



مقایسه عملکرد شبکه های عصبی و درختان رگرسیونی در تخمین ابعاد

گودال آبخستگی در پایین دست سرریز جامی شکل

محمد اعزازی*۱

۱- کارشناسی ارشد عمران آب (مدرس گروه عمران موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی میعاد مهاباد)

Akamcivil@yahoo.com

چکیده:

آبخستگی در پایین دست سرریزها یکی از مهمترین مسایل علم هیدرولیک می باشد. عبور جریان در درون سرریزها و برخورد آنها با بستر پایین دست سبب ایجاد گودال آبخستگی می شود. توسعه این گودال آبخستگی پایداری سد را به خطر می اندازد، از این رو تخمین صحیح ابعاد گودال آبخستگی یکی از موضوعات مهم علم هیدرولیک می باشد. در این تحقیق، با استفاده از تکنیک های شبکه های عصبی مصنوعی و درختان رگرسیونی، مدل هایی برای تخمین ابعاد گودال آبخستگی در پایین دست سرریز جامی شکل توسعه یافتند. نتایج به دست آمده نشان داد که شبکه های عصبی مصنوعی در مقایسه با درختان رگرسیونی عملکرد بهتری دارد. اما درختان رگرسیونی در مقایسه با شبکه های عصبی مصنوعی قادر به ارائه روابط ریاضی و اجرای سرعت بالاتر مدل در تخمین ابعاد گودال آبخستگی می باشند.

کلمات کلیدی: گودال آبخستگی، سرریز جامی شکل، درختان رگرسیونی، شبکه های عصبی مصنوعی.



۱- مقدمه

پدیده آبستتگی در پایین دست سرریزها یکی از مهمترین مسایل علم هیدرولیک می باشد که سالیان متمادی مورد توجه محققان بوده است. برخورد جهت عبوری از سرریزها با بستر پایین دست آن ها سبب ایجاد گودال آبستتگی می شود. توسعه این گودال پایداری سد و سازه های وابسته را به خطر می اندازد. از این رو محاسبه صحیح ابعاد گودال آبستتگی و دانش لازم از دامنه گسترش این پدیده، به منظور حفظ پایدار سد یکی از مسایل مهمی است که مورد توجه مهندسی علم هیدرولیک می باشد.

امروزه از الگوریتم های مختلفی برای تخمین پدیده های پیچیده و غیر خطی استفاده می شود. یکی از رایج ترین این روش ها شبکه های عصبی مصنوعی می باشد که به طور وسیعی در حوزه مهندسی هیدرولیک به کار رفته است و در مطالعات متعددی از آن برای تخمین آبستتگی استفاده شده است. برای نمونه می توان به تخمین عمق آبستتگی در پایین دست سرریز جامی شکل توسط عظمت الله و همکاران {۱،۲}، اشاره کرد. اخیرا الگوریتم های درختان رگرسیونی که در دو دهه ی اخیر توسعه زیادی یافته اند در حوزه متنوعی از علوم مهندسی به کار گرفته شده اند. روش های درختی، قابلیت بالایی در تفکیک پارامترهای موثر بر یک پدیده، از میان تمامی پارامترهای معرفی شده به مدل را دارند. از جمله مطالعات انجام گرفته با استفاده از درختان رگرسیونی CART می توان به تخمین فرسایش آبگذرها توسط گیترز و همکاران {۳}، تخمین آبستتگی ناشی از موج در اطراف شمع های دایروی توسط ایوبلو و همکاران {۴}، تخمین آبستتگی در پایین دست سرریز ریزشی آزاد توسط صمدی و همکاران {۵}، تخمین آبستتگی در پایین دست سرریزهای جامی شکل با استفاده از داده های میدانی و داده های آزمایشگاهی با بعد توسط صمدی و جباری {۶،۷}، اشاره نمود. نتایج رضایت بخش به دست آمده از مطالعات ذکر شده، نویدبخش ادامه مطالعات در حوزه های مختلف مهندسی هیدرولیک با استفاده از این ابزارها می باشد.

۲- الگوریتم درختان طبقه بندی و رگرسیونی

یکی از روش های انجام درخت تصمیم گیری که برای پیش بینی مقادیر حقیقی بکار می رود الگوریتم درختان طبقه بندی و رگرسیونی می باشد. درختان رگرسیونی در برابر متغیرهای غیر موثر بسیار مقاوم بوده و زیر مجموعه مناسبی از متغیرهای معرفی شده به مدل را در پیش بینی بکار می برند.

