Archive of SID.ir

(مقاله پژوهشی)

تخمین آبشستگی سازه ترکیبی سرریز-دریچه در اثر انقباض با استفاده از مدل عددی و شبکه‌های عصبی

بهنام نمدیان[1*]، حسین ابراهیم نژاد[2]

b_namadiyan1400@sut.ac.ir, ebrahimnezhad@sut.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، گرایش مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

۲- استاد گروه مهندسی برق مخابرات، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

چکیده

سرریزها و دریچه‌ها از جمله سازه‌های هیدرولیکی هستند که قابلیت کنترل سطح آب و اندازه‌گیری دبی جریان را دارند، به همین علت مطالعات گسترده‌ای بر روی این دو سازه صورت گرفته است اما این سازه‌ها نیز دارای معایبی هستند که با ترکیب این دو سازه می‌توان سازه ترکیبی سرریز - دریچه را در جهت رفع معایب آن‌ها ارائه نمود. مشکل آبشستگی در پایین‌دست این سازه‌ها در بسترهای فرسایش‌پذیر از مباحث مهم می‌باشد که در صورت عدم کنترل آن، ممکن است باعث ناپایداری سازه و در نهایت تخریب آن گردد. لذا بررسی شرایط و کنترل آن حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور در این تحقیق ابتدا با استفاده از مدل عددی FLOW-3D مدل مذکور شبیه‌سازی شد و در ادامه به منظور کارایی شبکه‌های عصبی از دو مدل پیش‌بینی‌کننده استفاده گردید و نتایج با هم مورد مقایسه قرار گرفت. در بخش عددی دو مدل آشفتگی LES و مدل RNG و از ۳ معادله نرخ انتقال بار بستر استفاده گردید و بعد از صحت‌سنجی با داده‌های آزمایشگاهی مشاهده شد که داده‌های مدل عددی با رابطه‌ی Van Rijn و با مدل آشفتگی LES با ضریب تعیین ۰/۹۸۵ و میانگین خطای مطلق ۰/۱۰۷ برازش مناسب با داده‌های آزمایشگاهی دارد. در این تحقیق دو شبکه MLP و RBF مورد آموزش و ارزیابی قرار گرفت و از میان کل داده‌های موجود، ۸۰ درصد آن‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد نیز برای آزمایش شبکه مورد استفاده قرار گرفته شد. در مقایسه دو شبکه MLP و RBF، نتایج نشان داد که شبکه‌های RBF عملکرد بهتری نسبت به MLP ها داشتند به طوریکه در مدل انقباض دریچه، خطای پیش‌بینی در آن کمتر از سایر مدل‌ها بود. همچنین پارامترهای شاخص آماری نشان داد، در مرحله آموزش، شبکه RBF توانست عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۶۲ و RMSE برابر ۰/۳۹۴ و MAE برابر ۰/۱۵۶ و در بخش تست نیز با ضریب تبیین ۰/۹۶۶ و RMSE برابر ۰/۵۰۴ و MAE برابر ۰/۳۵۵ پیش‌بینی کند.

واژگان کلیدی: آبشستگی، سازه ترکیبی، سرریز-دریچه، مدل عددی، شبکه عصبی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰

DOI: 10.22034/ijmt.2024.544273.1845

صص ۵۲-۳۸

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱- مقدمه

وقتی که سرریزها در مسیرهای جریان مثلا رودخانه یا کانال‌های با بستر فرسایش‌پذیر قرار می‌گیرند، آب جاری شده در این مسیرها حامل ذرات رسوب و مواد شناور از بالادست می‌باشد که در پشت سرریز دچار ته نشینی شده و در آن‌جا تجمع پیدا می‌کنند و باعث اختلال در کارایی سرریز می‌شوند که نتیجه آن عدم تخمین درست در اندازه گیری دبی جریان می‌باشد. سرریزها و دریچه‌ها از جمله سازه‌هایی هستند که قابلیت کنترل سطح آب و اندازه‌گیری دبی جریان را دارند و می‌توان گفت مطالعات گسترده‌ای بر روی این دو سازه صورت گرفته است. چرا که ماهیت جریان از روی سرریز لبه تیز بسیار پیچیده است، روابطی هم که از این سازه‌ها استخراج گردیده همراه با یک سری فرضیات بوده و بر اساس آزمایش‌های تجربی به دست آمده است. همانطور که گفته شد، از معایب این سازه‌ها می‌توان به انباشت رسوبات در بالادست آن‌ها اشاره کرد که این امر موجب تغییر شرایط جریان شده و باعث ایجاد خطا در روابط استخراج شده می‌شود. بنابراین ایده ترکیب سرریز با دریچه یکی از راه‌حل‌های مفید می‌باشد چرا که می‌توان مواد رسوبی را از زیر دریچه و مواد شناور را از روی سرریز به پایین دست هدایت کرد و مانع از انباشت آن‌ها در پشت سازه‌ها شد[۱]. ترکیب جت ریزشی از سرریز با جت خروجی از زیر دریچه، باعث ایجاد شرایط متفاوتی نسبت به تک حالت آن‌ها می‌شود و این عامل نیز باعث تغییر در وضعیت آبشستگی در پایین‌دست این سازه‌ها در بسترهای فرسایش‌پذیر می‌شود. با برخورد دو جت جریان خروجی در سرریزهای ترکیبی با دریچه‌ها در پایین‌دست آن‌ها آشفتگی شدیدی ایجاد می‌شود، که موجب ایجاد چاله و حفره آبشستگی در آن‌ها می‌شود لذا بررسی آن حائز اهمیت می‌باشد[۲].

سازه‌ها قبل از ساخت و اجرا، مدل‌سازی می‌شوند تا از هزینه‌های غیرضروری جلوگیری شود. اما مشکلاتی هم در این راه وجود دارد از جمله تفاوت در رفتار جریان در مدل فیزیکی با رفتار واقعی آن، خطای دستگاه‌های اندازه‌گیری و غیره که موجب می‌شود اطلاعات به دست آمده از مدل فیزیکی، همخوانی کاملی با مدل واقعی نداشته باشد. به همین دلیل نرم‌افزارهایی ارائه شده‌اند که با استفاده از روابط ریاضی و عددی، پیش‌بینی تئوری این اطلاعات را انجام داده و تفاوت بین مدل عددی و نمونه اصلی را به حداقل ممکن برسانند. یکی از نرم‌افزارهایی که در زمینه سیالات و سازه‌های هیدرولیکی مورد توجه فراوان قرار گرفته، نرم‌افزار FLOW-3D می‌باشد که از دقت قابل قبولی درشبیه‌سازی جریان‌های آشفته برخوردار است. از نرم‌افزارهای دیگر هم می‌توان به متلب اشاره کرد که یکی از ابزارهای آن شبکه‌های عصبی می‌باشد که توانایی بالایی در برنامه‌نویسی محاسباتی، پیش‌بینی و همچنین پردازش اطلاعات با الگوبرداری از هوش مصنوعی و یکسری داده‌های ورودی را دارد. سرهان و شاکر اثر جریان بر سازه ترکیبی سرریز – دریچه را با مدل عددی FLOW-3D شبیه‌سازی کردند و آن را با مدل فیزیکی مقایسه نمودند، نتایج گویای دقت خوب این نرم‌افزار می‌باشد [۳].

مدل‌های عددی نسبت به کار آزمایشگاهی مزایایی دارند، از جمله می‌توان به هزینه پایین مدل‌سازی، سرعت بالا و به دست‌آوردن یک سری از اطلاعات مورد نیاز اشاره کرد. با پیدایش رایانه‌ها و به تبع آن نرم‌افزارهای کاربردی و همچنین ارائه راهکارهای جدید برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی، مدل‌های ریاضی متعدد با فرضیات ساده‌کننده و درجه‌های مختلف دقت، به منظور شبیه‌سازی به وجود آمده‌اند. عملیات اندازه‌گیری مستقیم برای کلیه مسائل پیچیده‌ی جریان و همچنین عدم کارایی روش‌های تجربی، باعث شده است مدل‌های عددی به عنوان ابزارهایی بسیار مفید و کارآمد مورد توجه قرار بگیرند[۴].

۲- پیشینه تحقیق

تحقیقات متعددی در زمینه آبشستگی پایین‌دست سازه سرریز و سازه دریچه به صورت مستقل انجام شده است، اما در مورد سازه ترکیبی سرریز – دریچه، تحقیق‌های کمتری انجام شده است و در حوزه شبکه‌های عصبی به ندرت به آن پرداخته شده است. بشکوج و شاکر به بررسی ترکیب سرریز – دریچه و مقایسه آن با مدل عددی ANSYS-CFX پرداختند، نتایج نشان داد که این مدل قادر به شبیه‌سازی هیدرولیکی سیستم سرریز – دریچه می‌باشد و میانگین خطای آن (۱/۹۸ درصد و ۰/۳۷ درصد) می‌باشد[۵].

صانعی و همکاران تحقیقی در مورد آبشستگی مدل سرریز – دریچه را با استفاده از FLOW-3D انجام دادند و با مدل تجربی مقایسه نمودند، نتایج آن‌ها هم نشان داد که مدل عددی مذکور با مدل تجربی دارای خطای ۷/۳۷ درصد می‌باشد[۶]. سامانی و مظاهری رابطه دبی جریان در مدل سرریز – دریچه در حالت‌های مستغرق و نیمه مستغرق را مورد

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل سرریز- دریچه، هیدرولیک جریان را به حالت تئوری نزدیک‌تر می‌کند که در نتیجه آن تخمین دبی جریان با دقت بهتری نسبت به سرریز منفرد انجام می‌شود[۷]. هایاوی و همکاران نیز مشخصات جریان بر روی سرریز – دریچه را مورد بررسی قرار دادند و در نتیجه، رابطه‌ای برای ضریب جریان ارائه نمودند[۸]. شیشا و شیواپور هیدرولیک جریان در سرریز مستطیلی و ترکیب آن با دریچه V شکل را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که این سازه در تعیین دبی دقیق‌تر از سایر ابعاد آن عمل می‌کند[۹]. نجم و همکاران در زمینه سازه ترکیبی سرریز-دریچه، شرایط هیدرولیکی جریان را مورد بررسی قرار دادند و برای جریان سازه با سرریز مثلثی و دریچه مستطیلی، روابطی را به صورت جداگانه ارائه نمودند[۱۰].

