

برآورد منحنی سنجه در بازه جزر و مدی رودخانه با استفاده از داده‌های بلند مدت و داده‌های سیلاب جزر و مدی

میثم سالاری جزی⁺

گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۵

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2017.27168.1641](https://doi.org/10.22113/jmst.2017.27168.1641)

چکیده

برآورد تراز سطح آب رودخانه در بازه جزر و مدی رودخانه یک ابزار مناسب برای مدیریت سیلاب رودخانه‌هایی است که در مناطق ساحلی واقع شده‌اند. انتشار امواج جزر و مدی در این بازه به سمت بالادست و ترکیب آن با سیلاب رودخانه موجب افزایش محدوده سیلاب‌دشت و ریسک آسیب می‌شود. در این تحقیق بازه اهواز-خرمشهر در رودخانه کارون به عنوان مطالعه موردی انتخاب و مدل‌های مختلف خطی و غیر خطی برای پیش بینی تراز سطح آب بر اساس دبی جریان بالادست بررسی گردیده است. با توجه به ماهیت جریان سیلاب جزر و مدی، تحلیل در دو حالت انجام شد. در حالت اول مجموعه کامل داده‌های ثبت شده مورد بررسی قرار گرفته شد و در حالت دوم بر اساس تحلیل سری بالاتر از حد آستانه، داده‌های سیلاب جزر و مدی استخراج شد. تحلیل باقیمانده‌های مدل‌ها در دو حالت نشان داد که مدل‌های خطی قابل پذیرش نیستند بنابراین مدل‌های غیر خطی تبدیل یافته که فرم‌هایی از مدل خطی می‌باشند نیز برای مدل سازی در نظر گرفته شد. بر اساس جزییات تحلیل بخش واسنجی معادلات توانی با بهبود ضریب تبیین، واریانس تقریباً ثابت و توزیع نرمال به عنوان معادله مناسب در هر دو حالت نتیجه گیری شده است. مدل‌های منتخب برای بخش صحت سنجی در دو حالت بکار گرفته شد. نتایج قابلیت پذیرش این مدل‌ها، با توجه به سادگی آن‌ها و نیز کارایی بهتر مدل‌ها در حالت اول نسبت به حالت دوم را تایید می‌کند.

کلمات کلیدی: منحنی سنجه، بازه جزر و مدی، تحلیل باقیمانده‌های مدل، سری بالاتر از حد آستانه

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: meysam.salarijazi@gmail.com

۱. مقدمه

کانادا بررسی و کارایی این روابط نتیجه گیری شده است (El-Jabi *et al.*, 1992). در یک مطالعه در چیناز یک مدل توسعه داده شده هارمونیک برای پیش بینی تراز سطح آب در بازه‌های جزر و مدی رودخانه استفاده شده و بیان گردیده است که این مدل‌ها به خوبی می‌توانند تراز سطح آب را پیش بینی کنند اما در بعضی موارد به علت تاثیر سیلاب بالادست یا موج طوفانی پایین دست این پیش بینی‌ها با مقادیر مشاهداتی اختلاف دارد (Li *et al.*, 2011). همچنین Li *et al.*, (2006) از مدل‌های مختلف پیش بینی برای پیش بینی تراز سطح آب در سه ایستگاه در ناحیه جزر و مدی چانگ جیانگ در چین استفاده کرده‌اند و در ادامه متغیر دبی بالادست را به مدل اضافه کرده‌اند و نشان داده‌اند در هر ایستگاه میزان دقت نتایج در حالت افزایش متغیر دبی بالادست نسبت به حالت بدون افزایش متغیر دبی بالادست مقداری بهبود یافته است. همچنین استفاده از روابط غیر خطی بر مبنای هوش محاسباتی نیز مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این زمینه می‌توان به تحقیقات (Tsai and Lee, 1999; Suphratid, 2003; Adib, 2008; Kisi and Çobaner, 2009) اشاره کرد که از روش‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش بینی تراز سطح آب بهره برده و دقت مناسب این روش‌ها را نتیجه گیری کرده‌اند. یکی از نکاتی که در مدل سازی بر مبنای داده‌ها باید مدنظر قرار بگیرد دسته‌بندی داده‌ها بر اساس ماهیت فیزیکی پدیده مورد بررسی است. در بررسی نوسان تراز سطح آب در بازه جزر و مدی رودخانه، داده‌های ثبت شده در هنگام سیلاب ممکن است دارای ماهیت متفاوتی با داده‌های ثبت شده در زمان‌های غیر سیلابی باشند. بنابراین لازم است تا داده‌های سیلابی جداگانه تحلیل شوند. استفاده از تحلیل بر مبنای کاربرد سری مقادیر بالاتر از حد آستانه یک ابزار آماری مفید، مفهومی و کاربردی می‌باشد. استفاده از این نوع تحلیل به علت فرآیند نسبتاً پیچیده و چند هدفه مورد نیاز در کشور به شکل بسیار محدود مورد

بررسی نوسانات تراز سطح آب در رودخانه‌ها و نواحی ساحلی و برآورد مقادیر حدی آن برای محققین و مهندسين دارای اهمیت فوق‌العاده است (Akbari *et al.*, 2017; Abdolkhanian *et al.*, 2018). در اغلب رودخانه‌ها تراز سطح آب در طول زمان صرفاً تابعی از شدت جریان در رودخانه می‌باشد ولیکن در رودخانه‌هایی که در مناطق ساحلی واقع شده‌اند، برای بررسی نوسان تراز سطح آب می‌توان امتداد رودخانه را سه بخش تقسیم بندی کرد. بخش اول، بخش بالادست رودخانه است که در آن جریان رودخانه‌ای اثر غالب را دارد. در بخش سوم یا پایین دست اثرات جریان‌های جزر و مدی غالب است و در بخش میانی، که به اختصار بازه جذر و مدی نیز نامیده می‌شود، اندرکنش تاثیرات جریان‌های رودخانه‌ای و نیز جریان‌های جزر و مدی عوامل تغییرات تراز سطح آب می‌باشند (Rose and Bhaskaran, 2017). در این نوع رودخانه‌ها جریان رودخانه‌ای با پدیده امواج جزر و مدی که به سمت بالادست حرکت می‌کنند مواجه هستند که این موضوع موجب توسعه مناطق سیلاب دشت و در نتیجه افزایش ریسک سیلاب می‌شود. ماهیت جریان رودخانه تصادفی است و ماهیت جریان‌های جزر و مدی در بازه‌های انتهایی رودخانه نیز تا حد زیادی تصادفی است زیرا این نواحی از رودخانه دارای عمق کم نسبت به عمق دریا می‌باشند و پخش امواج از دریا به رودخانه و نیز اثرگذاری بیشتر سیستم‌های جوی کم فشار در این نواحی از رودخانه نسبت به دریا موجب می‌شود که تغییرات تراز سطح آب با روش‌های متداول مانند تحلیل‌های هارمونیک با دقت بالایی قابل پیش‌بینی نباشد. در مطالعات مختلف برای پیش بینی تراز سطح آب در بازه میانی، تراز سطح آب به شکل تابعی از جریان رودخانه در بالادست یا جریان جزر و مدی در پایین دست در نظر گرفته شده است. روابط رگرسیون خطی را برای تعیین رابطه دبی-تراز سطح آب در چندین مکان قرار گرفته در ناحیه جزر و مدی رودخانه در

دسته‌بندی نشده و به طور یکدست تحلیل شده اند. مدل‌های ساده اگر دارای کارایی مناسبی باشند دارای مقبولیت خواهند بود. رگرسیون خطی تک متغیره یکی از ساده ترین مدل‌ها برای مدل سازی رویدادهای مختلف در حیطه علوم محیطی است. با توجه به محدودیت‌های بیان شده در این مطالعه کارایی مدل‌های خطی در برآورد تراز سطح آب در بازه جزر و مدی به عنوان تابعی از دبی جریان در بالادست مد نظر قرار گرفت که به طور مشخص دارای مزایای ذیل هستند. الف-محاسبات آن‌ها ساده است. ب-معادله مشخص ارایه می‌شود. ج-قابلیت برون یابی دارند. د- دارای تحلیل‌های مکمل مرتبط هستند. اهداف این تحقیق پاسخ به پرسشهای ذیل می‌باشد: الف- کارایی مدل‌های خطی و غیر خطی ساده قابل تبدیل به مدل‌های خطی، در برآورد تراز سطح آب در بازه جزر ومدی بر اساس دبی جریان بالادست و با در نظر گرفتن مجموعه کامل داده‌ها (حالت اول) چگونه است؟ و مدل مناسب بر اساس تحلیل‌های تکمیلی به چه شکل می‌باشد؟ ب-تفکیک داده‌های سیلابی از مجموعه کامل داده‌های جزر و مدی چگونه قابل انجام است؟ ج-کارایی مدل‌های بیان شده در مدل سازی داده‌های سیلابی (حالت دوم) به چه میزان است و تفاوت نتایج با تحلیل بر مبنای عدم جداسازی داده‌های سیلابی به چه شکل است؟ ذکر این مطلب ضروری است که تحقیقات گذشته در این زمینه بر کاربرد مدل‌های داده مبنا متکی بوده است که در عمل کاربرد آن برای مهندسين با محدودیت مواجه است.

