نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۰، ص. ۲۲۹-۲۱۶

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.2, May-Jun 2011, p. 216-229

مدل تصادفی پیش بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه شریانی براساس تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها

سمیه پوربخشیان[۱]- محمدرضا مجدزاده طباطبائی[۲]- سید سعید موسوی ندوشنی[۳]- شهرام منصوری[۴*]

تاریخ دریافت:۸۸/۴/۱۸
تاریخ پذیرش:۸۹/۱۲/۱

چکیده

مدلهای ریخت‌شناسی رودخانه به منظور فراهم آوردن یک بینش فیزیکی نسبت به واکنشهای ریخت‌شناسی و کمک به مهندسین رودخانه در مدیریت، طراحی و بهره برداری سیستمهای رودخانه، طراحی می‌شوند. در این راستا مدلهای قطعی بدلیل ساختار تصادفی و دینامیکی سیستم رودخانه ضعیف عمل می‌کنند، بخصوص که این مدلها نمی‌توانند شکل دقیق بستر رودخانه، بویژه رودخانه شریانی را به دلیل تغییرپذیری بستر رودخانه و نوسانات در هندسه مقطع عرضی، پیش‌بینی کنند. از آنجا که شیوه مدل تصادفی، تغییرپذیری رفتار سیستم رودخانه را با زمان رسیدگی می‌کند بنابراین ضرورت مدلسازی تصادفی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه ها و نوسانات بستر رودخانه لازم بنظر می‌رسد. ریخت‌شناسی بسیاری از رودخانه‌های جهان دستخوش یک سری از تغییرات وسیع شده که هم زمان توسعه آبشستگی موضعی رودخانه یک مسئله مهم در مهندسی رودخانه شده است. تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه در بازه شریانی توسط پارامتر شریانی قابل ارزیابی می‌باشد، بدین صورت که کاهش پارامتر شریانی سبب تغییر ریخت‌شناسی رودخانه از حالت شریانی به حالت مئاندری می‌شود، که این به نوبهٔ خود با افزایش عمق چاله فرسایشی همراه است. لذا جهت بررسی ارتباط آبشستگی بستر رودخانه شریانی با تغییر ریخت‌شناسی، یک مدل تصادفی براساس چهار پارامتر تراز بستر رودخانه، حداکثر دبی جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب رودخانه، ارائه شده است که در آن، به منظور مدلسازی سری زمانی حداکثر جریان ماهانه و پیش‌بینی مقدار و زمان وقوع آن از مدل استوکستیکی ARIMA و برای برآورد دبی رسوب از روشهای بگنولد، میر–پیتر و انیشتین برون استفاده شده است. مطالعه موردی بر روی داده‌های استخراج شده از رودخانه یاهاجی از کشور ژاپن انجام یافته است. مقایسه نتایج حاصل از مدل تصادفی با داده‌های واقعی نشان می‌دهدکه اگر برآورد بار بستر با روش بگنولد صورت گیرد، مدل به خوبی می‌تواند با پیش‌بینی مقطع عرضی رودخانه شریانی و بدنبال آن پیش‌بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه در چندین سال متوالی، تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه شریانی را پیش‌بینی کند. سیر نزولی مقادیر پیش‌بینی شده عمق آبشستگی بستر بیانگر تغییر مورفولوژی رودخانه یاهاجی در ایستگاه یونزو از حالت شریانی به مئاندری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه شریانی، آبشستگی موضعی، مدل تصادفی، ARIMA ، رگرسیون چندمتغیره غیرخطی