نتایج CART به صورت یک درخت مرتبه ای دودویی می باشد که فضای مساله را به قسمتهای جز تقسیم می کند. روش CART شاخه های خود را بصورت دوتایی و براساس یک متغیر مستقل در هر گره تفکیک می نماید. این فرآیند تاجایی ادامه می یابد که تمام داده های معرفی شده در مدل در برگ های نهایی درخت جای گیرند و رشد درخت متوقف شود {۸}.

۳- شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان یکی از قدیمی ترین روش های داده کاوی در علوم مهندسی مطرح می باشند. این شبکه ها از عملکرد مغز آنان ایده گرفته اند و حالت ساه شده شبکه های عصبی زیستی می باشند، قادر به شبیه سازی سیستم های غیرخطی، بین داده های ورودی- خروجی هستند. در فرآیند آموزش، ورودی ها، وزن های اولیه تصادفی را گرفته و به شبکه اعمال می شوند و شبکه، پاسخ خروجی را نتیجه می دهد. خروجی شبکه یا خروجی واقعی مقایسه شده و خطا محاسبه می شود. فرآیند یادگیری شبکه به گونه ای ادامه می یابد که در طی آن مقادیر وزن ها، گام به گام تا به حداقل رسیدن مقدار خطای پیش بینی شبکه تعدیل گردند.

۴- داده های مورد استفاده و آنالیز ابعادی

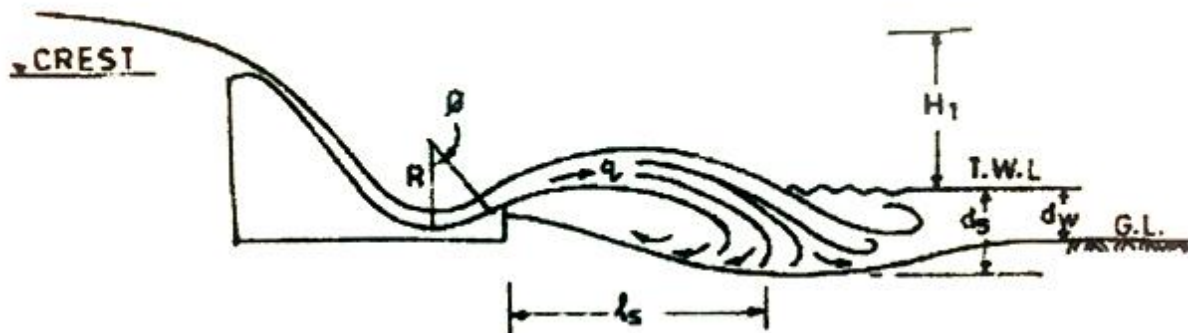
در این مطالعه جهت تخمین عمق آبشستگی در پایین دست سرریز جامی شکل از سه سری داده های آزمایشگاهی مجزا (مجموعاً ۹۵ داده) $\{1\}$ ، که دو سری آن نتیجه مطالعات مرکز تحقیقات آب و برق هندوستان و سری سوم داده ها از مطالعات آزمایشگاهی بر روی مدل فیزیکی که در مرکز تحقیقات آب و آبخیزداری جهاد سازندگی با همکاری دانشگاه تربیت مدرس توسط اسدی سریزدی و قدسیان به انجام رسیده، استفاده شده است. با مروری بر مطالعات پیشین و مطابق با مطالعات آزمایشگاهی انجام شده، می توان عمق آبشستگی نهایی در پایین دست سازه سرریز جامی شکل را به صورت رابطه زیر ارائه کرد:

$$(1) d_s \equiv \int (q, H, R, \phi, d_{50}, d_w, g, p_s, p_w)$$

$$\int_S \equiv \int (q, H, R, \phi, d_{50}, d_w, g, p_s, p_w) \quad (2)$$

$$(3) W_S \equiv \int (q, H, R, \phi, d_{50}, d_w, g, p_s, p_w)$$

که در این رابطه d_s عمق آبشستگی نهایی اندازه گیری شده از سطح پایاب، q دبی در واحد عرض سرریز، H هدکل، R شعاع جام، ϕ زاویه خروجی سرریز نسبت به قائم، d_{50} قطر متوسط ذرات بستر، d_w عمق پایاب، g شتاب ثقل، p_s و p_w به ترتیب جرم مخصوص رسوب و آب می باشد. (شکل-۱)