۲. مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه: رودخانه کارون مهم‌ترین رودخانه کشور می‌باشد که در حوضه آبریز کارون و دز واقع شده است. در این تحقیق از اطلاعات بازه اهواز-خرمشهر استفاده گردید. در ایستگاه اهواز که در بالادست بازه انتخابی واقع شده است رژیم جریان رودخانه‌ای حاکم است و در ایستگاه خرمشهر که در پایین‌دست بازه انتخابی واقع شده، رژیم جزر و مدی

توجه قرار گرفته است. در تحلیل سری مقادیر بالاتر از حد آستانه (سری جزبی) مقادیری که بالاتر از یک آستانه مشخص (آستانه سیلاب) هستند استخراج می‌گردند بنابراین این تحلیل می‌تواند برای جداسازی وقایع سیلابی در سری بلند مدت داده‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. (Roscoe et al., 2010) با در اختیار داشتن سری زمانی روزانه از روش سری بالاتر از حد آستانه و توزیع پارتو تعمیم یافته برای برآورد مقادیر حدی تراز سطح آب ناشی از امواج برای طراحی تاسیسات فراساحلی در دریای شمال استفاده کرده‌اند. نتایج نشان دهنده حساسیت پارامترهای توزیع پارتوی تعمیم یافته به انتخاب مقادیر آستانه بوده است. سپس با توجه به پیش بینی رفتار پارامتر شکل توزیع پارتو تعمیم یافته، از یک فرآیند مناسب برای تعیین مقدار حد آستانه استفاده کرده و کارایی این تحلیل را نتیجه گیری کرده اند. (Armstrong et al., 2012) با در نظر گرفتن روش سری بالاتر از حد آستانه به استخراج سیلاب‌های با دوره بازگشت پایین‌تر از ۵ سال در تعدادی از رودخانه‌های نیوانگلند پرداخته و روند افزایشی در وقوع این سیلاب‌ها را گزارش کرده‌اند. در این زمینه در ایران نیز Heydarizadeh et al., (2011) با کاربرد سری بالاتر از حد آستانه به تحلیل مدل‌های دبی-مدت-فراوانی اقدام نموده و بیان کرده‌اند که این روش برای ایران که سری‌های زمانی متغیرهای مورد مطالعه کوتاه می‌باشد مفید و کاربردی می‌باشد. با مروری بر مطالعات گذشته می‌توان محدودیت‌های ذیل را در برآورد تراز سطح آب در ناحیه جزر و مدی رودخانه به طور مشخص بیان کرد: الف-مطالعات مبتنی بر تحلیل هارمونیک به علت در نظر گرفتن رفتار قطعی تناوبی دارای خطای برآورد می‌باشند. ب-مطالعات مبتنی بر روش‌های هوش محاسباتی علیرغم دقت بالا در مدل سازی، از یک طرف صرفاً دارای اعتبار در محدوده داده‌های ثبت شده اند و از طرف دیگر معادلات مشخصی را ارایه نمی‌کنند. ج-داده‌های به کار گرفته شده در این مطالعات از لحاظ ماهیت

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (3)$$

که در روابط مذکور $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ و $\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$

می‌باشند. ضریب تبیین R^2 معیاری است که قدرت رابطه خطی بین متغیر مستقل x و متغیر وابسته y را نمایش می‌دهد (Moslemzadeh et al., 2011). مقدار این معیار بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرد و هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده اینست که رابطه خطی به شکل مناسبی می‌تواند رابطه بین متغیر وابسته و مستقل را نمایش بدهد (Sadeghian et al., 2016).

$$R^2 = \frac{[\sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}]^2}{[\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}][\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}]}$$

معیار دیگری که برای بررسی صحت مدل مدنظر قرار می‌گیرد آزمون فرض ضرایب مدل و تحلیل واریانس می‌باشد. بررسی فرضیات مرتبط با باقیمانده‌های مدل معیار بسیار مهم دیگری در تعیین صحت مدل خطی است که در اغلب موارد نادیده انگاشته می‌شود. این مفروضات عبارتند از اینکه ε_i ها دارای توزیع نرمال، مستقل از یکدیگر و دارای واریانس یکسان هستند (Echenique-Subiabre et al., 2016).

حاکم می‌باشد. طول این بازه حدود ۱۸۸ کیلومتر می‌باشد. طبیعی است ایستگاه‌هایی که در فاصله خیلی نزدیک با ایستگاه‌های اهواز و خرمشهر قرار دارند دارای رژیم غالب جریان رودخانه‌ای یا جریان جزر و مدی می‌باشند. برای انتخاب ایستگاهی که تحت اثر هر دو پدیده باشد باید اطلاعات موجود و نیز مطالعات پیشین مد نظر قرار گیرد بر این اساس ایستگاه دارخوین به عنوان ایستگاهی که تحت تاثیر هر دو پدیده قرار دارند انتخاب گردید. با بررسی سری زمانی بلندمدت داده‌های روزانه هر سه ایستگاه بازه زمانی مشترک داده‌ها تعیین شد. در این بازه مشترک در تعدادی از روزها داده یکی از متغیرها در دسترس نبود که با حذف این روزها حدود ۳۵۲۴ روز داده مشترک حاصل شد.

رگرسیون تک متغیره: یک مدل رگرسیون خطی برای متغیر مستقل x و متغیر وابسته y به شکل زیر تعریف می‌شود.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

که در آن Y_i متغیر تصادفی وابسته نام، β_0, β_1 پارامترهای مدل رگرسیون و ε_i خطای تصادفی و n تعداد جفت مشاهدات (x, y) می‌باشد. دو پارامتر β_0 و β_1 را ضرایب رگرسیون می‌نامند که β_0 عرض از مبدا و β_1 شیب خط رگرسیون می‌باشد. ضرایب رگرسیون با روابط زیر برآورد می‌گردند (Simmler et al., 2016).

جدول ۱- توابع غیر خطی که با استفاده از تبدیل ریاضی خطی می‌شوند

شماره	فرم غیر خطی	تبدیل	فرم خطی
۱	-----	-----	$y = b_0 + b_1 x$
۲	$y = b_0 x^{b_1}$	$\hat{y} = \log y, \hat{x} = \log x$	$\hat{y} = \log b_0 + b_1 \hat{x}$
۳	$y = b_0 e^{b_1 x}$	$\hat{y} = \ln y$	$\hat{y} = \ln b_0 + b_1 \hat{x}$
۴	$y = b_0 + b_1 \log x$	$\hat{x} = \log x$	$y = b_0 + b_1 \hat{x}$
۵	$y = \frac{x}{b_0 x - b_1}$	$\hat{y} = \frac{1}{y}, \hat{x} = \frac{1}{x}$	$\hat{y} = b_0 + b_1 \hat{x}$

تعیین حد آستانه استفاده شده است. توزیع پارتو تعمیم یافته بر نمونه‌های استخراجی بر اساس سطوح مختلف حد آستانه و نیز روش‌های متفاوت تعیین پارامتر برآزش داده می‌شود. سپس مقادیر مختلف پارامتر شکل در توزیع پارتو تعمیم یافته مرتبط با سطوح مختلف آستانه رسم می‌گردد. مقدار حد آستانه در ناحیه‌ای که پارامتر شکل به صورت پایدار می‌باشد انتخاب می‌گردد (Coles., 2007). علاوه بر انتخاب حد آستانه یک معیار برای استقلال مقادیر رویدادهای منتخب پیایی اعمال می‌شود تا از وجود استقلال بین مقادیر استخراج شده اطمینان حاصل گردد. این معیار بر مبنای دو محدودیت اعمال شده بر زمان و تراز بین مقادیر حدی پیایی می‌باشد. دو رویداد پیایی زمانی مستقل هستند که این معیار برآورده گردد (Madsen et al., 1997). می‌توان از تعریف زیر برای این هدف استفاده نمود. الف- معیار زمانی Δt_c : اگر فاصله زمانی بین دو رویداد پیایی از Δt_c بزرگ‌تر باشد این دو رویداد مستقل هستند. ب- معیار مقدار pc : اگر مقادیر متغیر بین دو رویداد پیایی از حاصل ضرب pc در مقدار کوچک‌تر مابین این دو رویداد کوچک‌تر باشند این دو رویداد مستقل هستند $(0 < pc < 1)$. نکته مهم این است که مقادیر مختلف معیارهای فوق منجر به تفاوت معنی‌دار در برآورد پارامترهانی می‌گردد (Pinya et al., 2009).

۳. نتایج

مدل‌های تک متغیره با در نظر گرفتن مجموعه کامل داده‌ها (حالت اول): ابتدا با در نظر گرفتن مجموعه کامل داده‌ها، هفتاد درصد داده‌ها برای مدل سازی (واسنجی) مورد استفاده قرار گرفت. جدول ۲ و شکل ۱ جزییات این تحلیل را نشان می‌دهد.

نیز در صورت عدم صحت مدل خطی تعدادی مدل-های غیر خطی ساده نیز وجود دارند که با استفاده از تبدیل‌های ریاضی به مدل خطی تبدیل می‌شوند. تعدادی از این تبدیل‌ها در جدول زیر بیان شده‌اند. البته در این زمینه کاربرد مدل‌های ناپارامتری نیز مورد توجه محققین مختلف بوده است (Salarijazi and Ghorbani, 2019; Hooshmand et al., 2013). سری بالاتر از حد آستانه: استخراج سری بالاتر از حد آستانه بر مبنای انتخاب وقایع با مقادیری بالاتر از یک آستانه مشخص می‌باشد. تطابق سری بالاتر از حد آستانه با واقعیت رویداد سیلاب مناسب و منطقی است (Nagy et al., 2017). بنابراین ممکن است که در یک سال چند نمونه حدی وجود داشته باشد و یا احتمال دارد که یک نمونه حدی در یک سال اتفاق بیافتد و یا اینکه در یک سال داده‌های بالاتر از آستانه انتخاب شده وجود نداشته باشد. دو نکته مهم در استخراج سری‌های بالاتر از حد آستانه باید مد نظر قرار بگیرد. نکته اول انتخاب حد آستانه و نکته دوم معیارهای مقداری و زمانی می‌باشد. مقدار حد آستانه باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا نسبت به نمونه گیری رویدادهای حدی اقدام شود و از ورود مقادیر کوچک، که می‌توانند بر هم زننده هدف بررسی باشند، جلوگیری نماید (Madsen et al., 1997). از طرفی دیگر اگر مقدار حد آستانه بزرگ انتخاب شود منجر به انتخاب نمونه‌ای کوچک می‌گردد که این موضوع خود منجر به تولید سری زمانی با داده‌های ناکافی برای تعیین پارامتر و نیز پراکندگی بالاداده‌ها خواهد شد (Coles., 2007). در این تحقیق از ویژگی مهم توزیع پارتو تعمیم یافته، که بیان می‌کند یک توزیع پارتو تعمیم یافته برآورد شده با نمونه کوچک شده به صورت توزیع پارتو تعمیم یافته با نمونه اولیه باقی می‌ماند، برای تعیین حد آستانه استفاده شده است. (Madsen et al., 1997) از فرآیند زیر برای

جدول ۲- تحلیل واریانس مدل ۱ (حالت اول)

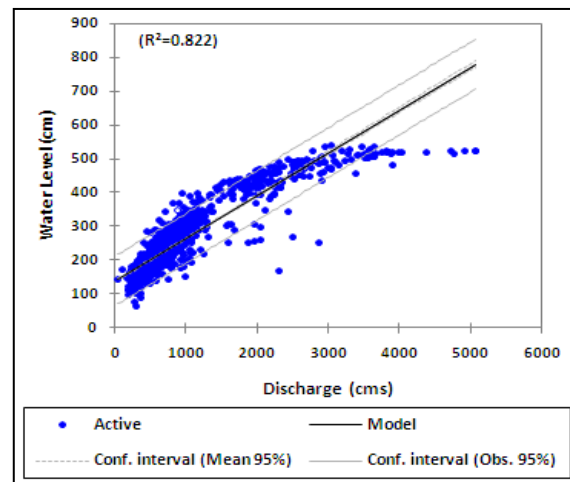
منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
------	------------	--------------	----------------	---	--------