در سال ۱۹۸۵ احمد در زمینه ایده ترکیبی سرریز - دریچه، تحقیقی در زمینه سرریز-دریچه و همچنین دریچه به صورت تنها انجام داد و نتایج هر دو را با هم مقایسه نمود. نتایج نشان داد که آبشستگی در مدل ترکیبی سرریز - دریچه به مراتب کمتر از حالت دریچه تنها است و دبی جریان یکی از پارامترهای تاثیرگذار در بحث آبشستگی این سازه‌ها می‌باشد [۱۱]. سلامتی و همکاران پارامترهای مختلف و تاثیرگذار در شرایط هیدرولیک جریان در سازه ترکیبی, اعم از دبی جریان، ارتفاع سازه سرریز، بازشدگی‌های دریچه را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن را با کمک الگوریتم ژنتیک بسط داده، و برای تعیین ضریب دبی روابط مختلفی ارائه دادند[۱۲]. کاهه و همکاران با استفاده از مدل عددی FLOW-3D، به بررسی شرایط جریان در سازه دریچه - سرریز پرداختند و آن را با مدل آزمایشگاهی مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که مدل عددی به بهترین شکل توانسته پروفیل جریان و شرایط هیدرولیکی آن را شبیه‌سازی کند[۱۳]. همچنین کاهه و همکاران در پژوهشی دیگر آبشستگی سازه ترکیبی سرریز – دریچه را مورد بررسی قرار دادند و مؤلفه‌های تاثیرگذار در بحث رسوب‌گذاری و آبشستگی را مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که پارامتر ضریب دراگ نسبت به سایر پارامترها تأثیر زیادی در عمق آبشستگی دارد و همچنین در انتخاب نوع مدل آشفتگی، مدل LES را بهتر از سایر مدل‌ها پیشنهاد نمودند[۱۴].

گرزین در تحقیقی به بررسی آبشستگی در مدل سرریز-دریچه مایل در ارتفاع به صورت آزمایشگاهی پرداخته است، با بررسی تغییرات در ارتفاع قرارگیری سازه و زوایای قرارگیری دریچه، نتایجی را برای حداکثر عمق آبشستگی ارائه نموده است[۱۵]. نمدیان و اسدی نیز مدل ترکیبی سرریز- دریچه را به صورت عددی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و با تغییرات در ابعاد هندسی مدل و شرایط جریان، نتایجی را برای حداکثر عمق آبشستگی ارائه دادند[۱۶].

علاوه بر مطالعات آزمایشگاهی و عددی، روش‌های هوشمند دیگری نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی، منطق فازی، انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی، سامانه‌های عصبی- فازی و غیره وجود دارند که اخیراً مورد توجه قرار گرفتند. از جمله می‌توان به شبکه‌های عصبی مصنوعی اشاره کرد که یکی از پرکاربردترین روش‌های محاسباتی هوشمند است[۱۷]. در این تحقیق نیز با توجه به کاربرد وسیع این شبکه، برای پیش‌بینی عمق آبشستگی از آن استفاده شده است. در زمینه سازه ترکیبی سرریز- دریچه استفاده از شبکه‌های عصبی به ندرت صورت گرفته اما در زمینه‌های دیگر نشان داده شده که قابلیت بهتری در زمینه پیش بینی و تخمین پدیده‌های هیدرولیکی دارد. از جمله می‌توان اشاره کرد به پیش‌بینی انتقال رسوب توسط ناگی و همکاران[۱۸] پیش‌بینی آبشستگی توسط مزامیل و سیدیکو[۱۹] اشاره کرد. همچنین عظمت اله و همکاران در تحقیقی عملکرد شبکه عصبی را برای پیش‌بینی عمق آبشستگی در سرریز پرتابی جامی شکل را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و با روش‌های آماری مقایسه نمودند. نتایج، نشان دهنده کارایی بالای شبکه‌های عصبی بود[۲۰] همچنین در زمینه آبشستگی در پایه‌های پل می‌توان به تحقیق باطنی و همکاران اشاره کرد که نتایج قابل قبولی را ارائه دادند[۲۱].

۳- روش تحقیق

از نرم‌افزارهای قوی در دینامیک سیالات محاسباتی می‌توان به نرم‌افزار FLOW-3D اشاره کرد که برای حل مسائل پیچیده سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرد و دامنه وسیعی از جریان سیالات را مدل می‌کند. این مدل در جریان‌های سطح آزاد سه بعدی غیرماندگار کاربرد فراوانی دارد و برای مسائل یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی طراحی شده است. در حالت ماندگار، نتایج در زمان بسیار کمی حاصل می‌شود زیرا برنامه بر روی قوانین بنیادی جرم، مومنتوم و بقای انرژی

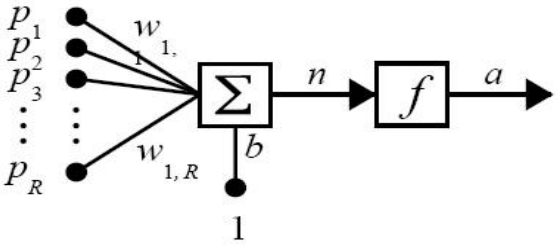
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

پایه‌گذاری شده است تا این موارد برای مراحل مختلف جریان در هر زمینه‌ای بکار برده شوند. معادلات حاکم بر جریان سیال از قوانین بقای جرم و مومنتوم به دست می‌آیند و به صورت معادلات دیفرانسیل جزئی می‌باشند. به طور کلی برای به دست آوردن معادلات جریان، سه گام را می‌توان در نظر گرفت. اول انتخاب قوانین پایه صحیح، دوم کاربرد قوانین توسط یک مدل مناسب جریان و سوم اقتباس معادلات ریاضی که مجسم کننده قوانین فیزیکی فوق باشند. معادلات اصلی برای شبیه‌سازی جریان سه بعدی، سه معادله دیفرانسیل شامل روابط پیوستگی و اندازه حرکت در جهت-های مختصاتی دکارتی و استوانه‌ای هستند[۲۲].

۳-۱- شبکه های عصبی مصنوعی

امروزه شبکه‌های عصبی کاربرد گسترده در علوم و مهندسی دارند. یک شبکه عصبی مصنوعی از چندین نرون تشکیل شده و با ساختار خاصی درکنار هم چیده شده است. مشخصه‌های یک شبکه عصبی عبارتند از: تعداد نرون ها در هر لایه، تعداد لایه‌ها، نحوه اتصال بین نرون‌ها و لایه‌ها و نوع تابع انتقال. در حقیقت نرون کوچکترین واحد پردازش‌کننده اطلاعات است و عملکرد شبکه‌های عصبی بر اساس آن صورت می‌گیرد. در شکل ۱ ساختار کلی یک شبکه عصبی تحت یک نرون با R ورودی نمایش داده شده است. در این مدل P بردار ورودی شبکه و P_i $(i=1,2,3,\ldots,R)$ عناصر ورودی هستند و W ها وزن‌های هر نرون هستند که با ماتریس وزن W نشان داده می‌شوند.



شکل (۱) مدل تک نرون با چندین ورودی

هر ورودی از P با وزن متناظر خود ضرب می شود. هر نرون نیز یک عبارتی بنام بایاس دارد (b) که با حاصلضرب ماتریس وزن در بردار ورودی جمع می‌شود. در نهایت مطابق با فرمول زیر خروجی(n) حاصل می‌گردد:

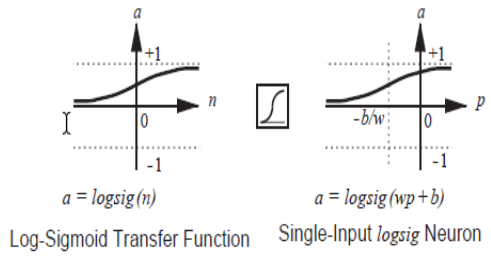
$$n = \sum_{i=1}^{R} P_i W_i + b = W\overline{P} + b \quad (۱)$$

که در آن $W = [w_1, w_2, w_3, \ldots, w_R]$ و $\overline{P} = [p_1, p_2, p_3, \ldots, p_R]^T$ و خروجی نهایی به صورت زیر خواهد بود:

$$a = f(W\overline{P} + b) \quad (۲)$$

پارامتر f تابع انتقال می‌باشد که می‌تواند خطی یا غیر خطی باشد که توسط طراح انتخاب می‌شود. از پرکاربردترین توابع انتقال می‌توان به تابع سیگموید طبق شکل ۲ اشاره کرد که این تابع انتقال، ورودی را می‌گیرد (که ممکن است هر مقداری بین به علاوه و منهای بی نهایت داشته باشد) و خروجی را در محدوده ۰ تا ۱ ارائه کند و رابطه آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$a = \frac{1}{1+e^{-n}} \quad (۳)$$



شکل (۲) مدل تابع انتقال سیگموید

تابع انتقال سیگموید معمولا در شبکه‌های چند لایه استفاده می‌شود که با استفاده از الگوریتم پس انتشار آموزش داده شده‌اند که از پرکاربردترین روش‌های آموزش شبکه عصبی می‌باشد. در الگوریتم پس انتشار ، خروجی واقعی با خروجی شبکه مقایسه می‌شود و مقدار خطا به دست می‌آید و در کل شبکه پخش می‌گردد. هدف اصلی آموزش شبکه به حداقل رساندن متوسط مربعات خطا می‌باشد.