شکل ۱- آبشستگی در پایین دست سازه سرریز جامی شکل $\{9\}$

با استفاده از آنالیز ابعادی، معادلات بدون بعد حاکم برای تخمین ابعاد گودال آبشستگی به صورت زیر نوشته می شود:

$$(4) \frac{d_s}{d_w} \equiv \int \left(\frac{q}{\sqrt{g d_w^3}}, \frac{H}{d_w}, \frac{R}{d_w}, \frac{d_{50}}{d_w}, \frac{p_w}{p_s}, \phi \right)$$

$$\frac{I_s}{d_w} \equiv \int \left(\frac{q}{\sqrt{g d_w^3}}, \frac{H}{d_w}, \frac{R}{d_w}, \frac{d_{50}}{d_w}, \frac{p_w}{p_s}, \phi \right)$$

(5)



$$\frac{W_s}{d_w} \equiv \int \left(\frac{q}{\sqrt{gd_w^3}}, \frac{H}{d_w}, \frac{R}{d_w}, \frac{d_{50}}{d_w}, \frac{p_w}{p_s}, \phi \right) \quad (6)$$

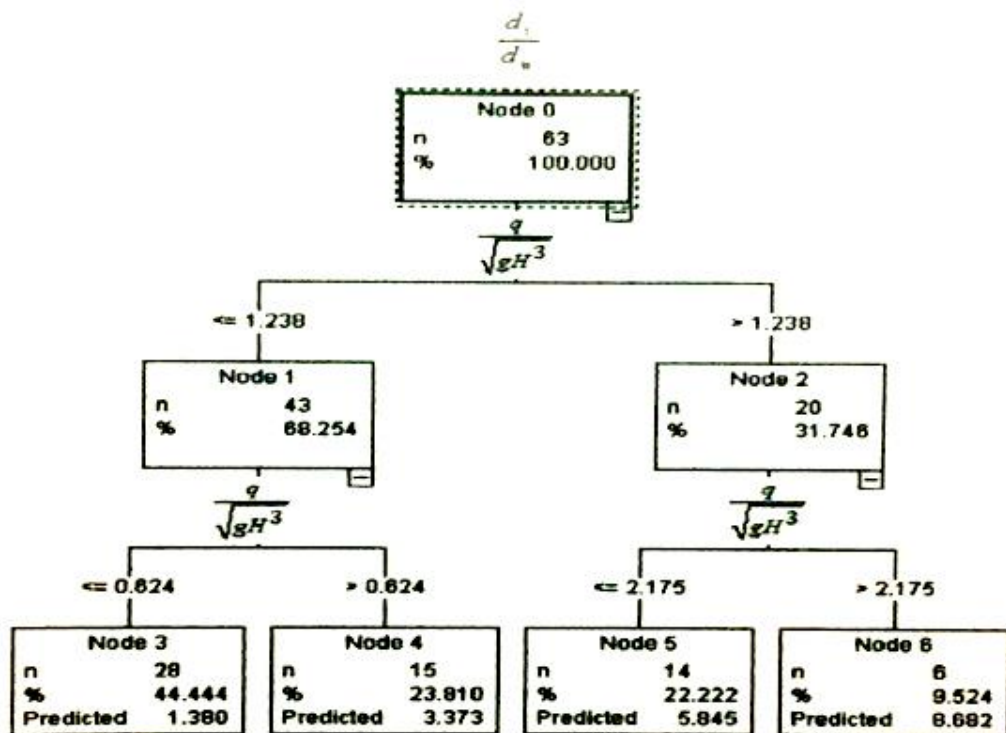
از آنجایی که نسبت $\frac{P_w}{P_s}$ ثابت است، لذا می توان این پارامتر را در مدل سازی ها حذف نمود.