مدل	۱	۱۵۹۵۲۶۴۹/۲۱۴	۱۵۹۵۲۶۴۹/۲۱۴	۱۱۳۹۱/۳۵۲	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴۶۴	۳۴۵۰۶۲۸/۹۰۴	۳۴۵۰۶۲۸/۹۰۴	۱۴۰۰/۴۱۸	
مجموع	۲۴۶۵	۱۹۴۰۳۲۷۸/۱۱۹	۱۹۴۰۳۲۷۸/۱۱۹		

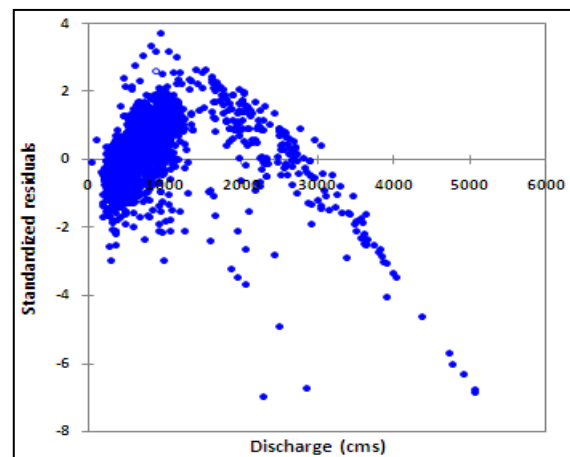
تراز سطح آب (متر) = $۱۳۸/۱۶ + ۰/۱۲۶۶ * \text{دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ضریب تبیین = $۰/۸۲۲$

تحلیل نتایج در جدول ۲ نشان می‌دهد که رابطه خطی مستخرج شده در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار است. شکل ۱ (الف) مدل خطی برازش یافته را نشان می‌دهد که شکل مذکور بیانگر اینست که تغییرات داده‌ها به شکل نسبتاً مناسبی توسط مدل توصیف می‌شود. شکل ۱ (ب) تغییرات باقیمانده خطاها را نسبت به متغیر مستقل نشان می‌دهد که این شکل بیانگر اینست که واریانس باقیمانده خطا ثابت نیست و از این نظر مدل خطی به خوبی نتوانسته مفروضات خود را حفظ کند. شکل ۱ (ج) نیز بیانگر اینست که باقیمانده‌های خطا دارای توزیع نرمال نمی‌باشند بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که علیرغم ضریب تبیین مناسب و معنی داری آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد مدل خطی از کارایی مناسبی برخوردار نمی‌باشد. با در نظر گرفتن تحلیل فوق کارایی مدل‌های غیر خطی ساده که با استفاده از تبدیل‌های ریاضی به فرم خطی در می‌آیند مد نظر قرار گرفت. جداول ۳ تا ۶ و نیز اشکال ۲ تا ۵ بیانگر نتایج تحلیل مدل‌های غیر خطی می‌باشند.

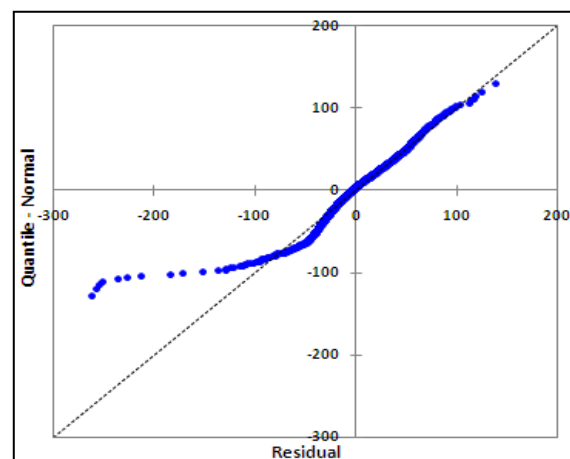
نتایج جدول‌های ۳ تا ۶ نشان می‌دهد که رابطه‌های غیر خطی همگی در سطح اعتمادپذیری ۹۹ درصد معنی دار هستند. با در نظر گرفتن مقادیر ضریب تبیین به عنوان شاخص برازش انواع مدل‌های غیر خطی می‌توان نتیجه گرفت که رابطه ۲ و ۴ بهترین بهترین برازش را بر داده‌ها دارند. با در نظر گرفتن ثبات واریانس مشخص می‌شود که رابطه خطی دارای ثبات واریانس نیست در حالیکه تبدیل‌های اعمال شده در رابطه‌های ۲ و ۴ تا حدی منجر به ثبات واریانس شده‌اند. نیز تحلیل باقیمانده‌های خطا نشان می‌دهد که باقیمانده‌ها در مدل‌های مختلف دارای توزیع نرمال نیستند اما به شکل تقریبی می‌توان برای



شکل ۱ (الف)-مدل ۱ برازش یافته (حالت اول)



شکل ۱ (ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۱ (حالت اول)



شکل ۱ (ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۱ (حالت اول)

تحلیل نتایج شبیه سازی بر اساس ضریب تبیین نشان دهنده برتری نسبی مدل ۲ نسبت به مدل ۴ می باشد. با در نظر گرفتن معیار گرافیکی مشخص می شود مدل شماره ۲ در مقادیر پایین تراز سطح آب دارای برآورد مناسب و در مقادیر بالای تراز سطح آب دارای برآورد نسبتا کمتر نسبت به مقادیر مشاهداتی است در حالیکه مدل ۴ در مقادیر پایین تراز سطح آب دارای برآورد کمتر و در مقادیر بالای تراز سطح آب دارای برآورد نسبتا بیشتر نسبت به مقادیر مشاهداتی می باشد.

رابطه های ۲ و ۴ تا حدی توزیع باقیمانده ها را نرمال در نظر گرفت. بنابراین با در نظر گرفتن مجموع عوامل می توان به این نتیجه رسید که مدل های غیر خطی (شماره ۲ و شماره ۴) با در نظر گرفتن تبدیل ریاضی مختص به خود از یک طرف موجب بهبود نتایج مدل سازی تک متغیره نسبت به مدل خطی شده اند و از طرف دیگر فرضیات اساسی لازم را نسبت به مدل ساده خطی به شکل مناسبتری برآورده کرده اند. در ادامه با در نظر گرفتن دو مدل منتخب و داده های تخصیص یافته برای صحت سنجی (سی درصد داده-ها) کارایی این مدل ها بررسی شد. نتایج صحت سنجی در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۳- تحلیل واریانس مدل ۲ (حالت اول)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۴۵/۸۱۹	۴۵/۸۱۹	۱۵۷۴۹/۷۶۳	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴۶۴	۷/۱۸۶	۰/۰۰۳		
مجموع	۲۴۶۵	۵۲/۹۸۸			

لگاریتم تراز سطح آب (سانتیمتر) = $۱۳۸/۱۶ + ۰/۵۲۸۷ * \text{لگاریتم دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۸۶۵

جدول ۴- تحلیل واریانس مدل ۳ (حالت اول)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۱۹۵/۳۲۲	۱۹۵/۳۲۲	۵۶۱۸/۸۲۵	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴۶۴	۸۵/۶۵۴	۰/۰۳۵		
مجموع	۲۴۶۵	۲۸۰/۹۷۶			

لگاریتم طبیعی تراز سطح آب (سانتیمتر) = $۰/۵۸۹ + ۰/۴۴۳ * \text{لگاریتم دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۶۹۵

جدول ۵- تحلیل واریانس مدل ۴ (حالت اول)

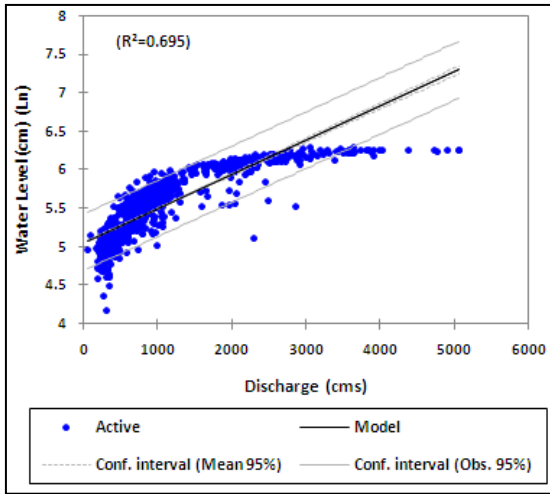
منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۱۷۰۵۱۸۷۵/۸۸۳	۱۷۰۵۱۸۷۵/۸۸۳	۱۷۷۸۴/۹۹۲	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴۶۴	۲۳۶۲۴۳۱/۳۵۱	۹۵۸/۷۷۹		
مجموع	۲۴۶۵	۱۹۴۱۴۳۰۷/۲۳۴			

تراز سطح آب (سانتیمتر) = $(-۶۶۴/۷۹۲) + ۳۲۲/۵۵۶۶ * \text{لگاریتم دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۸۷۸

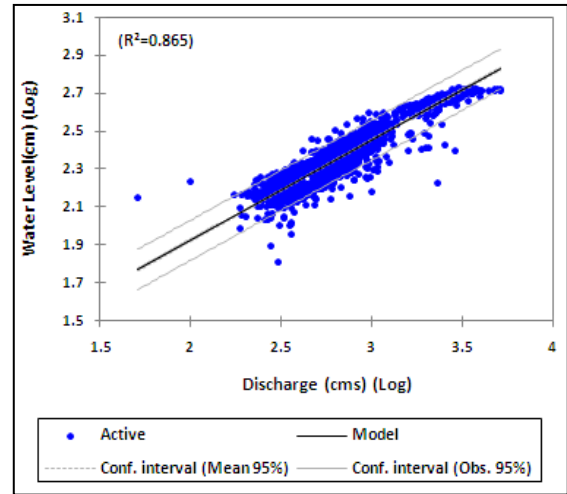
جدول ۶- تحلیل واریانس مدل ۵ (حالت اول)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۵۲۸۳/۷۳۹	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴۶۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰		
مجموع	۲۴۶۵	۰/۰۰۵			

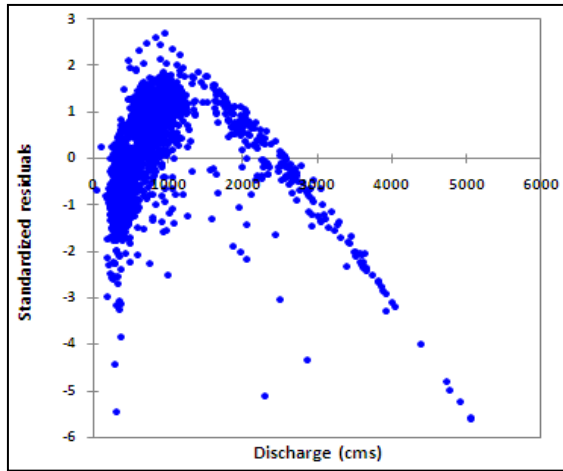
(۱/تراز سطح آب) (متر) = $0.024 + 1/2268 * (1/دبی)$ (متر مکعب بر ثانیه)، ضریب تبیین = 0.682