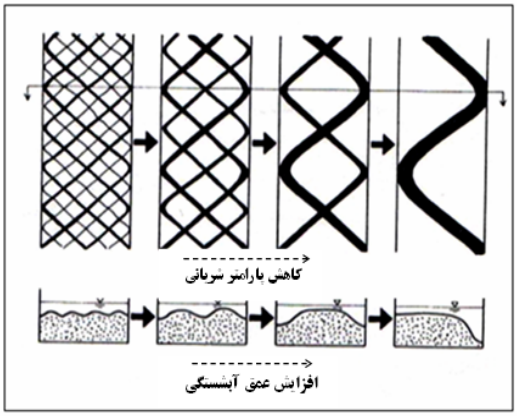
مقدمه

رودخانه‌ها سیستمی کاملاً متغیر هستند که مرزهای جانبی و مشخصات ریخت‌شناسی آنها در طول زمان و به طور پیوسته درحال تغییر است. پیش‌بینی واکنش رودخانه به تغییرات ایجاد شده در آن بسیار پیچیده می‌باشد. زیرا متغیرهای فراوانی در تحلیل این پدیده دخیل می‌باشد که به هم وابسته بوده و به تغییرات در سیستم رودخانه و تغییر شکل تدریجی آن واکنش نشان می‌دهند. در زمینه پیش‌بینی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه و به دنبال آن پیش‌بینی تغییرات بستر، تاکنون به مدلهای قطعی توجه شده است. در این مدلها پاسخ تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه بر اساس نتایجی می‌باشد که مدل آنها را بر اساس داده‌های ورودی دقیق ارائه می‌دهد، این بدان معنی است که نتایج مدل تنها بیانگر یک واقعیتی از فرایند تصادفی است و در آن همه حالتهای ممکن که قابل رخ دادن باشد یا ممکن است رخ دهد ملاحظه نمی‌شود. از آنجائی که رودخانه یک سیستمی است که دارای طبیعت تصادفی و دینامیکی می‌باشد، لذا مدلهای قطعی در مدلسازی

۱و۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)
(*- نویسنده مسئول:Email:mrmtabatabai@pwut.ac.ir)
۲و۳- استادیاران، گروه آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

سیستم رودخانه ضعیف عمل می‌کنند، بخصوص که این مدلها نمی‌توانند شکل دقیق بستر رودخانه، بویژه رودخانه شریانی را پیش-بینی کنند (۶). شیوه مدل تصادفی، تغییرپذیری رفتار سیستم رودخانه را با زمان رسیدگی می‌کند و از آنجایی که تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها تحت تاثیر ظرفیت انتقال سیل قرار خواهند گرفت و این یک موضوعی است که با زمان ربط دارد، بنابراین رخداد تصادفی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها و به دنبال آن تغییرات تراز بستر تحت اثر سیلهای مختلف، منجر به افزایش نیاز به مفاهیم مدلهای تصادفی شده است، بطوریکه امروزه روشهایی که بر مبنای احتمال می‌باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و هم اکنون در زمینه‌های پیش‌بینی سیل، آنالیز ریسک سیل، و ... کابرد وسیعی درمهندسی رودخانه دارند. در این راستا از مدلهای تصادفی در زمینه ریخت‌شناسی رودخانه توجه کمتری شده است (۱۱و۱۲). لذا مهندسین رودخانه قادر هستند با ارائه مدل تصادفی تغییرات ریخت‌شناسی و رفتار بستر رودخانه‌ها پیش‌بینی کرده و برای جلوگیری از وضعیت نامطلوب در سیستم رودخانه دخالت کند. در واکنش به توسعه های شهری و صنعتی، ریخت‌شناسی بسیاری از رودخانه های جهان دستخوش یک سری ازتغییرات وسیع شده که هم زمان توسعه آبشستگی بستر رودخانه یک مسئله مهم در مهندسی رودخانه شده است. پدیده ترازکاهی بستر از عوامل موثر بر ریخت‌شناسی رودخانه‌ها است که موجب تغییر در بستر رودخانه می‌گردد.

سوگا و همکاران (۹) با مطالعات و مشاهدات صحرایی بسیار زیاد، درک کیفی بسیار خوبی از ارتباط تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه ها با آبشستگی بستر رودخانه‌ها ارائه دادند، بدین صورت که آنها تغییرات ریخت‌شناسی در یک بازه شریانی را با پارامتر شریانی ارزیابی کردند. چارچ و جونز (۴) پارامتر شریانی را (m)، برابر با تعداد کانالهایی که طول موج آنها برابر با λ می‌باشد تعریف کردند.



شکل ۱- نمایی از توسعه آبشستگی بستر رودخانه شریانی همراه با کاهش پارامتر شریانی (۹)

شکل ۱ نشان می‌دهد که در یک رودخانه شریانی، همواره کاهش پارامتر شریانی با توسعه آبشستگی بستر همراه است. بدین‌ترتیب که در ابتدا که پارامتر شریانی بزرگ است، تعداد کانالهای فعال جریان کم بوده در نتیجه تعداد بارهای رسوبی زیاد می‌باشند، لذا تعداد حفره های آبشستگی زیاد و کم عمق می‌باشند.