۵-مدلسازی و نتایج

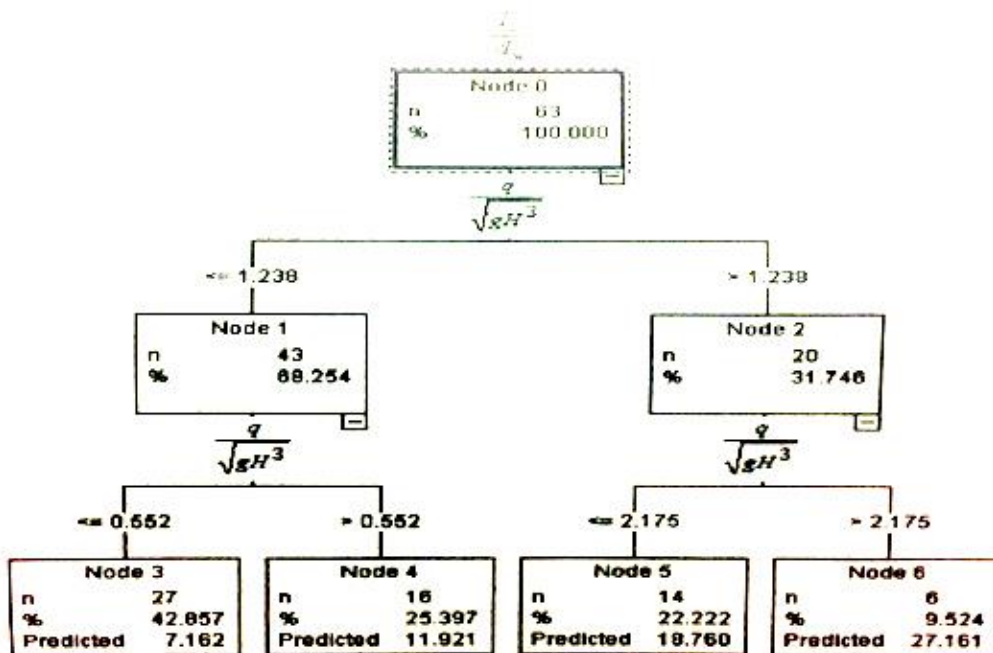
برای توسعه مدل های داده کاوی دوسوم داده ها را به طور تصادفی انتخاب کرده و برای آموزش مدل ها از آنها استفاده می کنیم و از مابقی داده ها به منظور صحت سنجی عملکرد مدل ها استفاده می نماییم. نتایج به دست آمده از مدل

CART دارای ساختار درختی به صورت زیر می باشد. که در اشکال زیر جهت تخمین پارامتری $\frac{d_s}{d_w}$ ، $\frac{I_s}{d_w}$ ، $\frac{W_s}{d_w}$ ترسیم

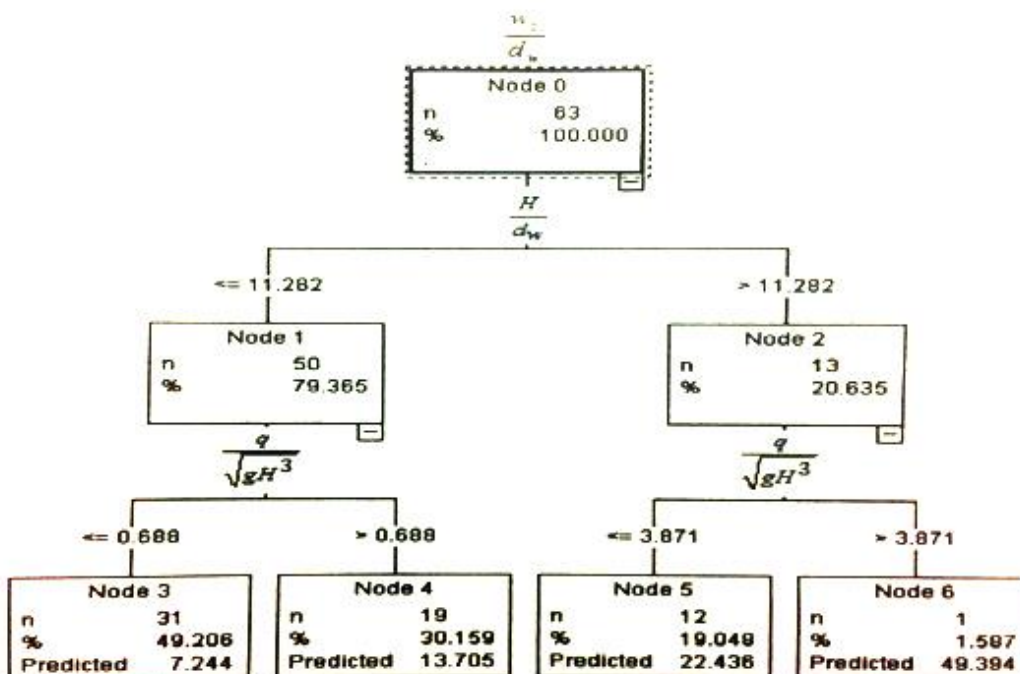
شده است.