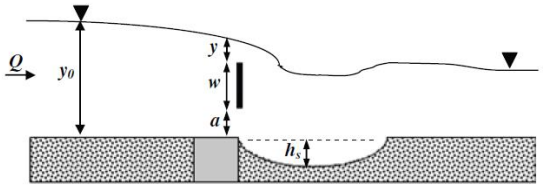
۳-۲- مدل عددی

پارامترهای مهم در مدل عددی، شامل مش‌بندی دقیق، مدت زمان شبیه‌سازی، انتخاب بهترین مدل آشفتگی و همچنین انتخاب بهترین معادله انتقال بار بستر می‌باشد. اعمال دقیق این موارد نیاز به صحت‌سنجی با داده‌های آزمایشگاهی دارد. در این رابطه، دهقانی و همکاران در سال ۱۳۸۸ در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان یک سری آزمایشاتی در این زمینه انجام دادند. مشخصه‌های هندسی آن‌ها به ترتیب عبارتند از: طول کانال ۳/۷ متر، عرض ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۱۷ سانتی-متر و بستری با مواد رسوبی با قطر یکنواخت ۱/۵ میلی‌متر

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

که یک لایه ۸ سانتی‌متری از آن در طول کانال قرار داده شده است. سازه ترکیبی سرریز-دریچه نیز در فاصله ۱/۴ متری از ابتدای کانال تعبیه شده است. آزمایش‌ها در شرایط هیدرولیکی متفاوت با آب زلال انجام شده و شرایط هیدرولیکی برای این تحقیق عبارتند از: دبی ۰/۸۲ لیتر بر ثانیه، ارتفاع سرریز ۳ سانتی‌متر و ارتفاع بازشدگی دریچه برابر ۱ سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۳ شماتیکی از کانال با پارامترهای مؤثر بر آبشستگی سازه ترکیبی سرریز-دریچه، شامل هد آب بالادست (y_0)، ارتفاع سرریز (w)، بازشدگی دریچه (a)، ارتفاع آب روی سازه (y) و دبی جریان از روی سرریز و زیر دریچه (Q) را نشان می‌دهد [۲۴].



شکل (۳) شماتیکی از کانال با مفروضات مسئله

برای بررسی نتایج مدل عددی با آزمایشگاهی و همچنین نتایج شبکه عصبی از معیارهای سنجش خطا، نظیر جذر ریشه میانگین مربع خطا (RMSE)، ضریب تعیین (R^2) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده گردید. این موارد از روابط ۴ حاصل می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(T_i - Y_i)^2}{n}}$$

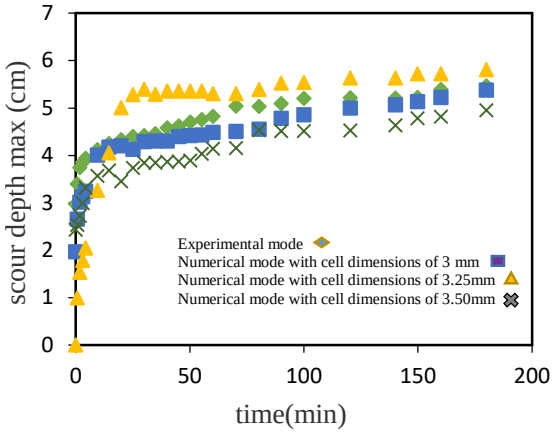
$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|T_i - Y_i|$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum[T_i - Y_i]}{\sum[Y - Y_i]} \quad (۴)$$

در روابط فوق T_i مقدار واقعی، Y_i مقدار پیش‌بینی شده، n تعداد داده‌ها و Y میانگین مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های پیش‌بینی کننده می‌باشد.

۳-۳- تعریف شبکه میدان محاسباتی

حساسیت مدل عددی به شبکه‌بندی و انفصال میدان، همواره یکی از مسائل مهم در مدل‌سازی عددی بوده است. برای تعیین اندازه شبکه میدان محاسباتی جریان در کانال سرریز – دریچه، یک بلوک با ابعاد مختلفی از شبکه‌بندی‌ها، بررسی گردید و با نتایج مدل آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گرفتند، در نتیجه با انتخاب شبکه با ابعاد سلول‌های بهینه که نزدیکترین نتایج را به نتایج آزمایشگاهی داشت، به عنوان مدل مبنا برای شروع مدل‌سازی‌ها انتخاب گردید. شکل ۴ و جدول ۱ نتایج مش‌بندی شبکه محاسباتی را به صورت کیفی و کمی نشان می‌دهد.



شکل (۴) نتایج مش‌بندی شبکه محاسباتی

جدول (۱) پارامترهای آماری در شبکه بندی محاسباتی

ابعاد سلول(CM)	تعداد سلول	RMSE	MAE	R^2
۳	۳۹۸۰۰۰	۰/۰۱۸	۰/۱۲	۰/۹۷۵
۳/۲۵	۳۱۲۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۱۷	۰/۹۵
۳/۵۰	۲۷۸۵۰۰	۰/۰۵۵	۰/۲۳	۰/۹۱۲

۴-۳- تعریف شرایط مرزی

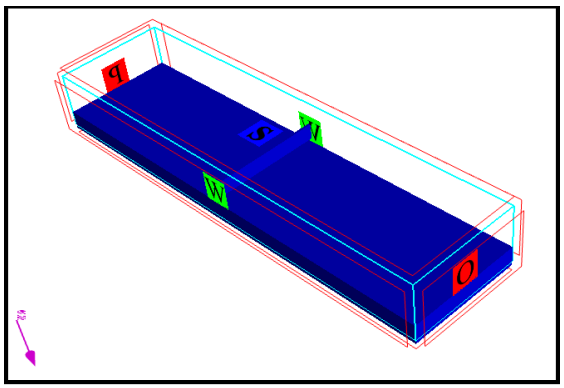
در هر بلوک محاسباتی به طور جداگانه شرایط مرزی شش-گانه تعریف می‌گردد. برای بلوک کلی کانال دیواره‌ها با توجه به اینکه در مدل واقعی، جداره نفوذ ناپذیر می‌باشد، شرط مرزی غیر لغزشی دیواره (wall) تعریف گردید. برای سطح آزاد جریان شرط مرزی تقارن (symmertry)، برای خروجی کانال، شرط مرزی جریان خروجی (out flow) و برای ورودی کانال، شرط مرزی فشار معین (specified pressure) با اعمال تراز سطح آب و سرعت جریان در راستای جریان اعمال گردیده است. در جدول ۲ کلیه شرایط مرزی تعریف شده در مرزهای مختلف مدل عددی سرریز- دریچه و شماتیک آن در شکل ۵ نشان داده شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول (۲) شرط‌های مرزی تعریف شده در میدان محاسباتی

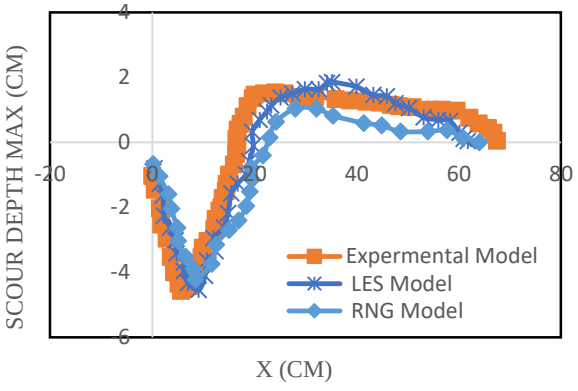
موقعیت مرز در شبکه محاسباتی	نوع شرط مرزی
ورودی کانال	Specified pressure
دیواره‌های کانال	wall
مرز فوقانی کانال	symmetry
کف کانال	wall
خروجی کانال	Out flow



شکل (۵) شرایط مرزی اعمال شده در مدل عددی در نرم‌افزار

۳-۵- بررسی مدل‌های آشفتگی

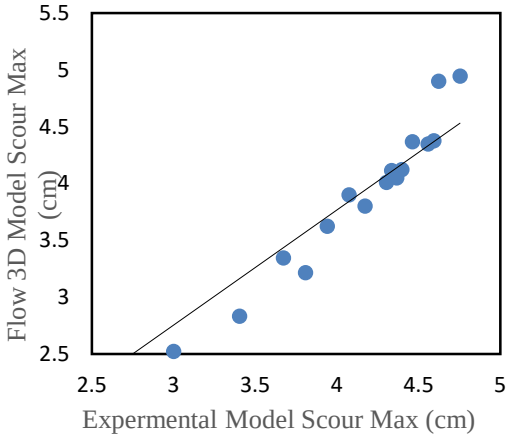
در بررسی اثر مدل‌های آشفتگی در نرم‌افزار، پنج مدل آشفتگی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با توجه به مرور منابع قبلی و کاربرد بیشتر دو مدل آشفتگی در اکثر تحقیقات، در این پژوهش از دو مدل گروه‌های نرمال شده LES و مدل دو معادله‌ای RNG استفاده گردید و بعد از صحت‌سنجی با داده‌های آزمایشگاهی مشاهده شد که مدل آشفتگی LES با کمترین خطا نسبت به مدل RNG به مدل واقعی نزدیک‌تر می‌باشد. به همین منظور با توجه به داده‌های آزمایشگاهی مدلی شبیه‌سازی شد و با دو مدل ذکر شده بررسی گردید که نتایج در شکل ۶ مشاهده می‌گردد.



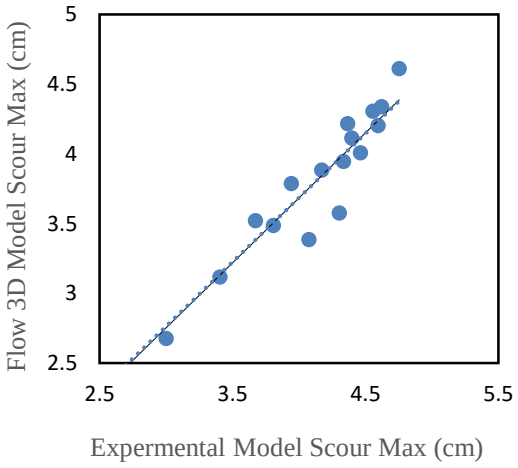
شکل (۶) نتایج مدل آشفتگی نسبت به مدل آزمایشگاهی

۳-۶- بررسی مدل‌های انتقال رسوب

در بحث انتخاب معادله نرخ انتقال بار بستر، سه رابطه‌ی Meyer-Peter &Muller, Van Rijn و Nielsen مورد ارزیابی قرار گرفتند، با توجه به ضرورت این پارامتر در مسائل آبشستگی، تعیین بهترین معادله انتقال رسوب برای شبیه-سازی‌ها حائز اهمیت می‌باشد تا مدل هر چه بیشتر به مدل واقعی نزدیک‌تر باشد. لذا یک سری آزمایش عددی بر طبق داده‌های آزمایشگاهی انجام گرفت تا بهترین شرایط برای شروع شبیه‌سازی‌ها انتخاب گردد. در شکل‌های ۷ و ۸ و ۹ نتایج حاکی از این است که داده‌های مدل عددی با داده‌های آزمایشگاهی برازش مناسب دارند و در این بین، داده‌های مدل با رابطه‌ی Van Rijn از برازش بالایی با داده‌های آزمایشگاهی برخوردار است. بنابراین این رابطه برای انجام شبیه‌سازی‌ها انتخاب شد.