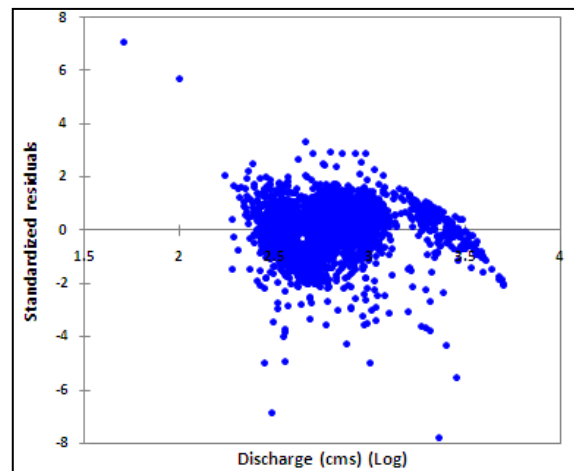
شکل ۳ (الف) - مدل ۳ برازش یافته (حالت اول)



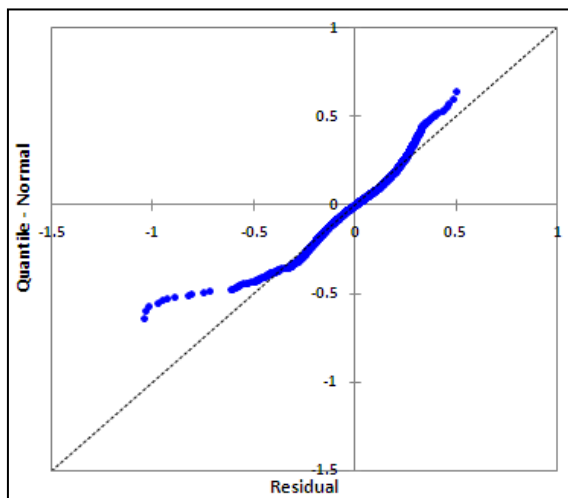
شکل ۲ (الف) - مدل ۲ برازش یافته (حالت اول)



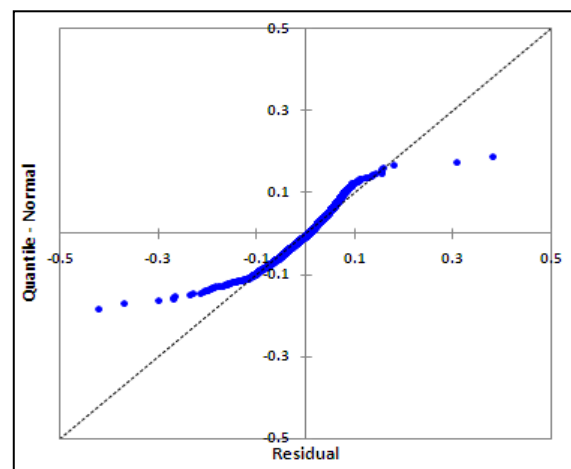
شکل ۳ (ب) - باقیمانده‌های خطای استاندارد شده - متغیر مستقل مدل ۳ (حالت اول)



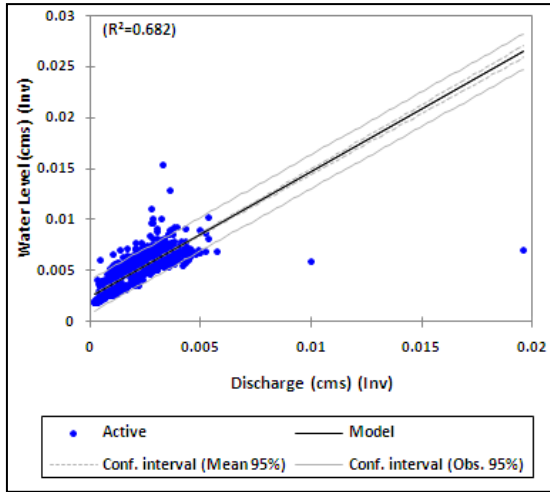
شکل ۲ (ب) - باقیمانده‌های خطای استاندارد شده - متغیر مستقل مدل ۲ (حالت اول)



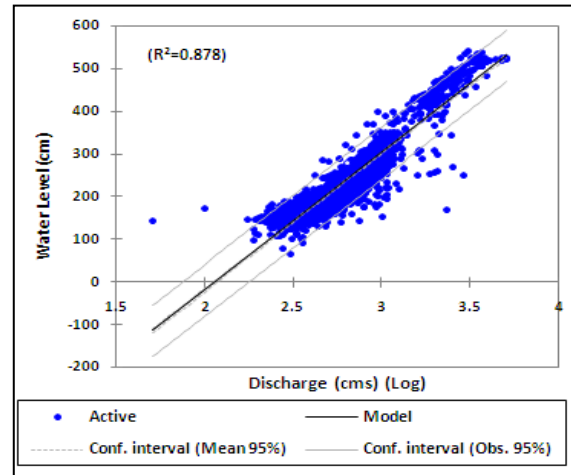
شکل ۳ (ج) - نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۳ (حالت اول)



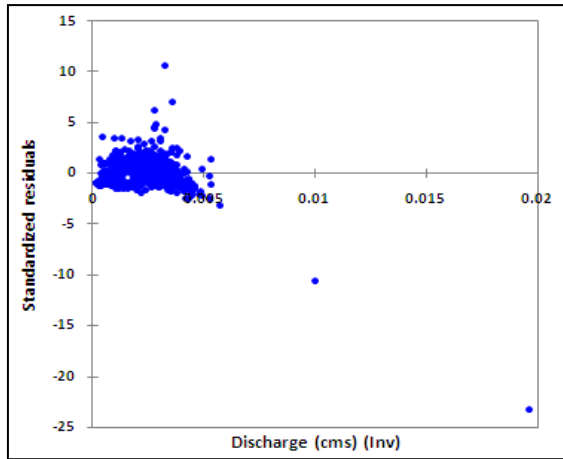
شکل ۲ (ج) - نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۲ (حالت اول)



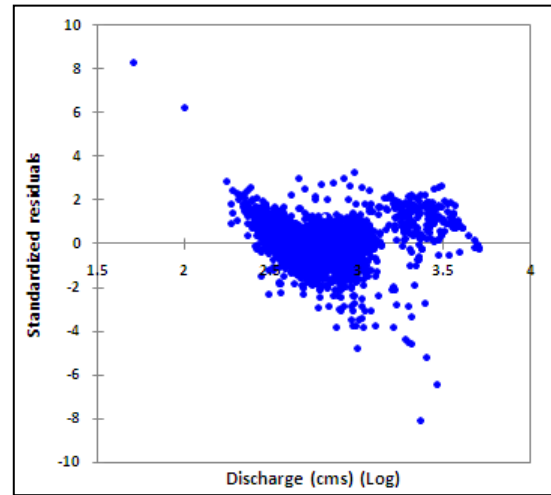
شکل ۵(الف)-مدل ۵ برازش یافته(حالت اول)



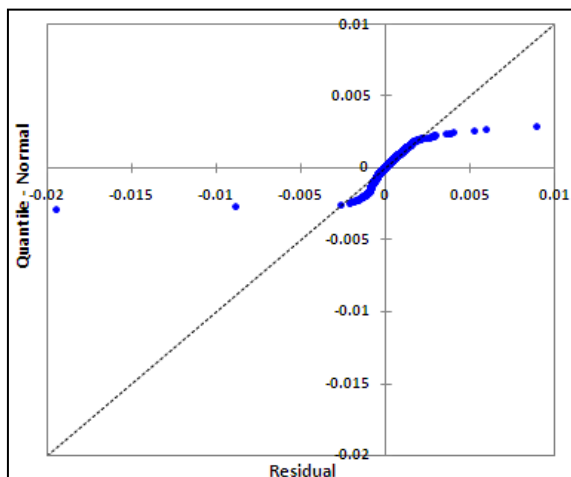
شکل ۴(الف)-مدل ۴ برازش یافته (حالت اول)



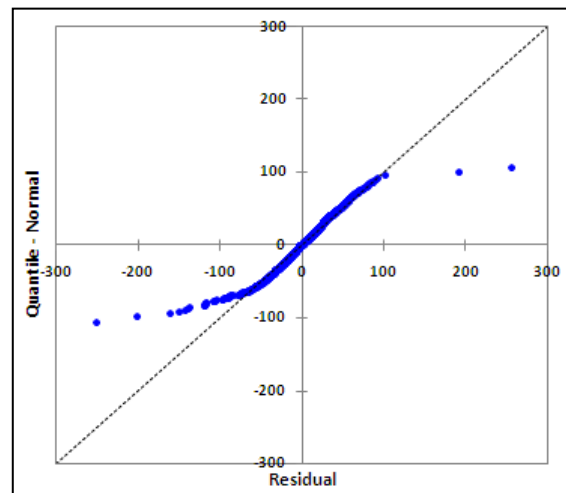
شکل ۵(ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۵ (حالت اول)



شکل ۴(ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۴ (حالت اول)

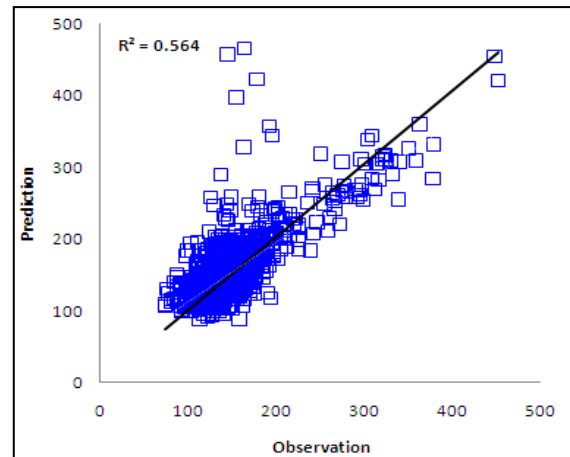


شکل ۵(ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۵ (حالت اول)