شکل ۳- درخت رگرسیونی CART برای تخمین پارامترهای آبشستگی $\frac{d_s}{d_w}$



شکل ۴- درخت رگرسیونی CART برای تخمین پارامترهای آبشستگی $\frac{I_s}{d_w}$



شکل ۵- درخت رگرسیونی CART برای تخمین پارامترهای آبشستگی $\frac{W_s}{d_w}$

برای ارزیابی کمی نتایج مدل ها از شاخص های آماری نظیر RMSE و MAE استفاده شده است.



$$(7) R = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$(8) MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

$$(9) RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}}$$

در روابط فوق x_i مبین پارامتر اندازه گیری شده و y_i پارامتر تخمین زده شده و \bar{x} ، \bar{y} میانگین مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده است. N نیز تعداد داده ها است. مدلی که عملکرد بهتری از خود ارائه می دهد که دارای مقادیر R بالاتر $RMSE$ و MAE کمتر باشد.

در جداول ۱ و ۲ نتایج به دست آمده از مدل شبکه عصبی و درختان رگرسیونی CART آورده شده است.

جدول ۱- نتایج به دست آمده برای تخمین ابعاد گودال آبشستگی از شبکه های عصبی مصنوعی

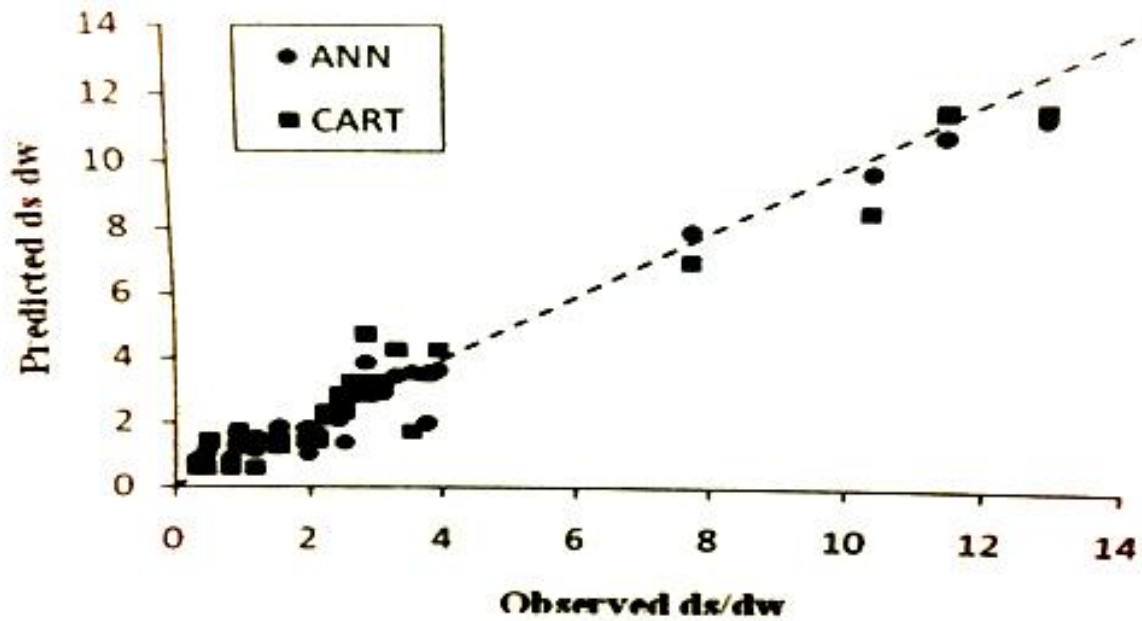
مدل	RMSE	R	MAE
$\frac{d_s}{d_w}$	0.060	0.981	0.443
$\frac{I_s}{d_w}$	1.662	0.975	1.179
$\frac{W_s}{d_w}$	2.689	0.959	1.411