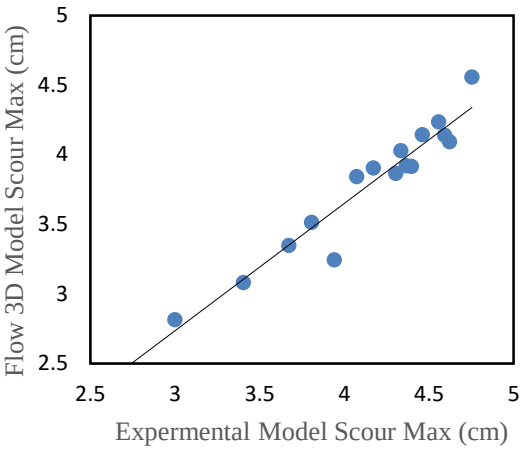
شکل (۷) ارزیابی رابطه انتقال بار بستر در **Nielson**



شکل (۸) ارزیابی رابطه انتقال بار بستر در **meyer**

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل (۹) ارزیابی رابطه انتقال بار بستر در van rijn

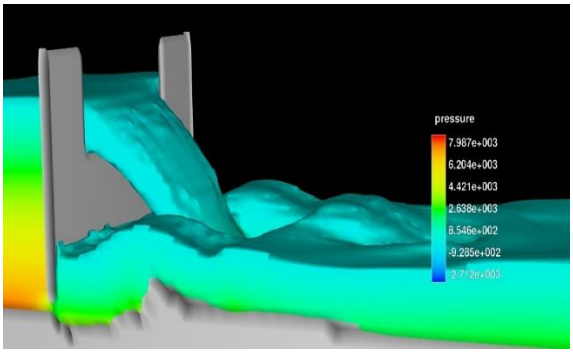
بنابراین با توجه به مدل‌های انجام شده جدول ۳ خلاصه‌ای از نتایج انجام شده در بخش صحت‌سنجی را ارائه می‌دهد.

جدول (۳) نتایج کلی مدل آشفتگی و رابطه نرخ انتقال بار بستر

رابطه انتقال رسوب	مدل آشفتگی	R^2	RMSE	MAE
Meyer-Peter & Muller	RNG	۰/۹۰۱	۰/۱۵۸	۰/۰۲۸
	LES	۰/۹۷۳	۰/۱۲۲	۰/۰۲۲
Nielsen	RNG	۰/۸۳۵	۰/۶۵۱	۰/۰۵۰
	LES	۰/۹۵۹	۰/۴۰۸	۰/۰۲۴
Van Rijn	RNG	۰/۹۲۷	۰/۱۳۲	۰/۰۱۹
	LES	۰/۹۸۵	۰/۱۰۷	۰/۰۱۱

پس از صحت‌سنجی مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی، هندسه مدل پژوهش حاضر در دامنه دیگری از ابعاد در کانال مستطیلی شکل به ابعاد با طول ۶ متر، عرض ۱/۵ متر و ارتفاع ۱/۲ متر با حالت بستر رسوبی و فرسایش‌پذیر که ارتفاع بستر رسوبی ۰/۲۵ متر می‌باشد، ایجاد شد. سازه ترکیبی مورد نظر با جنس بدنه صلب و به ضخامت ۰/۰۳ متر و در حالت عدم فشردگی جانبی در فاصله ۳ متری از ابتدای کانال تعبیه شده است. کف کانال در پایین‌دست سازه، از رسوبات با چگالی جرمی ۲۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و زاویه ایستایی ۳۲ درجه با قطر متوسط ذرات ۰/۰۰۱ متر و عدد بحرانی شیلدز ۰/۰۳۲ و به صورت یکنواخت می‌باشد. مصالح بستر، ماسه غیرچسبنده و سیال مورد استفاده آب زلال و شیب کف کانال صفر می‌باشد شکل ۱۰ فرم ۳ بعدی در محیط نرم‌افزار را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر شبیه‌سازی عددی به صورت ۳ بعدی می‌باشد.

در جدول ۴ محدوده پارامترهای مورد بررسی که تعداد ۹ مدل می‌باشد، ذکر گردیده است.



شکل (۱۰) فرم ۳ بعدی سازه ترکیبی سرریز-دریچه در حالت انقباض جانبی همگن

جدول (۴) محدوده داده‌های بررسی شده در تحقیق

مدل	هد آب بالادست (cm)	ارتفاع سرریز (cm)	بازشدگی دریچه (cm)
A	۳۷	۲۵	۲/۵ – ۲ – ۱/۵
B	۳۸/۵	۲۵	۲/۵ – ۲ – ۱/۵
C	۴۰	۲۵	۲/۵ – ۲ – ۱/۵

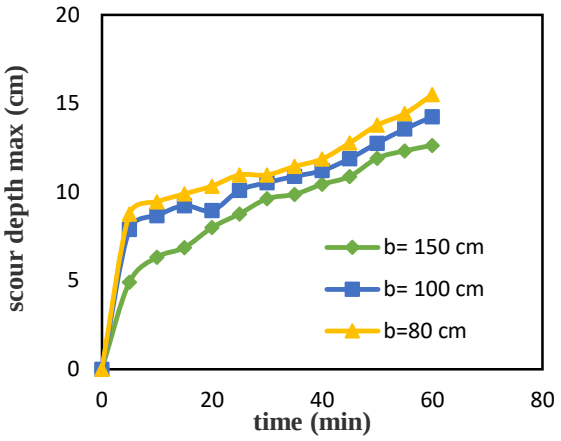
۴- تأثیر انقباض جانبی دریچه بر آبشستگی

به منظور بررسی عمق آبشستگی در حالت انقباض جانبی دریچه، یک سری مدل‌سازی‌ها انجام گرفت و نتایج نشان داد که عمق آبشستگی با انقباض دریچه نسبت به حالت بدون انقباض آن افزایش چشمگیری دارد و دلیل آن می‌تواند متمرکز شدن جت خروجی از زیر دریچه باشد. در این حالت حفره آبشستگی در مرکز بستر صورت گرفته و از آبشستگی کناره‌ها کاسته می‌شود. همچنین حرکت رسوبات در مقطع طولی با آهنگ کمتری نسبت به حالت بدون انقباض صورت می‌گیرد. در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود که بستر پایین‌دست، تحت هد آب بالادست به ارتفاع ۳۷ سانتی‌متر و با ارتفاع سرریز ۲۵ سانتی‌متر و بازشدگی ۱/۵ سانتی‌متر دریچه، به ترتیب تحت اثر انقباض به مقطع ۱۰۰ سانتی‌متر برابر ۱۴/۲۵ سانتی‌متر و با مقطع ۸۰ سانتی‌متر برابر ۱۵/۵ سانتی-متر دچار آبشستگی می‌شود این در حالی است که وقتی مقطع دریچه بدون انقباض یعنی ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد حداکثر عمق آبشستگی برابر با ۱۲/۶۳ سانتی‌متر می‌باشد. در شکل ۱۲ همانطور که اشاره شد مشاهده می‌گردد عمق آبشستگی در مرکز بستر صورت گرفته و انتشار آن به سمت

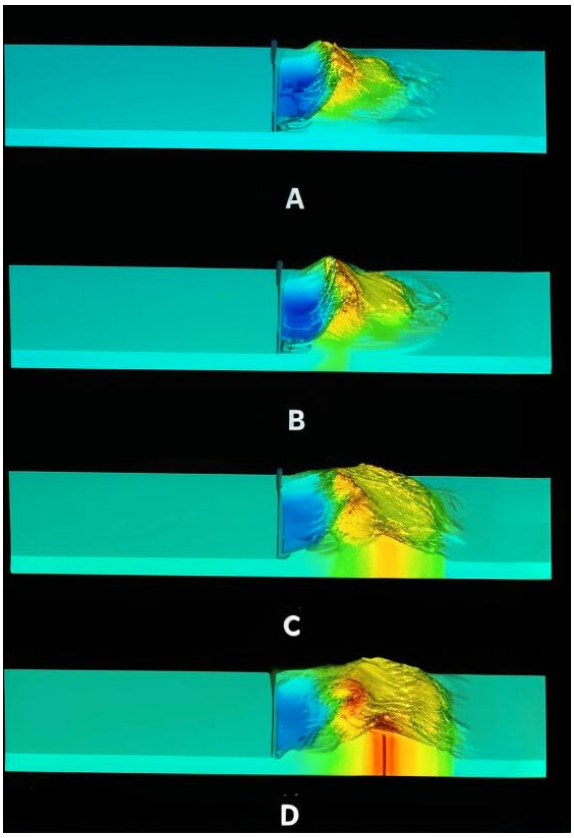
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کناره‌ها می‌باشد.



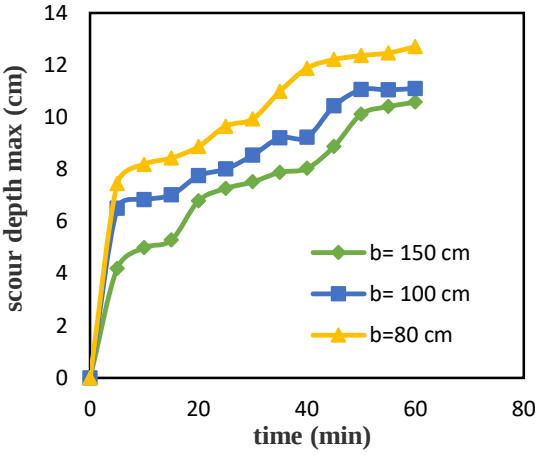
شکل (۱۱) تغییرات حداکثر عمق آبشستگی در مدت زمان ۶۰ دقیقه (هد آب بالادست ۳۷ cm، ارتفاع سرریز ۲۵ cm و بازشدگی دریچه ۱/۵ cm)



شکل (۱۲) فرم ۳ بعدی آبشستگی بستر پایین‌دست سازه ترکیبی سرریز-دریچه در حالت انقباض جانبی دریچه: A زمان ۱۵ دقیقه، B زمان ۳۰ دقیقه، C زمان ۴۵ دقیقه، D ۶۰ دقیقه