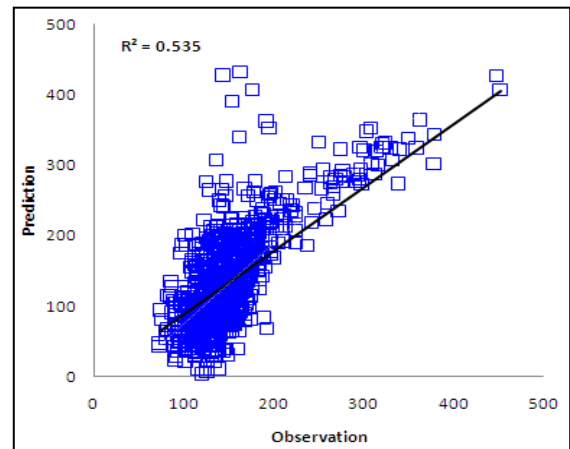


شکل ۴(ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۴ (حالت اول)

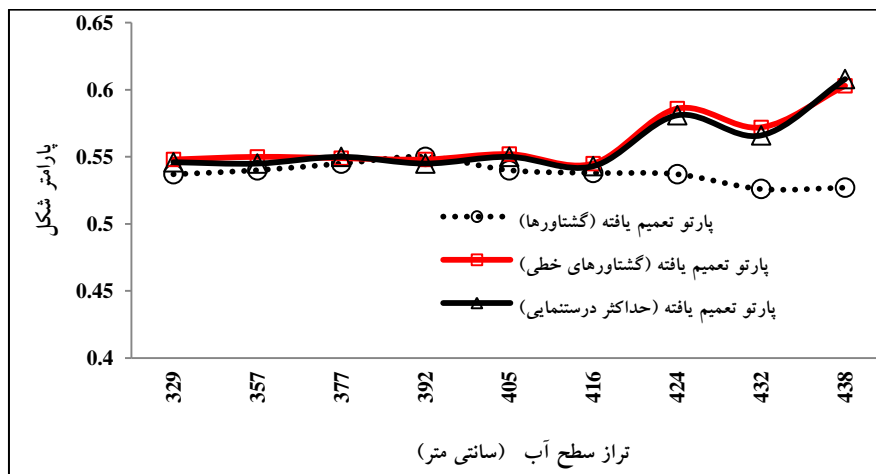
استخراج وقایع سیلاب جزر و مدی بر اساس تحلیل سری بالاتر از حد آستانه: در این مطالعه تحلیل سری بالاتر از حد آستانه به عنوان یک ابزار کاربردی برای استخراج رویدادهای سیلابی در نظر گرفته شد. در این تحلیل نیاز است تا یک مقدار به عنوان حد آستانه رویداد در نظر گرفته شود تا مقادیر مشاهده شده بالاتر از آن مقدار به عنوان نمونه‌های منتخب تحلیل شوند. با توجه به مزایای کاربردی سری‌های بالاتر از حد آستانه در بهبود کمی و کیفی نمونه مورد نظر برای تحلیل، استخراج سری بالاتر از حد آستانه متغیر حداکثر تراز سطح آب در ایستگاه دارخوین نیز مد نظر قرار گرفت. بر اساس فرآیند تشریح شده در توضیحات قبلی بر اساس معیارهای زمان و مقدار مناسب و نیز در نظر گرفتن استقلال بین عضوهای نمونه، نمودار مورد نیاز (مقادیر پارامتر شکل در توزیع پارتو تعمیم یافته متناظر با سطوح مختلف حد آستانه) ترسیم شد. برای این متغیر معیار مقدار برابر با 0.5 و معیار زمانی برابر با 5 روز در نظر گرفته شد. در شکل ذیل نمودار بیان شده ترسیم شده است.



شکل ۶(الف)-صحت سنجی مدل ۲ (حالت اول)



شکل ۶(ب)-صحت سنجی مدل ۴ (حالت اول)



شکل ۷- برآورد حد آستانه تراز سطح آب (ایستگاه دارخوین)

حد آستانه برای برآورد داده‌های سیلابی مورد استفاده قرار گرفت. مدل‌های تک متغیره با در نظر گرفتن سیلاب‌های جزر و مدی (حالت دوم): با در نظر گرفتن حد آستانه استخراج شده بر مبنای تحلیل سری بالاتر از حد

با توجه به شکل مقدار تراز سطح آب $392/12$ سانتی متر به عنوان حد آستانه انتخاب شد. با در نظر گرفتن حد آستانه، سری بالاتر از حد آستانه تراز سطح آب در ایستگاه دارخوین استخراج شد و مقدار تعیین شده

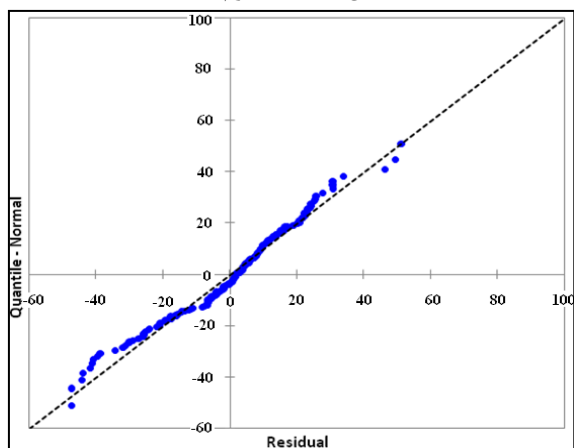
(واسنجی) و دسته دوم شامل سی درصد داده‌ها است که برای صحت سنجی در نظر گرفته شد. در این مرحله نیز در ابتدا مدل تک متغیره خطی بر داده‌ها برازش داده شد. نتایج مدل خطی در جدول ۷ و شکل ۸ بیان شده است.

جدول ۷-تحلیل واریانس مدل ۱ (حالت دوم)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۱۵۲۵۴۳/۸۸۹	۱۵۲۵۴۳/۸۸۹	۳۸۷/۳۸۴	<۰/۰۰۰۱
خطا	۱۴۲	۵۵۹۱۶/۷۵۰	۳۹۳/۷۸۰		
مجموع	۱۴۳	۲۰۸۴۶۰/۶۳۹			

تراز سطح آب (سانتیمتر) = $۰.۷۷ + ۳۶۶/۰۴ * \text{دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = $۰/۷۳۲$

شکل ۸(ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۱ (حالت دوم)

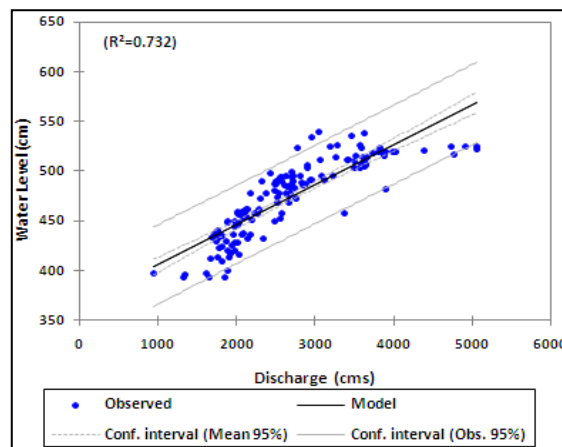


شکل ۸(ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۱ (حالت دوم)

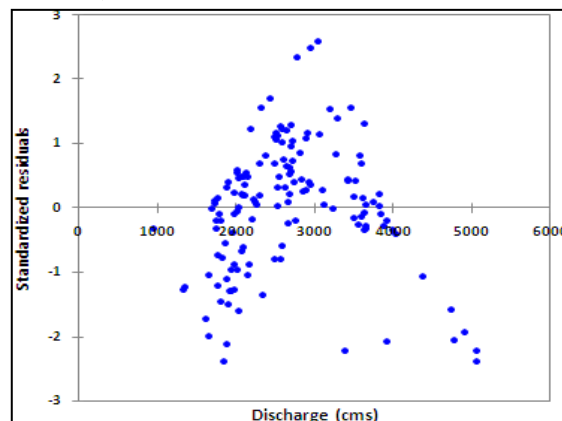
بر این اساس مدل‌های غیر خطی نیز بر این داده‌ها برازش داده شد که جزئیات نتایج در شکل‌های ۹-۱۲ و نیز جداول ۸-۱۱ ارائه شده است. تحلیل نتایج جداول ۸ تا ۱۱ بیانگر اعتمادپذیری و پذیرش مدل‌های غیر خطی در سطح اعتماد ۹۹ درصد است اما بررسی دقیق‌تر نمودارهای وابسته به این تحلیل در شکل‌های ۹ تا ۱۲ مانند حالت قبلی نشان دهنده اینست که در بین مدل‌های مورد بررسی مدل‌های ۲ و ۴ به شکل نسبتاً مناسبی مفروضات مدل را برآورده کرده اند و بنابراین به عنوان مدل‌های منتخب در نظر گرفته می‌شوند. با در نظر گرفتن مدل‌های منتخب و نیز داده‌های بخش صحت سنجی

آستانه، سری داده‌های سیلابی تخمین زده شد. بر این اساس تعداد ۲۰۶ جفت داده مشاهداتی به عنوان داده‌های سیلابی در نظر گرفته شد. در این حالت نیز داده‌ها به دو دسته تقسیم شد که دسته اول شامل هفتاد درصد داده‌ها است که برای مدل سازی

تحلیل نتایج ارائه شده در جدول ۷ و شکل ۸ (الف) نشان دهنده معنی داری آماری مدل خطی برای داده‌های سیلابی در سطح اعتماد ۹۹ درصد و برازش نسبتاً مناسب گرافیکی است اما تحلیل باقیمانده‌ها در شکل‌های ۸ (ب) و ۸ (ج) نشان دهنده عدم برآورده شدن مفروضات مدل خطی است.



شکل ۸ (الف)-مدل ۱ برازش یافته (حالت دوم)



مانند حالت قبلی مدل ۲ را می‌توان به عنوان مدل منتخب در نظر گرفت.

مقایسه نتایج در دو حالت: در این مطالعه تحلیل داده-ها در دو حالت صورت گرفته است. حالت اول شامل در نظر گرفتن مجموعه کامل داده‌ها و حالت دوم شامل در نظر گرفتن بخشی از داده‌ها به عنوان داده-های رویدادهای سیلابی بوده است. بدیهی است که می‌توان انتظار داشت که مدل‌های برازش داده شده یکسان بر دو مجموعه بیان شده دارای نتایج متفاوت باشند.

کارآیی این دو مدل مورد بررسی قرار گرفت. شکل ذیل بیانگر کارآیی مدل‌های مذکور در حالت سیلاب جزر و مدی می‌باشد.