جدول ۲- نتایج به دست آمده برای تخمین ابعاد گودال آبشستگی از درختان رگرسیونی CART

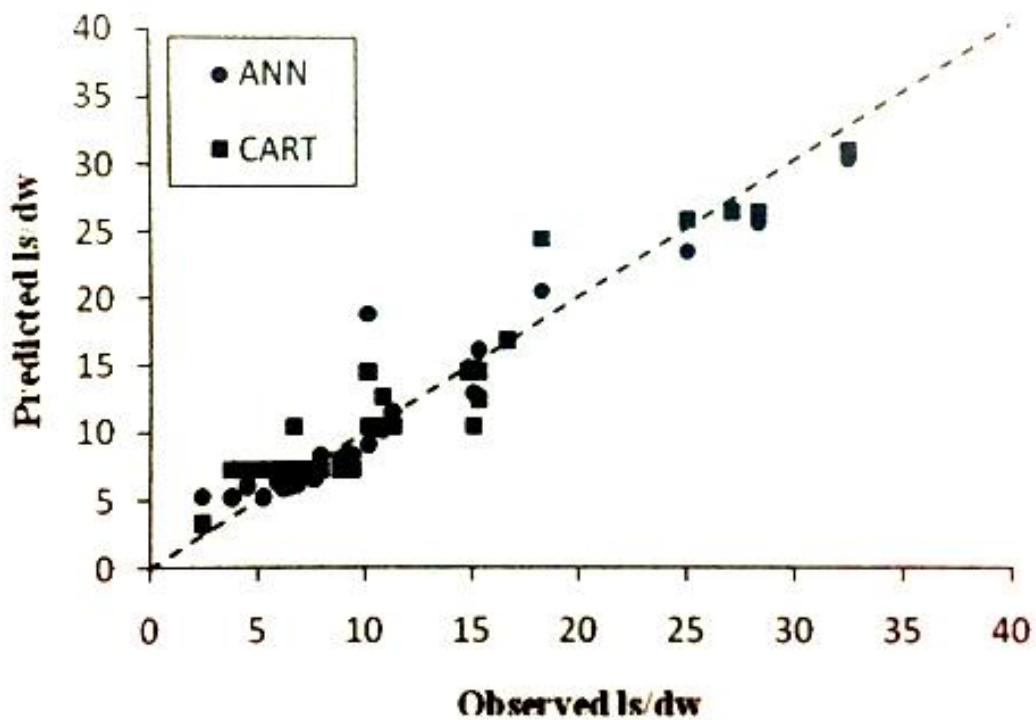
مدل	RMSE	R	MAE
$\frac{d_s}{d_w}$	1.561	0.853	1.096
$\frac{I_s}{d_w}$	2.455	0.945	1.973
$\frac{W_s}{d_w}$	3.483	0.931	2.181



همان طور که از نتایج جداول ۲ و ۱ قابل مشاهده می باشد مدل شبکه های عصبی مصنوعی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با مدل درختان رگرسیونی در تخمین ابعاد گودال آبستنگی می باشد.
در شکل های ۲ تا ۴ مقادیر تخمین زده شده و واقعی پارامترهای گودال آبستنگی توسط درختان رگرسیونی و مدل ANN با یکدیگر مقایسه شده اند.