۵- تأثیر انقباض جانبی سرریز بر آبشستگی

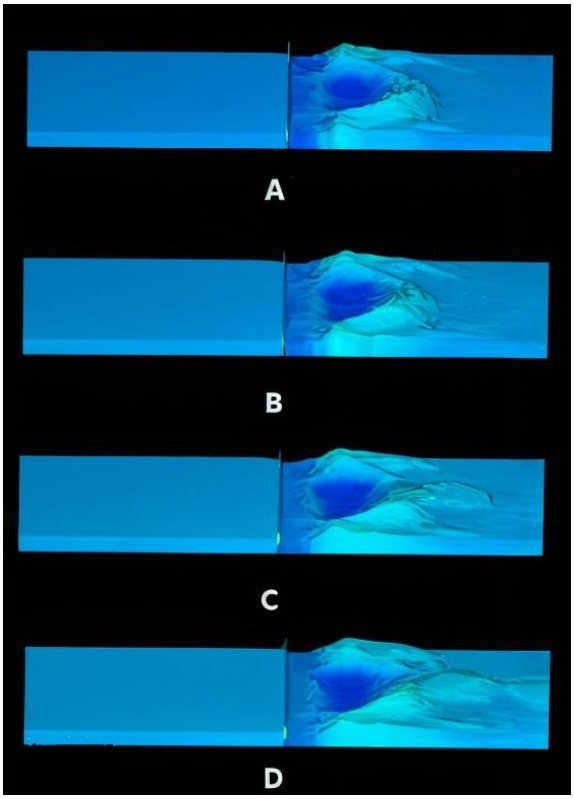
در شکل ۱۳ به منظور بررسی عمق آبشستگی در حالت انقباض جانبی سرریز نیز یک سری مدل‌هایی شبیه‌سازی گردید و نتایج نشان داد عمق آبشستگی با انقباض سرریز نسبت به حالت بدون انقباض آن افزایش چشمگیری دارد و این نشان می‌دهد تأثیر جت ریزشی بیشتر از سایر پارامترها می‌باشد. در این حالت نیز حفره آبشستگی در مرکز بستر منتها به دلیل جت جریان تحت اثر انقباض، پایین‌تر از حالت انقباض جانبی دریچه صورت گرفته و پروفیل متفاوت‌تری از بستر ایجاد کرده است. همچنین حرکت رسوبات در مقطع طولی با آهنگ کمتری نسبت به حالت بدون انقباض صورت می‌گیرد. همانطور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌گردد عمق آبشستگی در مرکز بستر صورت گرفته و انتشار آن به سمت کناره‌ها می‌باشد و رسوب‌گذاری دارای پروفیل نامنظم‌تری می‌باشد. نکته مهم‌تر این که آبشستگی در این حالت نسبت به دریچه منقبض کمتر می‌باشد. بنابراین بستر پایین‌دست تحت هد آب بالادست به ارتفاع ۳۷ سانتی‌متر و با ارتفاع سرریز ۲۴ سانتی‌متر و بازشدگی ۲/۵ سانتی‌متر دریچه، به ترتیب تحت اثر انقباض به مقطع ۱۰۰ سانتی‌متر برابر ۱۱/۱ سانتی‌متر و با مقطع ۸۰ سانتی‌متر برابر ۱۲/۷ سانتی‌متر دچار آبشستگی می‌شود، این در حالی است که وقتی مقطع دریچه بدون انقباض یعنی ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد حداکثر عمق آبشستگی برابر با ۱۰/۵۸ سانتی‌متر می‌باشد.



شکل (۱۳) تغییرات حداکثر عمق آبشستگی در مدت زمان ۶۰ دقیقه (هد آب بالادست ۳۷ cm، ارتفاع سرریز ۲۴ cm و بازشدگی دریچه ۲/۵ cm)

Archive of SID.ir

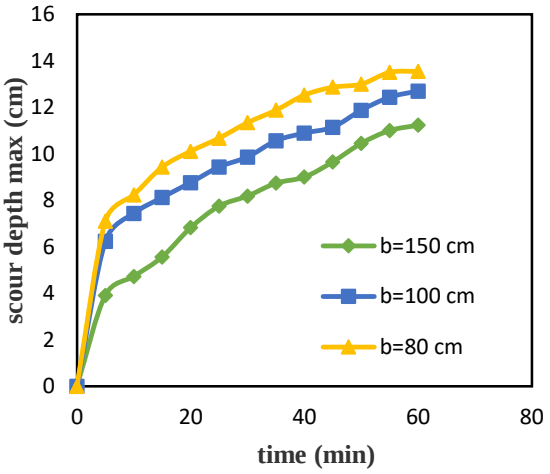
Archive of SID.ir



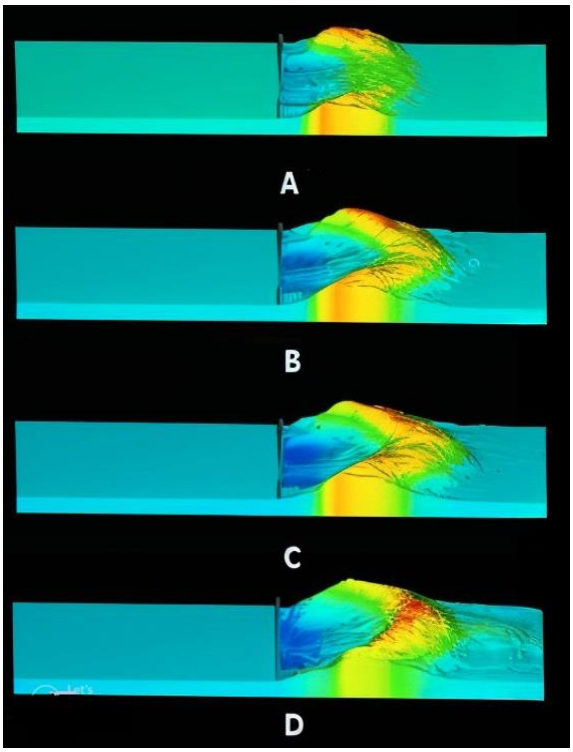
شکل (۱۴) فرم ۳ بعدی آبشستگی بستر پایین‌دست سازه ترکیبی سرریز-دریچه در حالت انقباض جانبی سرریز: A زمان ۱۵ دقیقه، B زمان ۳۰ دقیقه، C زمان ۴۵ دقیقه، D ۶۰ دقیقه

۶- تأثیر انقباض جانبی همگن سرریز - دریچه بر آبشستگی

در شکل ۱۵ به منظور بررسی عمق آبشستگی در حالت انقباض جانبی همگن سرریز - دریچه نیز مدلی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که عمق آبشستگی با انقباض جانبی نسبت به حالت بدون انقباض آن افزایش چشمگیری دارد که متأثر از جت افقی و عمودی سیال می‌باشد. همچنین حرکت رسوبات در مقطع طولی با آهنگ کمتری نسبت به حالت بدون انقباض صورت می‌گیرد و پروفیل آبشستگی و رسوب‌گذاری نسبت به دو حالت قبلی منظم می‌باشد. همانطور که در شکل ۱۶ مشاهده می‌گردد، عمق آبشستگی در مرکز بستر صورت گرفته و انتشار عرضی آن کمتر می‌باشد. نکته مهم‌تر این که آبشستگی در این حالت نسبت به دریچه منقبض و سرریز منقبض کمتر می‌باشد و علت آن می‌تواند شکل منظم جریان یا پروفیل جریان خروجی از سازه و همچنین برخورد همزمان جت افقی دریچه و جت ریزشی سرریز باشد. بنابراین بستر پایین‌دست تحت هد آب بالادست به ارتفاع ۳۷ سانتی‌متر و با ارتفاع سرریز ۲۵ سانتی‌متر و بازشدگی ۲/۵ سانتی‌متر دریچه به ترتیب تحت اثر انقباض به مقطع ۱۰۰ سانتی‌متر برابر ۱۲/۷ سانتی‌متر و با مقطع ۸۰ سانتی‌متر برابر ۱۳/۵ سانتی‌متر دچار آبشستگی می‌شود این در حالی است که وقتی مقطع دریچه بدون انقباض یعنی ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد حداکثر عمق آبشستگی برابر با ۱۱/۲۳ سانتی‌متر می‌باشد.



شکل (۱۵) تغییرات حداکثر عمق آبشستگی در مدت زمان ۶۰ دقیقه (هد آب بالادست ۳۷ cm، ارتفاع سرریز ۲۵ cm و بازشدگی دریچه ۲ cm)



شکل (۱۶) فرم ۳ بعدی آبشستگی بستر پایین‌دست سازه ترکیبی سرریز-دریچه در حالت انقباض جانبی همگن: A زمان ۱۵ دقیقه، B زمان ۳۰ دقیقه، C زمان ۴۵ دقیقه، D ۶۰ دقیقه

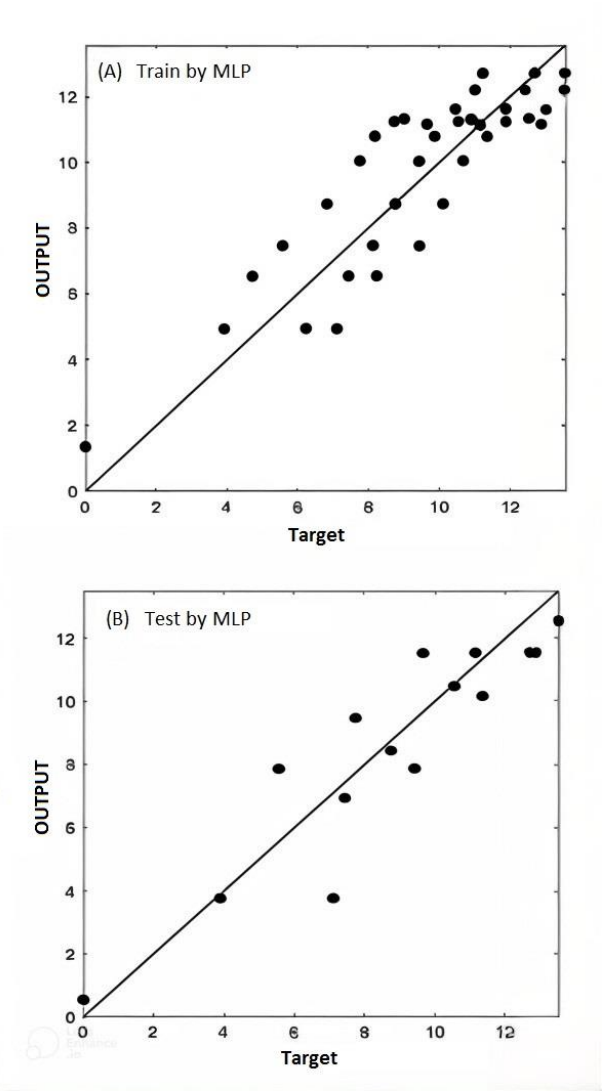
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۷- تفسیر نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی

در مرحله نحوه انتخاب داده‌های آموزش و آزمایش در مطالعه حاضر، کار بدین صورت می‌باشد که در هر مرحله برای استفاده از روش‌های داده کاوی، مجموعه داده‌های مرحله آموزش و آزمایش به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که از میان کل داده‌های موجود، ۸۰ درصد آن‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد آن‌ها برای آزمایش شبکه مورد استفاده قرار گرفته است. از مجموعه داده‌های آموزش، برا ساخت مدل‌ها و از مجموعه داده‌های آزمایش نیز برای صحت-سنجی هر یک از مدل‌ها استفاده شده است. نحوه انتخاب داده‌های آموزش نیز به گونه‌ای است که محدوده تمامی مجموعه داده‌ها را در بر گیرد. برای انجام این کار، ابتدا داده-ها بر اساس میزان عمق آبشستگی به صورت نزولی مرتب و سپس داده‌های آموزشی به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که محدوده مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط را شامل شوند. تقریبا در تمام تحقیقات گذشته داده‌های مورد استفاده نتایج آزمایشگاهی بوده‌اند، به دلیل اینکه براحتی در دسترس بوده و همچنین از نظر اختلاف عدد، تفاوت خیلی زیاد با یکدیگر ندارند، از این‌رو برای آموزش شبکه محققان را کمتر دچار مشکل می‌سازد و نتایج بهتر از آنها حاصل می‌شود.. در این تحقیق دو شبکه MLP و RBFمورد آموزش و ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در ادامه ارائه گردیده است.

شکل ۱۶ نمودار پراکندگی داده‌های آموزشی و داده‌های تست را با شبکه عصبی پرسپترون چندلایه را در سازه سرریز-دریچه با انقباض جانبی همگن را نشان می‌دهد. نتایج با استفاده از شاخص‌های ارزیابی آماری به این صورت بود که در مرحله آموزش عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۱۱ و RMSE برابر ۰/۴۶۶ و MAE برابر ۰/۲۱۸ پیش-بینی کند. همچنین در بخش تست و ارزیابی توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۰۷ و RMSE برابر ۰/۷۵۶ و MAE برابر ۰/۵۷۳ پیش‌بینی کند.

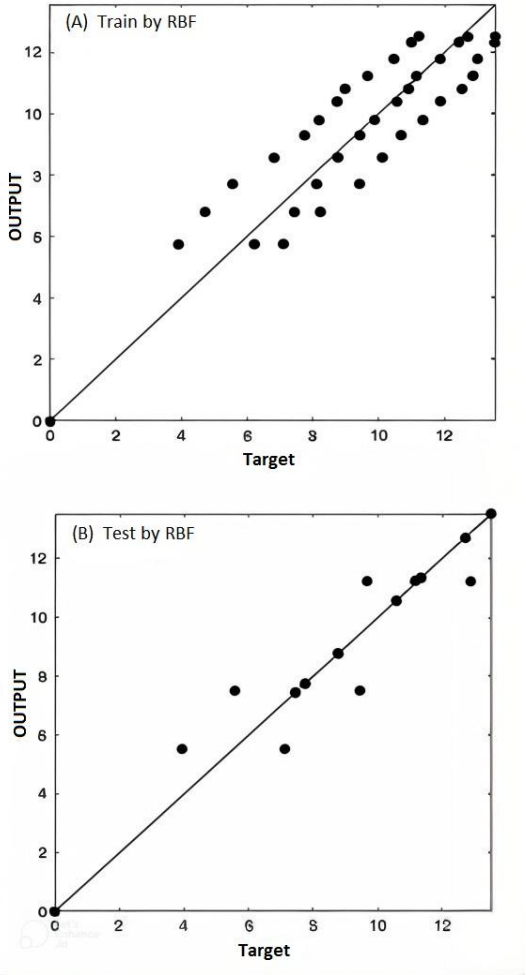


شکل (۱۶) پیش‌بینی عمق آبشستگی با شبکه عصبی MLP درمدل انقباض همگن: A حالت آموزش مدل، B حالت تست مدل

در شکل ۱۷ مجدداً پیش‌بینی با شبکه توابع پایه شعاعی مورد بررسی قرار گرفت و در مرحله آموزش، عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۳۵ و RMSE برابر ۰/۴۶۶ و MAE برابر ۰/۱۹۹ و در بخش تست نیز با ضریب تبیین ۰/۹۵۱ و RMSE برابر ۰/۵۲۹ و MAE برابر ۰/۲۸۰ عمق ابشستگی را پیش‌بینی کند. نتایج نشان از عملکرد دقیق شبکه‌های RBF تسبت به MLP را دارد. در جدول ۵ نتایج این بخش به صورت تجمیعی ارائه گردیده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

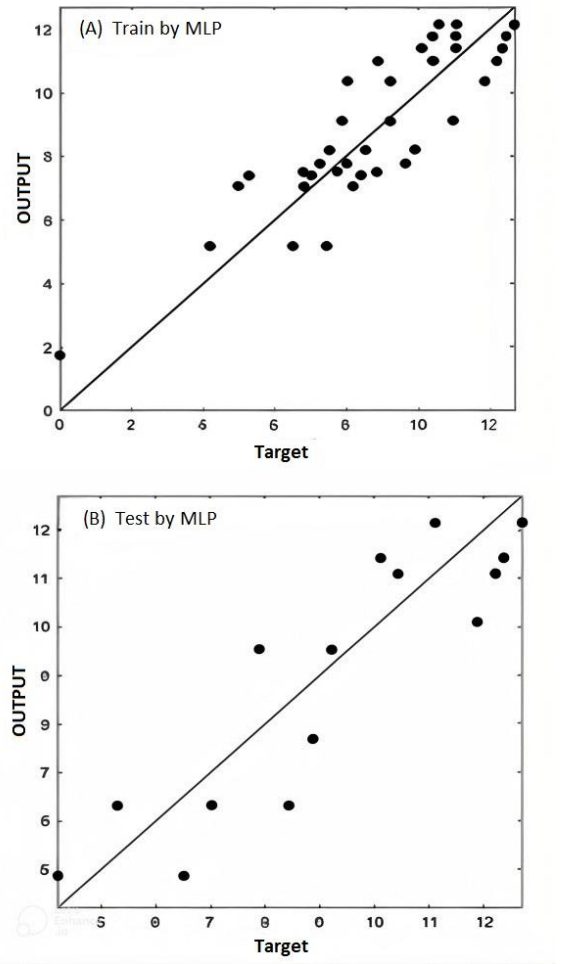


شکل (۱۷) پیش‌بینی عمق آبشستگی با شبکه عصبی RBF درمدل انقباض همگن : A حالت آموزش مدل، B حالت تست مدل

جدول (۵) نتایج شاخص‌های آماری در مدل انقباض همگن

ANN	R^2	RMSE	MAE
MLP Train	۰/۹۱۱	۰/۴۶۶	۰/۲۱۸
MLP Test	۰/۹۰۷	۰/۷۵۶	۰/۵۷۳
RBF Train	۰/۹۳۵	۰/۴۶۶	۰/۱۹۹
RBF Test	۰/۹۵۱	۰/۵۲۹	۰/۲۸۰

در شکل ۱۸ نمودار پراکندگی سازه با انقباض سرریز را نشان می‌دهد که به صورت جداگانه توسط شبکه عصبی مصنوعی با دو حالت قبلی مورد بررسی قرار گرفت. دلیل بررسی جداگانه این سازه‌ها به دلیل ویژگی ساختاری متفاوت آن‌ها از لحاظ هندسی است که به منظور یادگیری دقیق و ارائه نتایج صحیح مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج با استفاده از شاخص‌های آماری به این صورت بود که در مرحله آموزش با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه شبکه توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۰۹ و RMSE برابر ۰/۴۶۰ و MAE برابر ۰/۲۱۲ پیش‌بینی کند. همچنین در بخش تست نیز توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۸۹۹ و RMSE برابر ۰/۵۴۰ و MAE برابر ۰/۲۹۲ پیش-بینی کند.

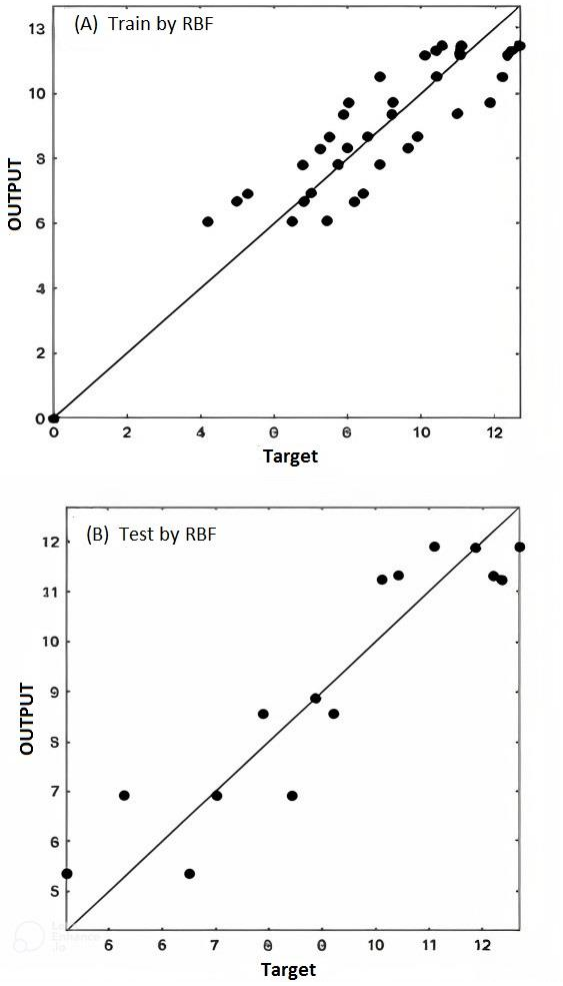


شکل (۱۸) پیش‌بینی عمق آبشستگی با شبکه عصبی MLP درمدل انقباض سرریز: A حالت آموزش مدل، B حالت تست مدل