بررسی معیار ضریب تبیین در تحلیل نتایج شبیه-سازی مدل‌های منتخب بیانگر برتری بسیار جزئی مدل ۲ می‌باشد اما با در نظر گرفتن معیار گرافیکی مشخص می‌شود که به طور نسبی پیش بینی‌ها در مدل ۲ نسبت به مدل ۴ دارای تغییر پذیری کمتری هستند بنابراین در حالت سیلاب جزر و مدی نیز

جدول ۸- تحلیل واریانس مدل ۲ (حالت دوم)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۵۵۲/۴۱۲	<۰/۰۰۰۱
خطا	۱۴۲	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰		
مجموع	۱۴۳	۰/۱۸۲			

لگاریتم تراز سطح آب (سانتیمتر) = $۱/۸۳۸ + ۰/۲۴۵ * \text{لگاریتم دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۷۹۶

جدول ۹- تحلیل واریانس مدل ۳ (حالت دوم)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۰/۶۹۲	۰/۶۹۲	۳۶۲/۱۰۳	<۰/۰۰۰۱
خطا	۱۴۲	۰/۲۷۱	۰/۰۰۲		
مجموع	۱۴۳	۰/۹۶۳			

لگاریتم طبیعی تراز سطح آب (سانتیمتر) = $۵/۹۲۸ + ۰/۰۰۰۱ * \text{دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۷۱۸

جدول ۱۰- تحلیل واریانس مدل ۴ (حالت دوم)

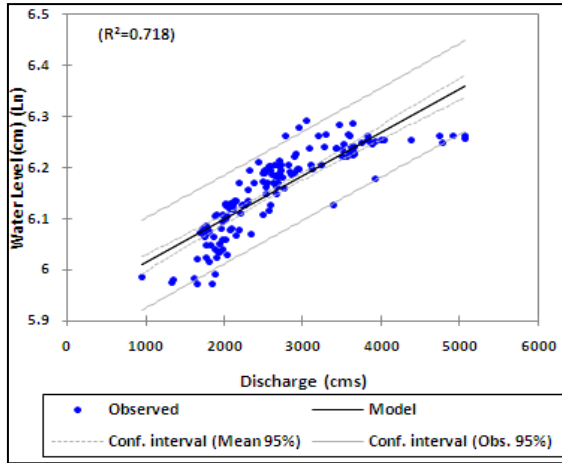
منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۱۶۷۱۳۸/۸۷۶	۱۶۷۱۳۸/۸۷۶	۵۷۴/۳۶۴	<۰/۰۰۰۱
خطا	۱۴۲	۴۱۳۲۱/۷۶۳	۲۹۰/۹۹۸		
مجموع	۱۴۳	۲۰۸۴۶۰/۶۳۹			

تراز سطح آب (سانتیمتر) = $۴۲۵/۵۰۹ + ۲۶۳/۷۸۸ * \text{لگاریتم دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۸۰۲

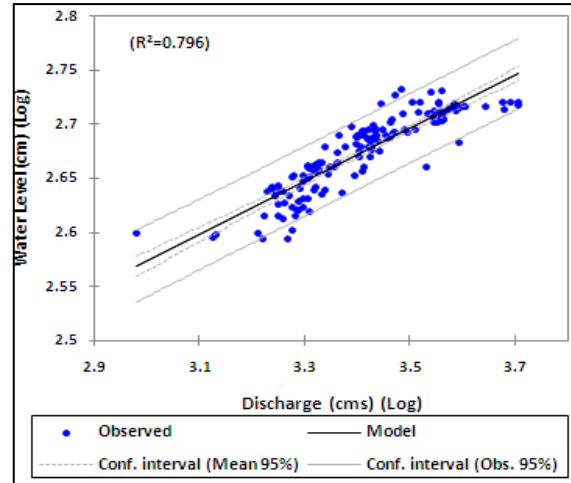
جدول ۱۱- تحلیل واریانس مدل ۵ (حالت دوم)

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr > F
مدل	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۵۲۰/۲۳۶	<۰/۰۰۰۱
خطا	۱۴۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		
مجموع	۱۴۳	۰/۰۰۰			

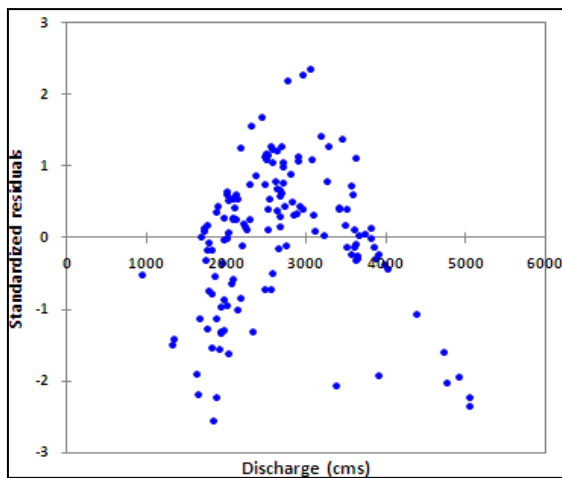
(۱/تراز سطح آب) (سانتیمتر) = $۱/۲۶۲ + ۰/۰۰۲ * \text{دبی (متر مکعب بر ثانیه)}$ ، ضریب تبیین = ۰/۷۸۶



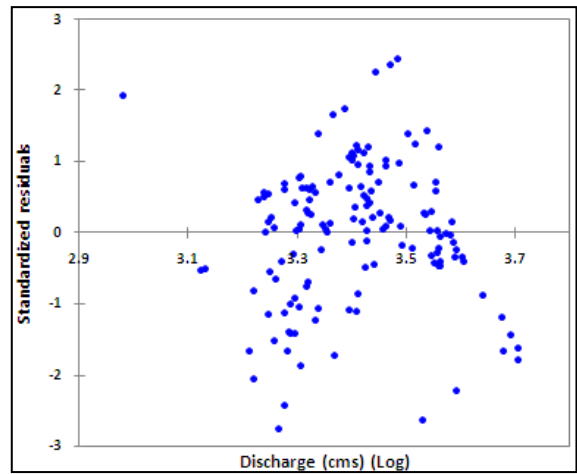
شکل ۱۰ (الف)-مدل ۳ برازش یافته (حالت دوم)



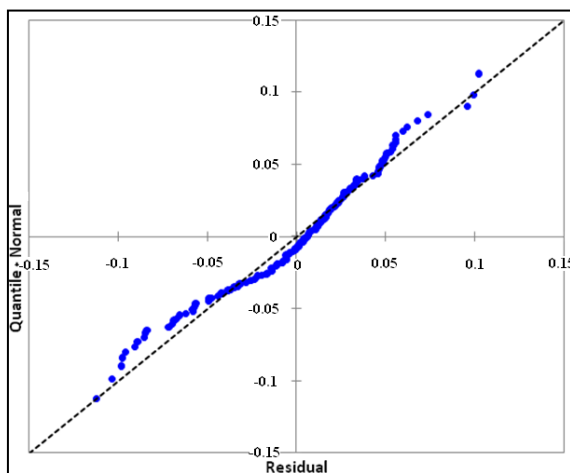
شکل ۹ (الف)-مدل ۲ برازش یافته (حالت دوم)



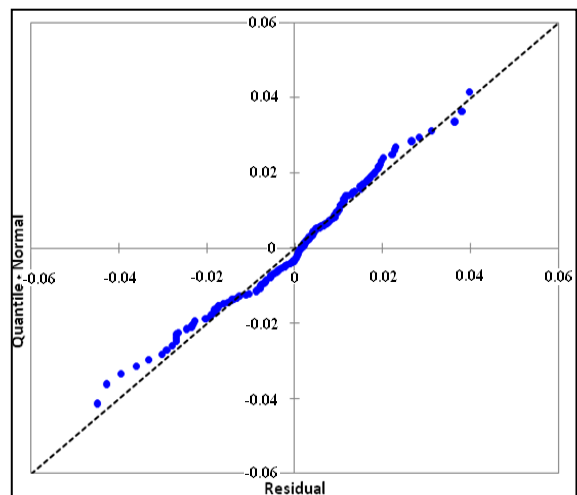
شکل ۱۰ (ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۳ (حالت دوم)



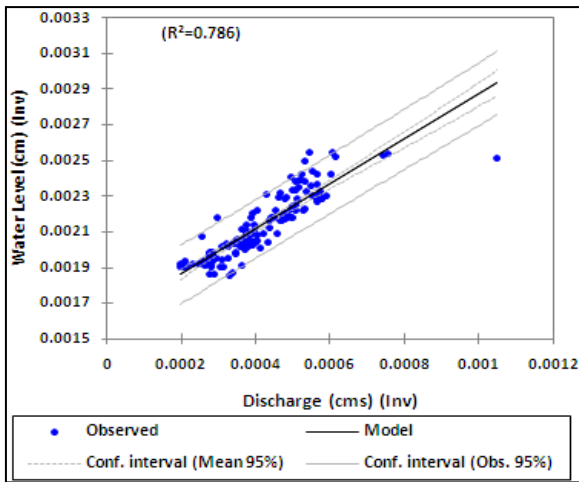
شکل ۹ (ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۲ (حالت دوم)



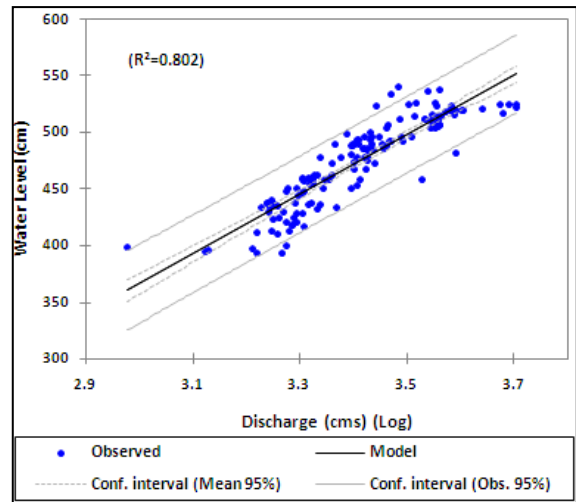
شکل ۱۰ (ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۳ (حالت دوم)



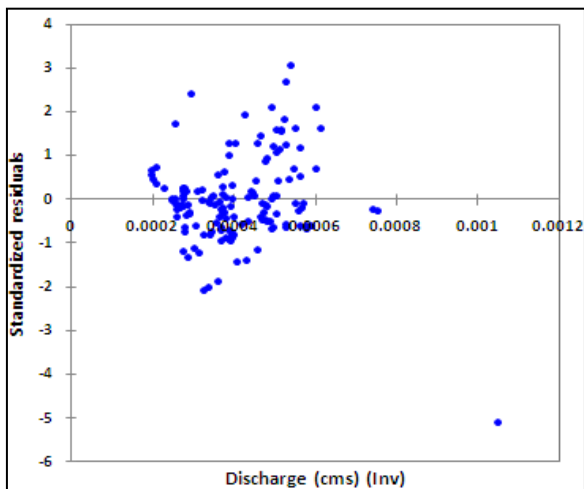
شکل ۹ (ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۲ (حالت دوم)



