

بررسی رابطه نمایی در داده‌های برداشت شده آزمایشگاهی

سید محمود امامی فر

کارمند سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

پیش بینی آبشستگی و تخمین مشخصات حفره آبشستگی ناشی از جت های خروجی از سازه های هیدرولیکی یکی از موضوعات مهم در مهندسی هیدرولیک است. پارامترهای متعددی نظیر دبی جریان، ارتفاع ریزش جریان، عمق پایاب، قطر ذرات رسوب، دبی رسوب و زمان ایجاد ابعاد حفره آبشستگی ایجاد شده در پایین دست جت های ریزشی موثر هستند. در این تحقیق به بررسی آبشستگی ایجاد شده در شیب شکن های قائم پرداخته شده است. برای این منظور از معادله نمایی استفاده شده است. با توجه به اینکه معادله مزبور توانایی مناسبی در برازش داده ها با پراکندگی نسبتا نامناسب داشته، با استفاده از آن داده های تجربی شیب شکن قائمی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است که ارایه این طرح کمک شایانی به نحوه انجام تحقیقات آینده ایجاد خواهد کرد. براین اساس گراف هایی متناسب ارایه گردید که در ایجاد دید مناسب از عملکرد آن بسیار کاربردی می باشد. همچنین به وسیله این گراف ها می توان با دقت داده ها مورد ارزیابی قرار داد.

واژگان کلیدی: حفره آبشستگی، جت، معادله نمایی

۱. مقدمه

درآپها سازه‌هایی هستند که در کانال‌هایی برای کاهش سطح بستر، زمانی که شیب کانال کمتر از شیب طبیعی زمین است، ارائه می‌شوند. جریانی که از روی چنین درآپ‌هایی عبور می‌کند، سرریز آزاد نامیده می‌شود. به عنوان مثال، جریان عبوری از سرریز ساخته شده در یک کانال، یک سرریز آزاد را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این، آبشستگی ایجاد شده در پایین دست حفاظ بستر ارائه شده برای کنترل شیب یا ارتفاع بستر کانال باعث ایجاد افت می‌شود. بخش قابل توجهی از انرژی جریان جاری از طریق اختلاط متلاطم در حوضچه ای که در پایین دست این درآپ‌ها ایجاد می‌شود، تلف می‌شود. از این رو، بستر رسوب در پایین دست درآپ به دلیل ناپایداری ناشی از انتشار جت در حال سقوط، به طور قابل توجهی فرسایش می‌یابد و پایه سازه‌های درآپ را به خطر می‌اندازد.

Schoklitsch T, 1932 اولین کسی بود که یک معادله تجربی را برای تخمین عمق آبشستگی در پایین دست یک درآپ عمودی پیشنهاد کرد. از آن زمان بسیاری از محققین معادلاتی را برای تخمین عمق آبشستگی زیر درآپ‌های عمودی ارائه داده‌اند.

با این حال، این معادلات برای سازه‌های درآپ عمودی کم تو صیه می‌شود. درآپ زمانی افت کم در نظر گرفته می‌شود که ارتفاع افت نسبی برابر یا کمتر از یک باشد، در غیر این صورت افت زیاد ایجاد می‌شود (Little and Murphey, 1982).

Robinson et al. 2000 الگوهای سرعت و گردش را برای درآپ‌های مستقیم با استفاده از سرعت سنج داپلر آکو ستیک اندازه گیری کردند.

Chamani and Bairami, 2000 یک معادله تجربی برای تخمین اتلاف انرژی نسبی در درآپ برای جریان‌های فوق بحرانی استخراج کردند. Borman and Julien, 1991 معادله ای از عمق آبشستگی تعادلی را برای سازه‌های شیبدار بر اساس انتشار جت و پایداری ذرات در سوراخ‌های آبشستگی پایین دست سازه‌های کنترلی پیشنهاد کردند. Stein et al, 1993 یک روش تحلیلی برای تعیین تغییرات زمانی عمق آبشستگی در پایین دست یک درآپ تو سعه داد که حداکثر سرعت جت پخش کننده را با تنش برشی اضافی مرتبط می‌کند. آنها گزارش دادند که میزان عمق آبشستگی برای اعماق آبشستگی زیر ۹۵ درصد عمق آبشستگی تعادلی به سرعت افزایش می‌یابد. فرآیند آبشستگی در استخر غوطه‌ور شدن بسترهای رسوبی توسط (Jia et al. 2001) شبیه سازی عددی شد. Robinson et al. 2002 آبشستگی در پایین دست یک سرریز در بستر منسجم را اندازه گیری کردند. Lenzi et al, 2003 ۷۳ سازه کنترل در رودخانه‌های کوهستانی آبرفتی، که شامل سدها و آستانه‌های بستر بود، تجزیه و تحلیل کردند. آنها یک روش عادی سازی مبتنی بر انرژی را برای ابعاد سوراخ آبشستگی برای ارزیابی نقش هندسه جت و هوادهی بر بازده آبشستگی پیشنهاد کردند.