در شکل ۱۹ نتایج بخش پیش‌بینی با شبکه توابع پایه شعاعی را نشان می‌دهد که در مرحله آموزش، شبکه عصبی توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۳۵ و RMSE برابر ۰/۴۲۳ و MAE برابر ۰/۱۷۹ و در بخش تست نیز با ضریب تبیین ۰/۹۲۷ و RMSE برابر ۰/۴۹۷ و MAE برابر ۰/۲۴۸ عمق آبشستگی را پیش‌بینی کند. در این مدل نیز شبکه عصبی RBF عملکرد بهتری نسبت به شبکه MLP داشته که نتایج کلی در جدول ۶ ارائه شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

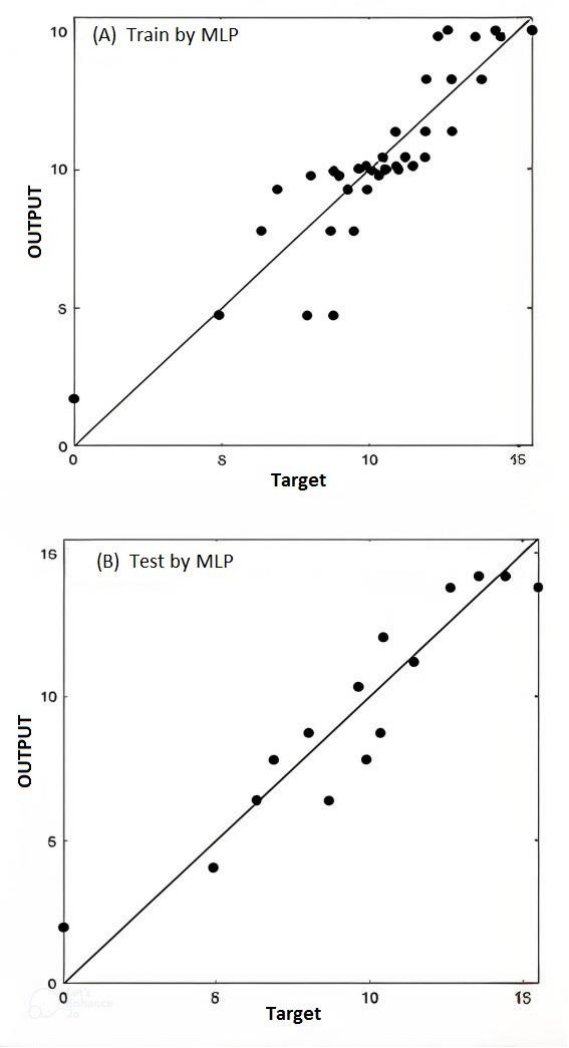


شکل (۱۹) پیش‌بینی عمق آبشستگی با شبکه عصبی RBF درمدل انقباض سرریز: A حالت آموزش مدل، B حالت تست مدل

جدول (۶) نتایج شاخص‌های آماری در مدل انقباض سرریز

ANN	R^2	RMSE	MAE
MLP Train	۰/۹۰۹	۰/۴۶۰	۰/۲۱۲
MLP Test	۰/۸۹۹	۰/۵۴۰	۰/۲۹۲
RBF Train	۰/۹۳۵	۰/۴۲۳	۰/۱۷۹
RBF Test	۰/۹۲۷	۰/۴۹۷	۰/۲۴۸

شکل ۲۰ نتایج شبکه عصبی MLP در حالت آموزش و تست را در سازه با انقباض دریچه را نشان می‌دهد نتایج با استفاده از شاخص‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفت و خروجی به این صورت بود که در مرحله آموزش با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۴۲ و RMSE برابر ۰/۴۳۸ و MAE برابر ۰/۱۹۲ پیش‌بینی کند. همچنین در بخش تست و ارزیابی توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۳۵ و RMSE برابر ۰/۶۱۴ و MAE برابر ۰/۳۷۷ پیش‌بینی کند.

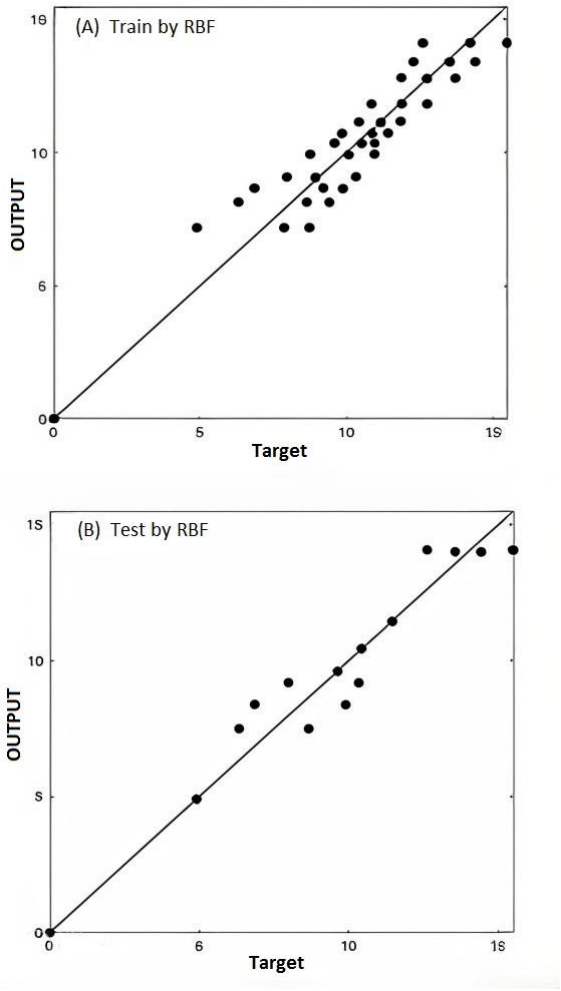


شکل (۲۰) پیش‌بینی عمق آبشستگی با شبکه عصبی MLP درمدل انقباض دریچه: A حالت آموزش مدل، B حالت تست مدل

در شکل ۲۱ پیش‌بینی با شبکه توابع پایه شعاعی نیز در مرحله آموزش، عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۶۲ و RMSE برابر ۰/۳۹۴ و MAE برابر ۰/۱۵۶ و در بخش تست نیز با ضریب تبیین ۰/۹۶۶ و RMSE برابر ۰/۵۰۴ و MAE برابر ۰/۳۵۵ عمق آبشستگی را پیش‌بینی کند. نتایج این بخش هم در جدول ۷ نمایش داده شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل (۲۱) پیش‌بینی عمق آبشستگی با شبکه عصبی RBF درمدل انقباض سرریز: A حالت آموزش مدل، B حالت تست مدل

جدول (۷) نتایج شاخص‌های آماری در مدل انقباض دریچه

ANN	R^2	RMSE	MAE
MLP Train	۰/۹۴۲	۰/۴۳۸	۰/۱۹۲
MLP Test	۰/۹۳۵	۰/۶۱۴	۰/۳۷۷
RBF Train	۰/۹۶۲	۰/۳۹۴	۰/۱۵۶
RBF Test	۰/۹۶۶	۰/۵۰۴	۰/۲۵۵

۸-بحث

شبکه عصبی مصنوعی از جمله روش‌هایی هستند که قادر به تخمین موارد غیرخطی متعدد در داده‌ها بوده و یک چهارچوب محاسبه‌ای انعطاف‌پذیر برای دامنه وسیعی از مسائل غیرخطی‌اند.

یکی از مزیت‌های بارز این گونه مدل‌ها نسبت به مدل‌های دیگر غیرخطی، این است که شبکه‌های عصبی مصنوعی یک تقریب زننده جهانی هستند که می‌توانند هر نوع تابعی را با دقت دلخواه تقریب بزنند. نقطه قوت شبکه‌های عصبی، پردازش موازی اطلاعات موجود در داده‌ها است، این گونه از شبکه‌ها نیازمند هیچ گونه پیش فرضی در مورد شکل و ساختار مدل در فرایند مدل‌سازی خود نیستند و به طور کلی یک مدل کاملاً مبتنی بر داده هستند. انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی مصنوعی وجود دارند که به منظور پیش بینی مورد استفاده قرار می‌گیرند که از آن جمله می توان به شبکه‌های عصبی چندلایه پیشخور (FFNN) شبکه‌های عصبی شعاعی محور (RBF)، شبکه های عصبی احتمالی (PNN) و شبکه های عصبی رگرسیون عمومی (GRNN) اشاره کرد.

هر یک از مدل‌های مذکور دارای مزایا و معایبی بوده و عملکردهای متفاوتی نیز در قبال مسائل مختلف داشته‌اند، اما در حالت کلی برتری هیچ کدام بر دیگری ثابت نشده است. پرسپترون‌های چند لایه (MLP)، شبکه‌هایی پیشرو با یک لایه مخفی هستند که جزو پرکاربردترین مدل‌های شبکه‌های عصبی به منظور پیش بینی سری‌های زمانی به حساب می‌آیند. این گونه مدل‌ها از سه لایه پردازش ساده اطلاعات متصل به هم تشکیل شده اند. با این تفاسیر می‌توان گفت استفاده از نتایج این‌گونه مدل‌ها در عمل قابل اعتماد نیست و نیاز به سعی و خطاهای فراوان و مطالعات گسترده دارد ولی به هر حال یک مدل پیش‌بینی کننده با هزینه کمتر هست و در کنار سایر روش‌های سنتی و سایر مدل‌سازی‌ها می‌تواند نقش‌پرداز نتایج باشد. از جمله پیشنهادات برای تحقیقات آتی در این زمینه استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی از جمله شبکه های عصبی احتمالی، شبکه های عصبی رگرسیون عمومی و سایر روش‌های دیگر و مقایسه آن با نتایج سایر روش‌های سنتی می باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا با استفاده از مدل عددی FLOW-3D اقدام به شبیه‌سازی مدل مذکور گردید و در ادامه به منظور کارایی شبکه‌های عصبی از دو مدل پیش‌بینی کننده استفاده گردید و نتایج با هم مقایسه گردید. در مدل عددی FLOW-3D ماکزیمم عمق آبشستگی در دقایق اولیه رخ می‌دهد و با سپری شدن زمان از شدت آن کاسته شده و رو به تعادل می‌رود. شبیه‌سازی‌های محیط FLOW-3D در مدت زمان

