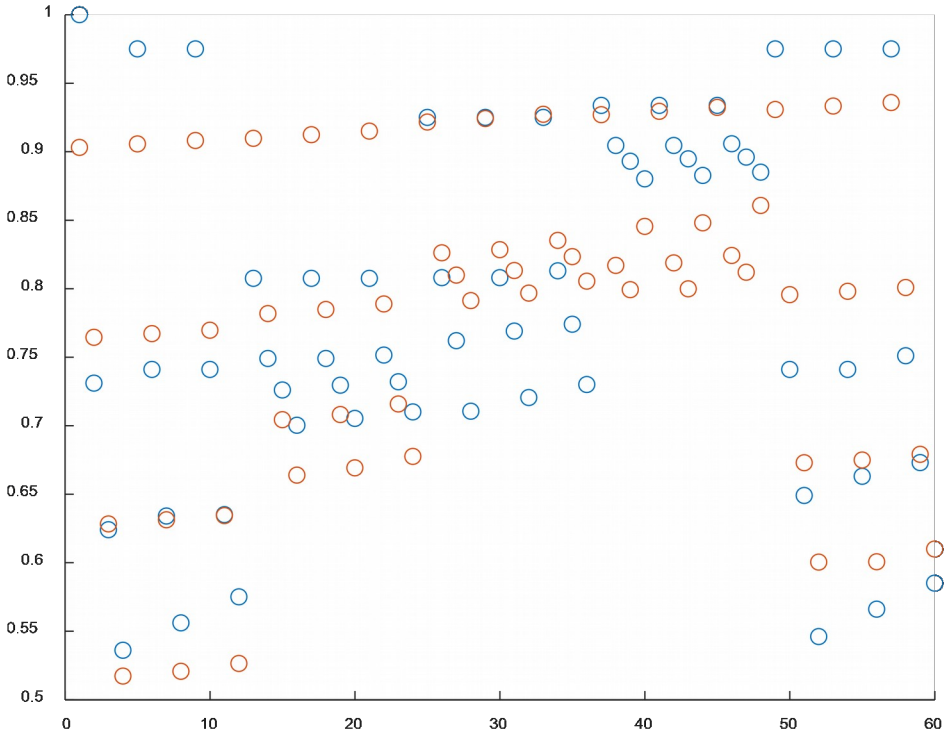
در این بخش نیز با استفاده از ۷۵ درصد از داده‌های آزمایشگاهی و با سیستم فازی_عصبی تطبیقی اقدام به مدل‌سازی داده‌ها شد که مقدار رگسیون داده‌های حاصله در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲ : رگسیون داده‌های مدل شده

در شکل (۲) مقدار رگسیون داده‌ها تقریبا ۹/۰ به دست آمده و این میزان قدرت پیش‌بینی مناسب بوده و برای محققین مطلوب می‌باشد.

رگسیون داده‌ها در یک سیستم فازی_عصبی تطبیقی چندان معتبر جهت تحقیقات آینده نمی‌باشد و لازم است به نحوه پراکندگی داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده پرداخت تا روند آنها نیز ارزیابی گردد. براین‌اساس در این مقاله به ارایه مقایسه داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده پرداخته و در شکل (۳) ارایه شده است.



شکل ۳ : داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده

با بررسی شکل (۳) پراکندگی داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده ارایه شده است و همان‌گونه که مشخص است روند و عملکرد تمامی داده‌ها نسبتا مشابه بوده و تایید کننده عملکرد مناسب این سیستم در مدل‌سازی داده‌ها می‌باشد. در واقع این پراکندگی و رگسیون مناسب بیان کننده کارکرد مناسب این سیستم در مدل‌سازی داده‌های رسوب دارد.