در این زمینه، ذکر این نکته قابل ذکر است که هیچ یک از مطالعات فوق بر تأثیر پارامترهای مختلف بر عمق آبشستگی پایین دست درآپ‌های عمودی تمرکز نکرده است. براین اساس در مطالعه حاضر به بررسی دقیق پارامتر عمق آبشستگی پایین جریان درآپ

عمودی با در نظر گرفتن پارامترهای مرتبط به آن، با استفاده از روش نمایی بوده که براساس آن به بررسی میزان کارایی این معادله پرداخته شده است.

۲. مواد و روش ها

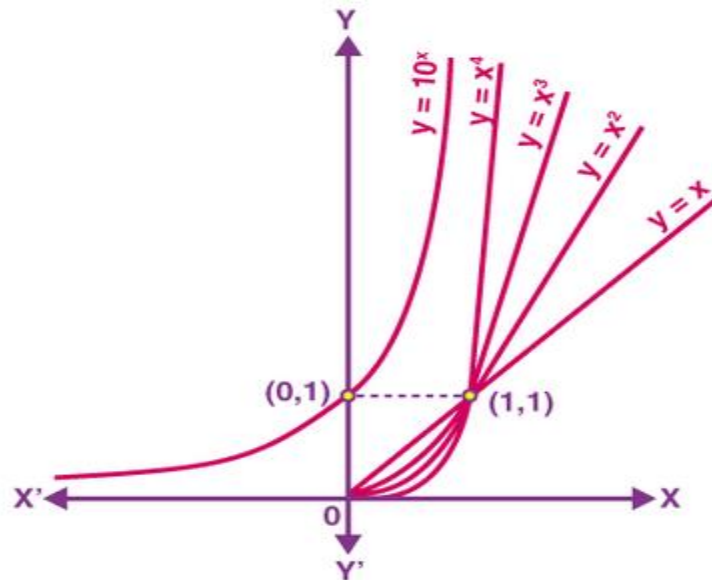
در بخش اول به ارایه طرحی که داده‌ها از آن برداشته شده پرداخته و در بخش دوم به معرفی روش نمایی پرداخته شده است.

۱.۲. طرح مورد بررسی

در این طرح آزمایشگاهی محققین با در نظر گرفتن دبی، دانه‌بندی در پایین‌دست، عمق پایین‌دست و اختلاف انرژی بالادست و پایین‌دست سازه به بررسی عمق آب‌سستگی پرداخته‌اند که برای انجام این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است اما با توجه به محدودیت داده‌های برداشته شده در این تحقیق و با استفاده از درون‌یابی به افزایش داده‌ها پرداخته شده است (رضوی نبوی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲.۲. روش نمایی