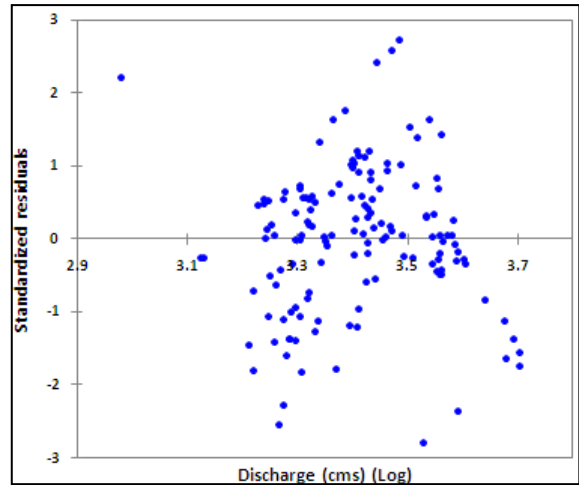
شکل ۱۲ (الف)-مدل ۵ برازش یافته (حالت دوم)



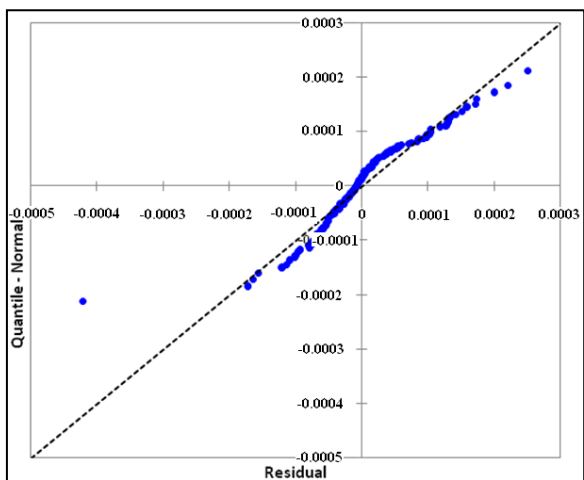
شکل ۱۱ (الف)-مدل ۴ برازش یافته (حالت دوم)



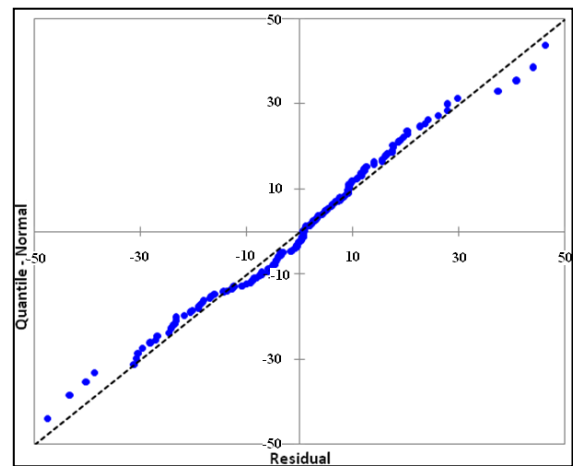
شکل ۱۲ (ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۵ (حالت دوم)



شکل ۱۱ (ب)-باقیمانده‌های خطای استاندارد شده-متغیر مستقل مدل ۴ (حالت دوم)



شکل ۱۲ (ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۵ (حالت دوم)

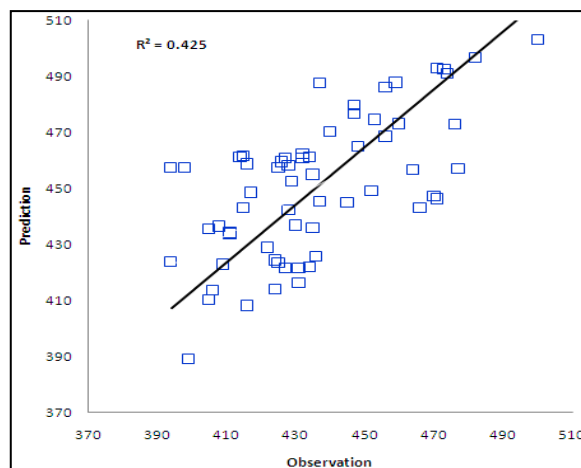


شکل ۱۱ (ج)-نمودار Q-Q باقیمانده خطا مدل ۴ (حالت دوم)

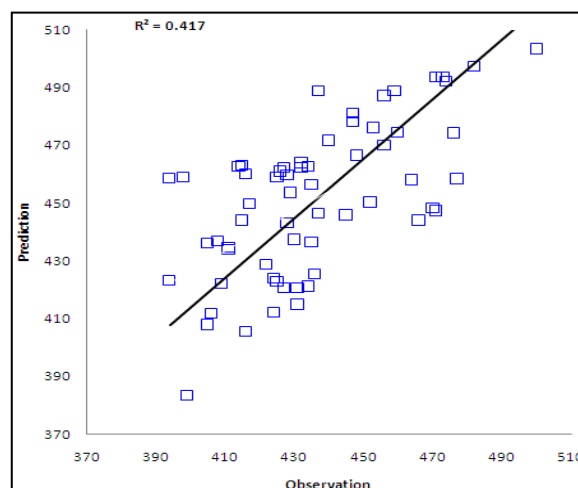
تبدیل شده است. در این مدل ضریب تبیین در حالت اول ۰/۶۹۵ و در حالت دوم ۰/۷۱۸ می‌باشد. اگر چه در حالت استفاده از داده‌های سیلابی مدل دارای برازش بهتری نسبت به حالت استفاده از مجموعه کامل داده‌های ثبت شده بوده است اما این تفاوت بسیار اندک می‌باشد. مدل ۴ مدل غیرخطی لگاریتمی است که با یک تبدیل لگاریتمی تبدیل به مدل خطی می‌شود. در حالت اول ضریب تبیین مدل ۰/۸۷۸ و در حالت دوم این معیار برابر با ۰/۸۰۲ بدست آمده است. بنابراین مدل ۴ مانند مدل‌های ۱ و ۲ دارای برازش بهتر بر کل داده‌ها نسبت به داده‌های سیلابی است. مدل ۵ نیز یک مدل غیر خطی است که با تبدیل‌های ریاضی به مدل خطی تبدیل شده است. در این مدل در حالت اول ضریب تبیین برابر با ۰/۶۸۲ و در حالت دوم برابر با ۰/۷۸۶ بوده است به عبارتی مانند مدل ۳ در حالت استفاده از داده‌های سیلابی مدل دارای برازش بهتری نسبت به استفاده از مجموعه کامل داده‌ها است و این تفاوت بر خلاف مدل ۳ قابل صرف نظر کردن نمی‌باشد.

۴. بحث و نتیجه گیری

پیش بینی تراز سطح آب در بازه‌های جزر و مدی رودخانه‌ها یک ابزار مفید برای برنامه ریزی‌های مختلف عمرانی، زیست محیطی و کشاورزی برای مناطق مجاور رودخانه‌هاست. بازه‌های جزر و مدی رودخانه محل اندرکنش جریان‌های رودخانه‌ای بالادست و جریان‌های جزر و مدی پایین‌دست است که موجب پیچیدگی شبیه سازی تحلیل‌های هیدرولیکی می‌گردد. از طرفی این‌گونه تحلیل‌ها نیازمند دسترسی به دامنه وسیعی از داده‌ها و صرف زمان و هزینه نسبتاً بالا است. استفاده از مدل‌های مبتنی بر تحلیل داده‌ها ابزاری مناسب به عنوان راه حل جایگزین است. در این مطالعه استفاده از روابط تک متغیره که تراز سطح آب در بازه جزر و مدی را به صورت تابعی از دبی جریان در بالادست در نظر بگیرد، به عنوان یک راه حل اولیه مد نظر قرار گرفت. برای



شکل ۱۳(الف)-صحت سنجی مدل ۲ (حالت دوم)



شکل ۱۳(ب)-صحت سنجی مدل ۴ (حالت دوم)

با توجه به اینکه معیار عددی مورد توجه در این مطالعه ضریب تبیین بوده است تفاوت نتایج مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. مدل ۱ مدل خطی بوده است. در حالت اول ضریب تبیین مدل ۰/۸۳۲ و در حالت دوم این معیار به ۰/۷۳۲ کاهش یافته است. بنابراین تمرکز بر داده‌های سیلابی موجب شده که اعتبار مدل ۱ کاهش بیابد. مدل ۲ مدل غیرخطی توانی است که با تبدیل لگاریتم تبدیل به مدل خطی شده است. ضریب تبیین مدل در حالت اول ۰/۸۶۵ و در حالت دوم ۰/۷۹۶ می‌باشد. در این مدل نیز حذف داده‌های ثبت شده در وقایع غیر سیلابی موجب کاهش اعتبار مدل شده است. مدل ۳ مدل نمایی است که با یک تبدیل لگاریتم طبیعی به مدل خطی

شده اند. ب-همچنان در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار هستند. ج-موجب بهبود نتایج تحلیل باقیمانده‌های مدل نسبت به مدل خطی شده اند. بنابراین با در نظر گرفتن دو مدل بیان شده و به کارگیری داده‌های جدا شده برای صحت سنجی، کارآیی این دو مدل در دو حالت بررسی شد. تحلیل نتایج صحت سنجی نشان می‌دهد که در هر دو حالت ضریب تبیین مدل ۲ از مدل ۴ تاحدی بالاتر است. نیز تحلیل گرافیکی نشان دهنده برتری نسبی مدل ۲ نسبت به مدل ۴ می‌باشد. بنابراین با نگاه دقیق تر به مدل سازی ساده تک متغیره مشخص می‌شود استفاده از مدل توانی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب برای مدل سازی تک متغیره برای پیش بینی تراز سطح آب در بازه جزر و مدی بر اساس دبی جریان بالادست در هر دو حالت استفاده از مجموعه کامل داده‌ها و استفاده از داده‌های سیلابی مدنظر قرار گیرد. نیز برای دو مدل منتخب یعنی مدل ۲ و ۴ و نیز به طور متوسط برای مدل‌های مورد بررسی ضریب تبیین در حالت استفاده از کل داده‌ها نسبت به حالت استفاده از داده‌های سیلابی بالاتر است. اگر چه مدل‌های منتخب کارایی مناسبی در حالت استفاده از داده‌های سیلابی دارند اما به طور مشخص می‌توان نتیجه گیری کرد که مدل‌های منتخب برای داده‌های حدی بالا دارای اعتمادپذیری کمتری نسبت به داده‌های میانی و حدی پایینی می‌باشند. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌گردد کارآیی مدل‌های ساده و مفهومی دیگر برای داده‌های حدی بالا نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

Abdolkhanian, N., Elmizadeh, H., Dadollahi Sohrab, A., Savari, A., and FayazMohammadi, M. 2018. Comparing Modeling of Pollution in Arvand River in the Dry and Wet Seasons. *Journal of Marine Science and Technology*, 16(4): 13-24.