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱ ساعت با توجه به نتایج آزمایشگاهی انجام شد و نتایج شبیه‌سازی نشان از عملکرد خوب آن دارد و در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی خطای اندازه‌گیری شده حدود ۵/۳ درصد می‌باشد. در بحث انتخاب مدل آشفتگی در این تحقیق با توجه به مطالعات پیشین از دو مدل آشفتگی LES و مدل RNG استفاده گردید و بعد از مقایسه با نتایج آزمایشگاهی مشاهده گردید که مدل آشفتگی LES خطای کمتری نسبت به مدل RNG در مقایسه با مدل واقعی دارد. همچنین در بحث انتخاب بهترین معادله ارائه شده جهت انتقال رسوب، هر سه معادله ارائه شده توسط نرم‌افزار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که روابط بررسی شده با داده‌های آزمایشگاهی برازش مناسب دارند و از بین آن‌ها، داده‌های مدل با رابطه‌ی Van Rijn و با مدل آشفتگی LES با ضریب تعیین R^2 =۰/۹۸۵ و میانگین خطای مطلق RMSE ۰/۱۰۷ = برازش مناسب با نتایج آزمایشگاهی دارد. در حالت انقباض جانبی دریچه، نتایج نشان داد که عمق آبشستگی با انقباض دریچه نسبت به حالت بدون انقباض آن افزایش چشمگیری دارد و دلیل آن می‌تواند متمرکز شدن جت خروجی از زیر دریچه باشد. در این حالت حفره آبشستگی در مرکز بستر صورت گرفته و از آبشستگی کناره‌ها کاسته می‌شود. نتایج نشان داد که عمق آبشستگی با انقباض سرریز نسبت به حالت بدون انقباض آن افزایش چشمگیری دارد و این نشان می‌دهد که تأثیر جت ریزشی بیشتر از اثر خود سیال می‌باشد. در این حالت نیز حفره آبشستگی در مرکز بستر منتها به دلیل پرتابه جریان ریزشی تحت اثر انقباض، پایین‌تر از حالت انقباض جانبی دریچه صورت گرفته و پروفیل متفاوت‌تری از بستر ایجاد کرده است. همچنین حرکت رسوبات در مقطع طولی با آهنگ کمتری نسبت به حالت بدون انقباض صورت می‌گیرد. در حالت انقباض جانبی همگن سرریز - دریچه نیز نتایج نشان داد که عمق آبشستگی با انقباض جانبی نسبت به حالت بدون انقباض آن افزایش چشمگیری دارد که متأثر از جت افقی و عمودی سیال می‌باشد. همچنین حرکت رسوبات در مقطع طولی با آهنگ کمتری نسبت به حالت بدون انقباض صورت می‌گیرد و پروفیل آبشستگی و رسوب‌گذاری نسبت به دو حالت قبلی منظم می‌باشد. در این تحقیق دو شبکه MLP و RBF مورد آموزش و ارزیابی قرار گرفت که از میان کل داده‌های موجود، ۸۰ درصد آن‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد آن‌ها برای آزمایش شبکه مورد استفاده قرار گرفته‌است. نتایج در هر سه بخش نشان داد که شبکه‌های عصبی قابلیت پیش‌بینی این مدل‌ها را با کمترین خطا را دارند و در مقایسه دو شبکه MLP و RBF ، شبکه‌های RBF عملکرد بهتری نسبت به MLP ها داشتند به طوریکه در مدل انقباض دریچه که خطای پیش‌بینی در آن کمتر از سایر مدل‌ها بود، پارامترهای شاخص آماری نشان داد که در مرحله آموزش با شبکه RBF، عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۶۲ و RMSE برابر ۰/۳۹۴ و MAE برابر ۰/۰۱۵۶ و در بخش تست نیز با ضریب تبیین ۰/۹۶۶ و RMSE برابر ۰/۵۰۴ و MAE برابر ۰/۳۵۵ عمق آبشستگی را توانسته پیش‌بینی کند در حالی که در شبکه MLP خروجی به این صورت بود که در مرحله آموزش شبکه عصبی توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۴۲ و RMSE برابر ۰/۴۳۸ و MAE برابر ۰/۱۹۲ پیش‌بینی کند. همچنین در بخش تست و ارزیابی توانسته عمق آبشستگی را با ضریب تبیین ۰/۹۳۵ و RMSE برابر ۰/۶۱۴ و MAE برابر ۰/۳۷۷ پیش‌بینی کند. پیشنهاد می‌گردد سازه مذکور در هندسه‌های مختلف با شرایط دانه‌بندی گوناگون و با شبکه‌های عصبی متفاوت بررسی گردد و همچنین شرایط هیدرولیکی آن نظیر تخمین دبی و ضرایب آن نیز برای بررسی حائز اهمیت می‌باشد.

مراجع

[۱] Alhamid, A.A., Husain, D. and Negm, A.M. 1996. Discharge equation for combined flow over rectangular weirs and below inverted triangular. Weirs Persian Gulf J. 14 (3): 595-607.

[۲] قره‌گزلو، م. مسعودیان، م. برنهارد، ه. صالحی نیشابوری، ع. س. ۱۳۹۲. اثر سریز بر دبی دریچه در مدل ترکیبی سرریز – دریچه استوانه‌ای. مجله مهندسی آبیاری و آب ایران. ۳ (۱۱): ۸۶-۹۵.

[۳] Sarhan, S.A. and Shaker, J.A. 2018. Analysis of simulation outputs for the mutual effect of flow in weir and gate system. Journal of University of Babylon for Engineering Sciences. 26 (6): 48-59

[۴] کاهه، م. دهقانی، ا. ا. ظهیری، ع. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی هیدرولیک جریان در سازه ترکیبی دریچه – سرریز با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲ (۱): ۱۱۱-۱۲۹.

[۵] Beshkoj, H.S. and Shaker, J.A. 2020. Hydraulic performance for combined weir-gate structure.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Tikrit Journal of Engineering Sciences. 27 (1): 40-50.

[۶] Sadeghi, Y., Saneie, M. and Ershadi, S. 2017. Three-dimension numerical simulation of scour temporal changes due to flow in the downstream of combined weirs and gate model, Civil Engineering Journal. 3 (11): 1111-1120.

[۷] Samani, J. and Mazaheri, M. 2009. Combined flow over weir and under gate. Journal of Hydraulic Engineering.135 (3): 224-227.

[۸] Hayawi, H.A.M., Yahia, A.A.G. and Hayawi, G.A.M. 2008. Free combined flow over a triangular weir and under rectangular gate. Journal of Damascaus University. 24 (1): 9-22.

[۹] Shesha-Prakash, M.N. and Shivapur. A.V. 2004. Generalized head discharge equation for flow over sharp-crested inclined inverted V-notch weir. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 130 (4): 325-330.

[۱۰] Negm, A.M., El-Saiad, A.A., Alhamid, A.A. and Husain, D. 1994. Characteristics of simultaneous flow over weirs and below inverted V-notches gate. Civil Eng. Res. Magazine (CERM). 16 (9): 786-799.

[۱۱] Ahmed, F. H. 1985. Characteristics of discharge of combined flow through sluice gate and over weir. J. Eng. Technol. 3 (2): 49-63.

[۱۲] سلامتی، س. دهقانی، ا. ا. مفتاح هلقی، م. ظهیری، ع. ر. ۱۳۹۴. تخمین ضریب آبگذری سازه ترکیبی سرریز - دریچه با استفاده از روش برنامه ریزی ژنتیک. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲ (۲): ۲۵۵-۲۶۳.

[۱۳] کاهه، م. دهقانی، ا. ا. ظهیری، ع. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی هیدرولیک جریان در سازه ترکیبی دریچه – سرریز با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲ (۱): ۱۱۱-۱۲۹.

[۱۴] کاهه، م. دهقانی، ا. ا. ظهیری، ع. ۱۳۹۳. مدل‌سازی عددی آبشستگی پایین‌دست سازه ترکیبی دریچه – سرریز با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۱ (۵): ۱۱۵-۱۳۳.

[۱۵] گرزین، ع. ۱۳۹۲. بررسی آزمایشگاهی حداکثر عمق آبشستگی در پایین‌دست سرریز و دریچه مایل در ارتفاع. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه آب. دانشکده مهندسی آب و خاک. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان. ایران.

[۱۶] نمدیان، ب. اسدی، ا. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات زمانی عمق آبشستگی در سازه مرکب سرریز-دریچه با استفاده از مدل عددی FLOW-3D. نشریه علمی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۶ (۲): ۴۳۲-۴۴۵.

[۱۷] Li, W.X., Dai. L.F., Hou, X.B. and Lei, W.2007. Fuzzy genetic programming method for analysis of ground movements due to underground mining. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 1(6):954–961.

[۱۸] Nagy, H.M., Watanabe, K. and Hirano, M. 2002. Prediction of sediment load concentration in rivers using artificial network model. J.Hydraulic Engineering .128(6):588–595.

[۱۹] Muzzammil, M. and Siddiqui, R. 2003. An artificial neural network model for scour prediction. In Advances in Civil Engineering, Prospective of Developing Countries. Vol. II. Ed. Parmar & Kumar. 430–441. Alied Publishers Pvt. Limited.

[۲۰] Azmathullah, H.M., Deo, M.C. and Deolalikar, P.B. 2005. Neural Networks for estimation of scour downstream of a ski-jump bucket. J. Hydraulic Engineering. ASCE, 131(10):898-908.

[۲۱] Bateni, S.M., Jeng, D.S. and Melville, B. 2007. Bayesian neural networks for prediction of equilibrium and time-dependent scour depth around bridge piers. J. Advances in eingineering software. Elsevier Science, 38:102-111.

[۲۲] Uyumaz, A. 1988. Scour downstream of vertical gate. Journal of Hydraulic Engineering. 114 (7):811-816.

[۲۳] Flow-3D Help, Ver9.3. 2008. Flow science Inc.

[۲۴] Dehghani, A. A., and Bashiri, H. 2009. Experimental investigation of scouring in downstream of combined flow over weirs and below gates. 33rd Iahr Conference. Canada.

Archive of SID.ir