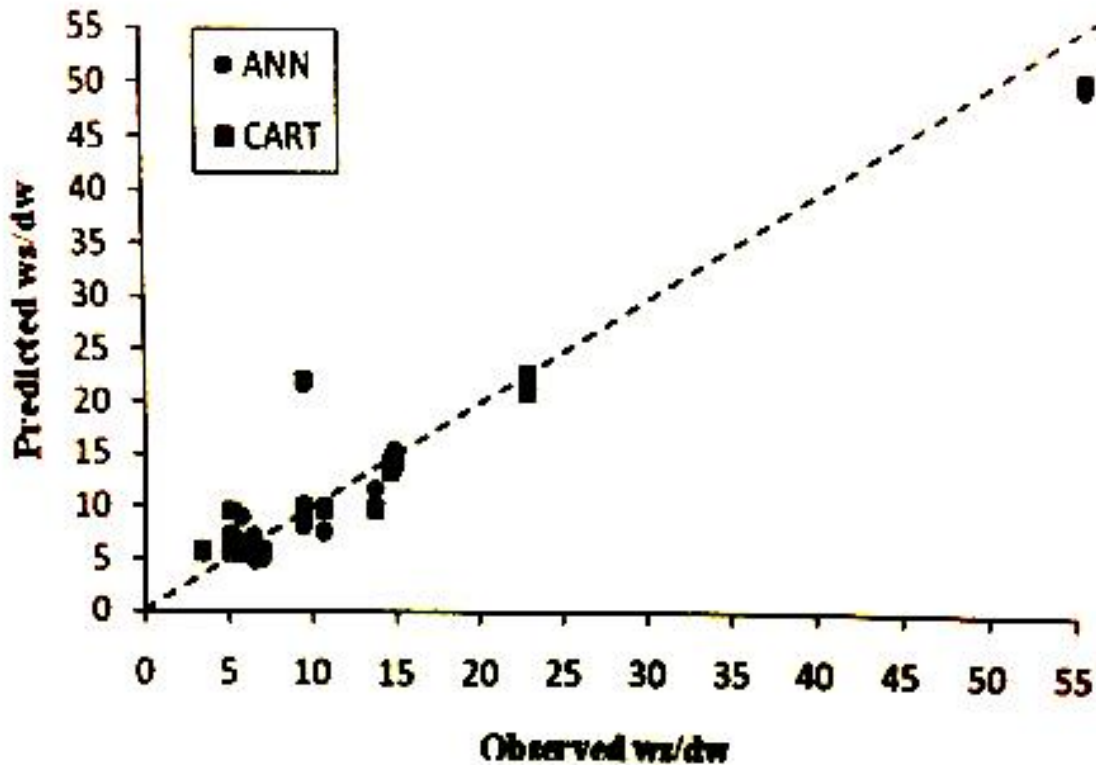


شکل ۲- مقایسه مقادیر تخمین زده شده واقعی ds/dw توسط ANN و CART





شکل ۳- مقایسه مقادیر تخمین زده شده واقعی Is/dw توسط ANN و CART



شکل ۴- مقایسه مقادیر تخمین زده شده واقعی ws/dw توسط ANN و CART

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق از تکنیک های شبکه های عصبی مصنوعی و درختان رگرسیونی برای تخمین ابعاد گودال آبشستگی در پایین دست سرریزهای جامی شکل استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل شبکه های عصبی مصنوعی دارای عملکرد دقت بالاتری در تخمین پارامترهای مربوط به ابعاد گودال آبشستگی می باشد. اما از مزایای درختان رگرسیونی، غیر پارامتریک بودن آن ها و عدم نیاز به تنظیم پارامترهای داخلی نظیر تعیین تعداد بهینه لایه های پنهان و گرہ های میانی در مقایسه با شبکه های عصبی مصنوعی است، همچنین سرعت اجرای درختان رگرسیونی بسیار بیشتر از شبکه های عصبی مصنوعی می باشد.



۷- مراجع

۱. Azmathullah, H.M.d. Deo, M.C.andDeolalikar.P.B.(2005), Neural Networks for Estimation of Scour Downstream of a Ski- Jump Bucker, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,pp 898-908.
۲. Azmathullah, H.M.d. Deo, M.C.andDeolalikar.P.B.(2006), Estimation of Scour belw spillways using neural networks, , Journal of Hydraulic Research. Pp 61-69.
۳. Gutierrez, A. G. Schnabel, S. and Lavado. J.F. (2009), Using and comparing two nonparametric methods (CART and MARS) to model the potential distribution of gullies. Ecological Modelling, pp. 3630-3637.
۴. Ayoubloo, M.K. Etemad – Shahidi, A. MahjoobiJ(2012), Evaluation of regular wave scour around a circular pile using data mining approaches. Applied Ocean Research 32(1), pp 34-39.
۵. Samadi, M. Jabbari , E. Azmathullah, H.M.d.(2012), Assessment of M5 model tree and classification and regression tree prediction of scour depth below free overfall spillways. Neural Computing and Applications: (in press).
۶. صمدی، م. جباری، ا. (۱۳۹۰)، تخمین عمق آبشستگی در پایین دست سرریزهای جامی شکل با استفاده از داده های میدانی ، دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه گیلان، رشت.
۷. صمدی، م. جباری، ا. (۱۳۹۰)، تخمین عمق آبشستگی در پایین دست سرریزهای جام پرتابی با استفاده از درخت های رگرسیونی و توابع اسپلاین، دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه گیلان، رشت.
۸. Breiman, L. Friedman. J. H. Olshen, R.A. and Stone, C.J. (1984), Classification and regression tree, Belmont , CA: Wadsworth Statistical Press.
۹. Agarwal , M. Goyal. M. Deo.M. C(2008), Locally weighted projection regression for predicting hydraulic parameters. Civil Engineering and Environmental Systems 27 (1), pp 71-80.