Adib, A. 2008. Determining water surface elevation in tidal rivers by ANN. *Proceedings of the ICE-Water Management*, 161(2): 83-88.

این مطالعه بازه اهواز-خرمشهر در نظر گرفته شد. برای ارایه رابطه بیان شده از اطلاعات و داده‌های ایستگاه اهواز برای متغیر دبی جریان و از اطلاعات ایستگاه دارخوین برای اطلاعات تراز سطح آب استفاده شد. با در نظر گرفتن این حقیقت که استفاده از مجموعه کامل داده‌ها و نیز استفاده از داده‌های سیلابی می‌تواند منجر به نتایج متفاوت در مدل سازی شود مفهوم سری بالاتر از حد آستانه به عنوان ابزاری برای جداسازی سری داده‌های سیلابی در نظر گرفته شد. بر این اساس داده‌ها در دو حالت تبدیل شد. حالت اول استفاده از مجموعه کامل داده‌ها شامل جفت داده مشاهداتی و حالت دوم شامل انتخاب زیرمجموعه‌ای از حالت اول به عنوان داده‌های سیلابی (براساس تحلیل سری‌های بالاتر از حد آستانه) در برگیرنده ۲۰۶ جفت داده بوده است. در هر دو حالت هفتاد درصد داده‌ها برای مدل سازی و سی درصد داده‌ها برای صحت سنجی در نظر گرفته شد. در ابتدا مدل خطی در هر دو حالت داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بر طبق تحلیل واریانس و معیار ضریب تبیین مدل خطی در هر دو حالت قابل پذیرش می‌باشد اما با در نظر گرفتن جزئیات کامل تری مانند تحلیل باقیمانده‌ها مشخص می‌شود مدل خطی در این زمینه کارا نمی‌باشد. بنابراین چهار مدل غیر خطی که با تبدیل‌های ریاضی به مدل خطی تبدیل می‌شوند در نظر گرفته شد. نتایج تحلیل این مدل‌ها نشان داد که در بین چهار مدل مورد بررسی مدل ۲ و ۴ (مدل غیر خطی ۱ و ۳ که دارای ماهیت توانی و لگاریتمی هستند) در هر دو حالت:

الف-موجب بهبود ضریب تبیین نسبت به مدل خطی Akbari, P., Sadrinasab, M., Chegini, V., and Siadat Mousav, SM. 2017. Study of tidal components amplitude distribution in the Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea using numerical simulation. *Journal of Marine Science and Technology*, 16(3): 27-41.

Armstrong, W. H., Collins, M. J., and Snyder, N. P. 2012. Increased Frequency of Low Magnitude Floods in New England. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 48(2): 306-320.

- Coles, S. 2007. An introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer Series in Statistics. 210p.
- Echenique-Subiabre, I., Dalle, C., Duval, C., Heath, M. W., Couté, A., Wood, S. A., ... and Quiblier, C. 2016. Application of a spectrofluorimetric tool (bbe BenthosTorch) for monitoring potentially toxic benthic cyanobacteria in rivers. *Water research*, 101: 341-350.
- El-Jabi, N., Wakim, G., and Sarraf, S. 1992. Stage-discharge relationship in tidal rivers. *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering*, 118(2): 166-174.
- Heidarzadeh, M., Moosavi nadooshani, S.S., Mahdipoor, A. 2011. Development of the QDF models using partial duration series, case study: Soltani station on Halilrood river. *Watershed Management and Engineering*, 2(4): 237-250.
- Hooshm, A., Salarijazi, M., Bahrami, M., Zahiri, J., and Soleimani, S. 2013. Assessment of pan evaporation changes in South Western Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 8(16): 1449-1456.
- Kisi, Ö., and Çobaner, M. 2009. Modeling River Stage-Discharge Relationships Using Different Neural Network Computing Techniques. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 37(2): 160-169.
- Li, G. F., Tan, Y., and Zhang, X. J. 2006. Influence of upstream discharge in tidal level prediction for tidal reaches. *Journal of Hohai University (Natural Sciences)*, 34(2): 144-147.
- Li, G., Xiang, X., Wu, J., and Tan, Y. 2011. Long-Term Water-Level Forecasting and Real-Time Correction Models in the Tidal Reach of the Yangtze River. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(11): 1437-1442.
- Madsen, H., Rasmussen, P.F., Rosbjerg, D. 1997. Comparison of annual maximum series and partial duration series methods for modeling extreme hydrologic events 1. At-site modeling. *Water Resources Research*. 33(4): 747-757.
- Moslemzadeh, M., Salarizazi, M., and Soleymani, S. 2011. Application and assessment of kriging and cokriging methods on groundwater level estimation. *Journal of American Science*, 7(7): 34-39.
- Nagy, B. K., Mohssen, M., and Hughey, K. F. D. 2017. Flood frequency analysis for a braided river catchment in New Zealand: Comparing annual maximum and partial duration series with varying record lengths. *Journal of Hydrology*, 547: 365-374.
- Pinya, M.A.S., Madsen, H., Rosbjerg, D. 2009. Assessment of the risk of inland flooding in a tidal sluice regulated catchment using multivariate statistical techniques. *Physics and Chemistry of the Earth*. 34(10-12): 662-669.
- Roscoe, K., Caires, S., Diermanse, F., Groeneweg, J. 2010. Extreme offshore wave statistics in the North Sea. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 133: 47-58.
- Rose, L., and Bhaskaran, P. K. 2017. Tidal propagation and its non-linear characteristics in the Head Bay of Bengal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 188: 181-198.
- Sadeghian, M. S., Salarijazi, M., Ahmadianfar, I., and Heydari, M. 2016. Stage-Discharge relationship in tidal rivers for tidal condition. *Fresenius Environmental Bulletin*. 25 (10): 4111-4117.
- Salarijazi, M., and Ghorbani, K. 2019. Improvement of the simple regression model for river EC estimation. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(7), 235.
- Simmler, M., Bommer, J., Frischknecht, S., Christl, I., Kotsev, T., and Kretzschmar, R. 2017. Reductive solubilization of arsenic in a mining-impacted river floodplain: Influence of soil properties and temperature. *Environmental Pollution*, 231: 722-731.
- Supharatid, S. 2003. Application of a neural network model in establishing a stage-discharge relationship for a tidal river. *Hydrological processes*, 17(15): 3085-3099.
- Tsai, C. P., and Lee, T. L. 1999. Back-propagation neural network in tidal-level forecasting. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 125(4): 195-202.

Estimation of rating curve in river's tidal limit using long term and tidal flood data

Meysam Salarijazi[†]

Assistant Professor, Water Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Abstract

Estimation of the water level in river's tidal limit is a suitable tool for the tidal flood management for rivers that are located in coastal areas. In this limit, propagation of tidal waves along the river to the upstream and combination of these waves and upstream flood discharge leads to an increase in flood plain limit and risk of damage. In this study, the reach between Ahvaz and Khorramshahr in Karun River is selected as case study and different linear and non-linear models are investigated for prediction of water level as a function of flood discharge of upstream. The analysis is performed for two cases considering the nature of tidal flood. In first case, total recorded data is investigated while in second case tidal flood data is extracted based on peak over threshold series analysis. Analysis of residuals of models in two cases show that the linear models are not acceptable, therefore the transformed nonlinear models that are a form of linear models are considered for modeling too. The power equations with improved coefficient of determination, relatively constant variance and normal distribution of residuals of models are concluded from detailed analysis in calibration parts for two cases. These selected models are used for validation part for two cases. The results confirm the acceptability of these models considering their simplicity and better efficiency for first case than second case.

Keywords: Rating Curve, Tidal Limit, Analysis of Residuals of Model, Peak over Thresholds Series.

Table 1 Nonlinear function that can be linear using mathematical transformation

Table 2 Analysis of variance Model 1 (First condition)

Table 3 Analysis of variance Model 2 (First condition)

Table 4 Analysis of variance Model 3 (First condition)

Table 5 Analysis of variance Model 4 (First condition)

Table 6 Analysis of variance Model 5 (First condition)

Table 7 Analysis of variance Model 1 (Second condition)

Table 8 Analysis of variance Model 2 (Second condition)

Table 9 Analysis of variance Model 3 (Second condition)

Table 10 Analysis of variance Model 4 (Second condition)

Table 11 Analysis of variance Model 5 (Second condition)

Figure 1 (a) Fitted Model 1 (First condition)

Figure 1 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 1 (First condition)

Figure 1 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 1 (First condition)

Figure 2 (a) Fitted Model 2 (First condition)

Figure 2 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 2 (First condition)

Figure 2 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 2 (First condition)

Figure 3 (a) Fitted Model 3 (First condition)

Figure 3 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 3 (First condition)

Figure 3 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 3 (First condition)

Figure 4 (a) Fitted Model 4 (First condition)

Figure 4 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 4 (First condition)

* Corresponding author, E-mail: meysam.salarijazi@gmail.com

- Figure 4 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 4 (First condition)
Figure 5 (a) Fitted Model 5 (First condition)
Figure 5 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 5 (First condition)
Figure 5 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 5 (First condition)
Figure 6 (a) Validation of model 2 (First condition)
Figure 6 (b) Validation of model 4 (First condition)
Figure 7 Estimation of water level threshold (Darkhovein station)
Figure 8 (a) Fitted Model 1 (Second condition)
Figure 8 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 1 (First condition)
Figure 8 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 1 (Second condition)
Figure 9 (a) Fitted Model 2 (Second condition)
Figure 9 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 2 (Second condition)
Figure 9 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 2 (Second condition)
Figure 9 (a) Fitted Model 3 (Second condition)
Figure 10 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 3 (Second condition)
Figure 10 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 3 (Second condition)
Figure 11 (a) Fitted Model 4 (Second condition)
Figure 11 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 4 (Second condition)
Figure 11 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 4 (Second condition)
Figure 12 (a) Fitted Model 5 (Second condition)
Figure 12 (b) Standardized residuals-Independent variable of Model 5 (Second condition)
Figure 12 (c) The Q-Q plot of residuals of Model 5 (Second condition)
Figure 13 (a) Validation of model 2 (Second condition)

Figure 13 (b) Validation of model 4 (Second condition)