تابع نمایی یک تابع ریاضی است که در بسیاری از موقعیت‌های دنیای واقعی استفاده می‌شود. عمدتاً برای یافتن زوال نمایی یا رشد نمایی یا برای محاسبه سرمایه‌گذاری‌ها، جمعیت مدل و غیره استفاده می‌شود. تابع نمایی یک تابع ریاضی به شکل $f(x) = ax$ است که x یک متغیر و a ثابت است که پایه تابع نامیده می‌شود و باید بزرگتر از صفر باشد. پایه تابع نمایی استفاده شده، عدد e است که تقریباً برابر با ۲,۷۱۸۲۸ است. یک تابع نمایی با فرمول $f(x) = ax$ تعریف می‌شود، که در آن متغیر ورودی x به عنوان یک توان رخ می‌دهد. منحنی نمایی به تابع نمایی بستگی دارد و به مقدار x بستگی دارد. رشد یا فروپاشی یک منحنی نمایی به تابع نمایی بستگی دارد. هر کمیتی که در فواصل زمانی معین با درصد ثابتی رشد کند یا از بین برود، باید دارای رشد نمایی یا فروپاشی نمایی باشد. در رشد نمایی، مقدار در ابتدا بسیار آهسته و سپس به سرعت افزایش می‌یابد. سرعت تغییر در طول زمان افزایش می‌یابد. سرعت رشد با گذشت زمان سریعتر می‌شود. رشد سریع به معنای "افزایش تصاعدی" است. در واپاشی نمایی، ابتدا مقدار خیلی سریع و سپس به آرامی کاهش می‌یابد. سرعت تغییر در طول زمان کاهش می‌یابد. سرعت تغییر با گذشت زمان کندتر می‌شود. رشد سریع به معنای "کاهش تصاعدی" می‌باشد. شکل زیر نمودار نماهای x را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش توان، منحنی‌ها تندتر می‌شوند و سرعت رشد به ترتیب افزایش می‌یابد. بنابراین، برای $x > 1$ ، مقدار $y = fn(x)$ برای افزایش مقادیر (n) افزایش می‌یابد. این روند در شکل (۱) نشان داده شده است.

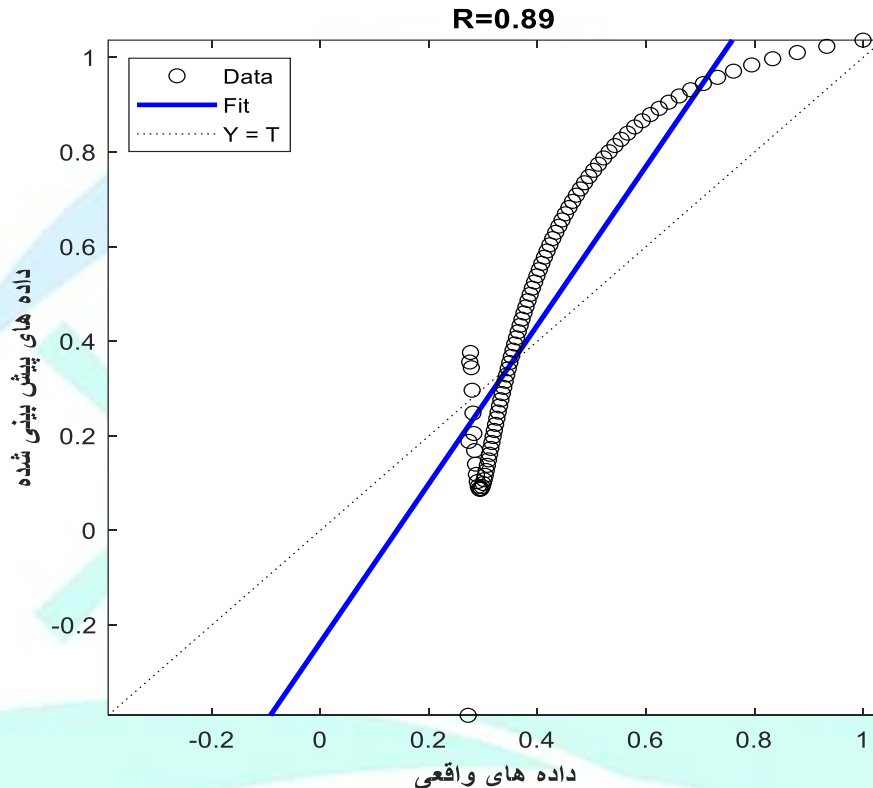


شکل ۱: تابع نمایی

از مطالب فوق می توان دریافت که ماهیت توابع چند جمله ای به درجه آنها بستگی دارد. هر چه درجه یک تابع چند جمله ای بیشتر باشد، رشد آن بیشتر است. تابعی که سریعتر از تابع چند جمله ای رشد می کند $y = f(x) = ax$ است که $a > 1$ است. بنابراین، برای هر یک از اعداد صحیح مثبت n گفته می شود که تابع $f(x)$ سریعتر از $f_n(x)$ رشد می کند. بنابراین، تابع نمایی دارای پایه بزرگتر از ۱، یعنی $a > 1$ به صورت $y = f(x) = ax$ تعریف می شود. دامنه تابع نمایی مجموعه ای از کل اعداد حقیقی R خواهد بود و محدوده به مجموعه اعداد حقیقی مثبت گفته می شود. لازم به ذکر است که تابع نمایی در حال افزایش است و نقطه $(0, 1)$ همیشه روی نمودار یک تابع نمایی قرار دارد. همچنین اگر مقدار x بیشتر منفی باشد به صفر نزدیک است. تابع نمایی دارای پایه ۱۰ به عنوان تابع نمایی رایج شناخته می شود (Cardona et al. 2007).