۴. نتیجه‌گیری

طبقه بندی روش های مختلف کنترل رسوب بر اساس موقعیت کنترل در حوضه آبریز، در مخزن و در محل سد انجام می گیرد. بکار بردن این روش ها مستلزم شناخت کامل آنها از جهت توانایی و محدودیت شان می باشد. یکی از روشهای کنترل رسوبگذاری در مخزن استفاده از مانع می باشد، مطالعه این روش در دو دهه اخیر در مخازن سدها مورد توجه قرارگرفته است. لذا بررسی این موضوع نیاز به تحقیقات گسترده تری از شناخت هیدرولیک جریان و رسوبات تا روشهای ساخت آنها درمخزن دارد. درمباحث تئوری که تا کنون در خصوص برخورد جریان غلیظ با مانع انجام پذیرفته است، جهت تعیین چیدمان موانع که باعث بهبود در کنترل جریان غلیظ شود، پیش بینی هایی ارائه گردیده است. این پیش بینی های تئوری تنها در برخی محدوده ها با داده های آزمایشگاهی مقایسه شده است. در تحقیق حاضر با استفاده از سیستم انفیس، شرایط تقابل جریان غلیظ با مانع در حالت‌های بستر شیب دار با غلظت ها و دبی های مختلف شبیه‌سازی گردید. نتایج حاصله نشان از تطابق مناسب داده‌ها و میزان خطا بسیار کمی داشت.

مراجع

۱. شهنی کرم‌زاده ن. ۱۳۸۳. بررسی آزمایشگاهی کشش آب ساکن در جریان‌های غلیظ. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲. ترابی پوده ح. ۱۳۸۶. بررسی رفتار جریان غلیظ در همگرایی ها و واگرایی ها، رساله دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. ورجاوند، پیمان و قمشی، مهدی و حسین زاده دلیر، علی و فرسادی زاده، داود،۱۳۹۵،تحلیل نوسانات لحظه ای سرعت در جریان غلیظ نمک عبوری از روی بستربا زبری مصنوعی،کنفرانس بین المللی مهندسی عمران،تهران،

۴. ورجاوند، پیمان و قمشی، مهدی و حسین زاده دلیر، علی و فرسادی زاده، داود،۱۳۹۵،بررسی رفتار جریان غلیظ نمکی برروی بسترهای زبر،کنفرانس بین المللی مهندسی عمران،تهران،

۵. هاشمی، لیلا و قمشی، مهدی،۱۳۹۵،بررسی آزمایشگاهی اثر تغییرات دبی و غلظت جریان غلیظ میان گذر بر ارتفاع نقطه جداشدگی،دومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری ومدیریت شهری،تهران،

۶. کمایی، کیمیا و قمشی، مهدی،۱۳۹۵،مطالعه آزمایشگاهی پارامترهای مؤثر بر سرعت رأس جریان غلیظ میان گذر رسوبی در لایه بندی شور،کنفرانس بین المللی مهندسی عمران،تهران،

۷. شیخ الاسلامی، مریم و قمشی، مهدی،۱۳۹۴،بررسی پروفایل های سرعت بدنه ی جریان غلیظ درخم،سومین کنفرانس بین المللی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری،تهران،

۸. قربان مقدم، ع ا. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی کنترل جریان غلیظ نمکی به کمک مانع های استوانه ای شکل. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

۹. [36] W. Pedrycz, ***Fuzzy Control and Fuzzy Systems.*** New York: Wiley, 1989.

۱۰. T. Takagi and M. Sugeno, “Derivation of fuzzy control rules from human operator’s control actions,” in ***Proc. IFAC Symp. Fuzzy Inform., Knowledge Representation and Decision Analysis,*** July 1983, pp. 55-60.

۱۱. T. Takagi and M. Sugeno, “Fuzzy identification of systems and its applications to’modeling and control,” ***IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.,*** vol. 15, pp. 116132, 1985

۱۲. L. A. Zadeh. Fuzzy sets. ***Information and Control,*** 8:338-353, 1965.

۱۳. L. A. Zadeh, “Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes,” ***IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.,*** vol. 3, pp. 28-44, Jan. 1973.