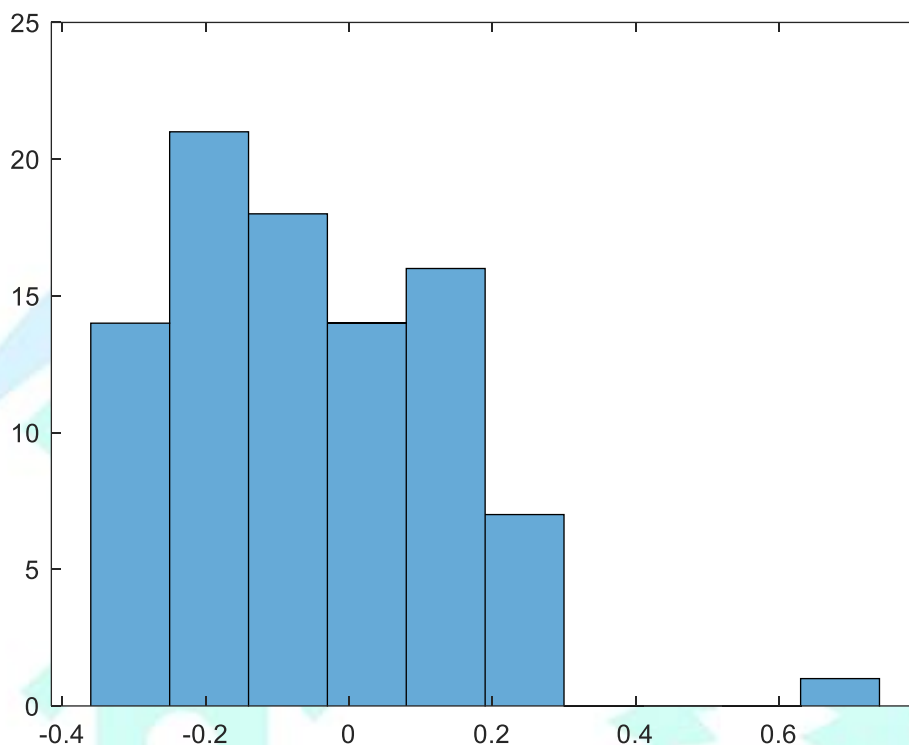
۳. نتایج

e مبنای نسبت رشد است که در همه فرایندهای رشد پیوسته مشترک است. در واقع استفاده از آن به ما امکان می دهد که یک نرخ رشد ساده (مثلاً مواردی که همه تغییرات در انتهای یک سال رخ می دهند) را انتخاب کنیم و تأثیر ترکیبی آن بر رشد مداوم را که در آن فرایند هر نانو ثانیه یا سریع تر از آن، اندکی رشد می کند را محاسبه کنیم. e هر جا که سیستم هایی به صورت مداوم و نمایی رشد می کنند، مشاهده می شود. این سیستم ها شامل جمعیت، واپاشی رادیواکتیو، محاسبه سود و موارد دیگر است. حتی سیستم های ناهموار که رشد همواری ندارند را نیز می توان به وسیله e تخمین زد. همان طور که هر عددی را می توان نسخه مقیاس یافته ای از ۱ (واحد مبنا) دانست، هر دایره را نیز می توان نسخه مقیاس یافته ای از دایره واحد (با شعاع ۱) دانست و هر نرخ رشدی را می توان یک نسخه مقیاس یافته از e (رشد مبنا) در نظر گرفت. با توجه به ارایه مطالبی که نشان از کارایی این پارامتر در بحث ربا ضیات داشت، در این بخش به مدل سازی داده های دراپ با این روش پرداخته شده است. در گام اول به ارایه میزان رگسیون داده ها پرداخته شده است که در شکل (۱) ارایه شده است.



شکل ۱: رگسیون داده‌ها

در تحلیل معادلات مختلف، بهترین رگسیون یک بوده که در صورت رخ دادن، نشان از خطا دارد چون روش مورد بررسی آشنایی با داده‌ها نداشته و در واقع نمی‌تواند ۱۰۰ درصد پیش‌بینی درست داشته باشد مگر به خطا. اما اعداد نزدیک به یک نشان از کارایی مطلوب این روش دارد که در اینجا با توجه به اینکه رگسیون ۰/۸۹ و نزدیک به یک است بسیار مطلوب می‌باشد. اما هیچگاه نمی‌توان به رگسیون اطمینان ۱۰ درصد داشت براین‌اساس در این طرح به ارایه پراکندگی خطا داده‌ها پرداخته شده که در شکل (۲) ارایه شده است.



شکل ۲: پراکندگی خطا

همان طور که مشخص است بیشتر پراکندگی داده‌ها حول صفر بوده که نشان از کارایی مطلوب آن دارد.

۴. نتیجه‌گیری

آبشستگی پدیده‌ای است که در اثر عبور جریان سیال به خصوص آب در مرزهای تماس با دیگر اجسام در سازه‌های هیدرولیکی بوقوع می‌پیوندد. مبنای ایجاد این پدیده ایجاد خلاء در مرزهای تماس دو محیط، به دلیل تغییر سرعت سیال است. سیال در مرزهای تماس با دیگر محیط‌ها متأثر از زبری و شکل محیطی است که با آن تماس دارد. در سازه‌های هیدرولیکی این پدیده بسیار می‌تواند به پایداری و دوام سازه هیدرولیکی آسیب برساند چرا که سیال آب می‌تواند خاک کف و اطراف پایه‌های سازه‌های هیدرولیکی را بشوید یا دیوارها و سواحل رودخانه‌ها و دریاها را بشورد و با خود در جهت جریان خود حمل کند. محققان بسیاری سالها بسیار تأثیرات این پدیده را بر انواع سازه‌های هیدرولیکی (مانند سریز سدها، کناره و سواحل رودخانه‌ها، کناره پایه‌های پل و کوله‌های پل و دیگر سازه‌های هیدرولیکی) و در شرایط مختلف مورد بررسی و تحقیق قرار داده‌اند. یکی از معروف‌ترین تأثیرات آبشستگی بر شیب شکن‌ها می‌باشد. بنابراین در این مطالعه از روش غیر خطی نمایی که برتری‌های محسوسه نسبت به روش

خطی داشته، پرداخته شده است و با استفاده از متغیرهای موثر بر آبشستگی، اقدام به بررسی تاثیر آن شده که نتایج نسبتا مناسبی از کارایی آن مشاهده گردید.

مراجع

۱. رضوی نبوی، شفاعی بجستانی، کاشفی پور. (۱۳۹۱). برآورد عمق آبشستگی در پایین دست سازه‌های شیب شکن. تحقیقات مدیریت کشاورزی.
2. Bormann, N. E., and Julien, P. Y. _1991_. "Scour downstream of gradecontrol structures." *J. Hydraul. Eng.*, 117_5_, 579–594.
3. Cardona, M., Chamberlin, R. V., & Marx, W. (۲۰۰۷). Comment on the history of the stretched exponential function. arXiv preprint arXiv:۰۷۱۰.۴۴۴۶.
4. Chamani, M. R., and Beirami, M. K. _2002_. "Flow characteristics at drops." *J. Hydraul. Eng.*, 128_8_, 778–791.
5. Jia, Y., Kitamura, T., and Wang, S. S. Y. _2001_. "Simulation of scour process in plunging pool of loose bed-material." *J. Hydraul. Eng.*, 127_3_, 219–229.
6. Lenzi, M. A., Marion, A., and Comiti, F. _2003_. "Local scouring at grade-control structures in alluvial mountain rivers." *Water Resour. Res.*, 39_7_, 1176–1188.
7. Little, W. C., and Murphey, J. B. _1982_. "Model study of low drop grade control structures." *J. Hydr. Div.*, 108_10_, 1132–1146.
8. Robinson, K. M., Cook, K. R., and Hanson, G. J. _2000_. "Velocity field measurements at an overfall." *Trans., Am. Soc. Agri. Biol. Engrs.*, 43_3_, 665–670.
9. Schoklitsch, A. _1932_. "Kolkbildung unter uberfallstrahlen." *Wasserwirtschaft*, 24, 341–343.
10. Stein, O. R., Julien, P. Y., and Alonso, C. V. _1993_. "Mechanics of jet scour downstream of a headcut." *J. Hydraul. Res.*, 31_6_, 723–738.