از طرف دیگر کاهش پارامتر شریانی، موجب افزایش قدرت و تمرکز جریان شده، لذا پتانسیل حمل و نقل رسوب افزایش می‌یابد، که این امر منجر به شسته شدن بارهای رسوبی و افزایش تعداد کانالهایی که به صورت پیوسته جریان دارند می‌شود، در نتیجه تعداد حفره های آبشستگی کم می‌شود و هر حفره در عرض گسترش یافته و حداقل تراز بستر عمیق‌تر می‌شود. این فرایند، شروع آبشستگی بستر رودخانه شریانی می‌باشد. لذا در یک رودخانه شریانی کاهش پارامتر شریانی منجر به تبدیل آن به رودخانه مئاندری می‌شود.

آسونا و همکاران (۱) بیان کردند که حداقل تراز بستر رودخانه (عمق چاله فرسایشی) در مقطع عرضی می‌تواند بصورت تابعی از مشخصه‌های آماری میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و فاکتور پخی تراز بستر در عرض رودخانه نسبت به یک سطح مبنا سنجیده شود. آبشستگی بستر ناشی از تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه همچنین توسط مشخصه‌های‌آماری فوق بیان می‌شود. بطوریکه توسعه آبشستگی بستر با کاهش میانگین تراز بستر رودخانه، افزایش انحراف معیار و کاهش ضریب چولگی همراه است. با کاهش فاکتور پخی، چاله فرسایشی هم درجهت عمقی و هم در جهت افقی توسعه پیدا می‌کند (مانند حالتی که در رودخانه شریانی پارامتر شریانی کم می-شود).

وان ورن و همکاران (۱۳) با ارائه یک مدل تصادفی از طریق آنالیز عدم قطعیت، تأثیر برداشت خاکریز و پائین آوردن دشت سیلابی را بر روی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه، در سه حالت: الف) بدون پایین آوردن دشت سیلابی، ب) با پایین آوردن دشت سیلابی و حفظ خاکریزها و ج) با پایین آوردن دشت سیلابی و برداشت خاکریزها، بر روی رودخانه وال پیش‌بینی کردند. نوسانات مکانی تغییرات تراز بستر بعد از ۱۰۰ سال در حالت الف و ب تقریبا مشابه هم هستند، علت آن است که خاکریزها از تکرار سیلهای سیلابدشت جلوگیری می‌کنند. در مقابل پایین آمدن دشت سیلابی به همراه جابجایی خاکریزها تاثیر قوی بر روی عکس العمل ریخت‌شناسی رودخانه دارد زیرا جابجایی خاکریزها سبب تکرار فراوان طغیان آب سیلابدشت شده که تأثیر آن با پایین آمدن دشت سیلابی، قویتر می‌گردد، لذا به منظور جلوگیری از واکنشهای شدید ریخت‌شناسی رودخانه، خاکریزها باید حفظ شوند و پایین آوردن دشت سیلابی و برداشت خاکریزها تنها باید در ایستگاههایی صورت گیرد که نوسانات کوچک در واکنشهای ریخت‌شناسی رودخانه موجود است. نوسانات زمانی تغییرات تراز بستر بعد از ۱۰۰ سال نشان می‌دهد که تراز بستر در کانال اصلی بدلیل سیلگیر شدن سیلابدشت دچار فرسایش و ترازکاهی شده است. لذا

باتوجه به نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات تراز بستر رودخانه، آنها آب‌شکن مستغرق و یک لایه محافظ به منظور جلوگیری از کاهش تراز بستر رودخانه پیشنهاد دادند.

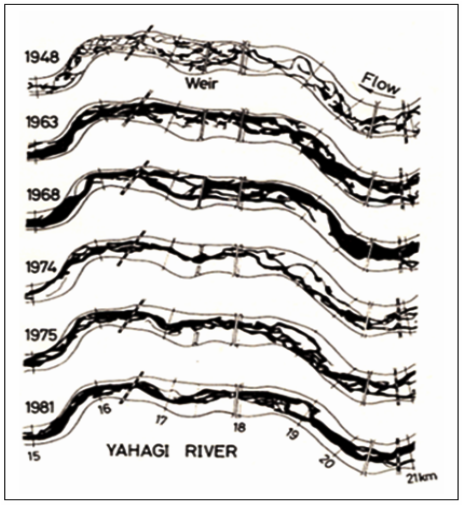
از آنجائی که روند تغییرات مقطع عرضی معمولاً در نتیجه تغییرات دبی جریان و یا بار رسوب ورودی از حوضه آبخیز و یا ناشی از طرح‌های موجود در رودخانه می‌باشد، علاوه بر این شیب بستر از عوامل بسیار مهم در تغییر ریخت‌شناسی رودخانه است، لذا تاکنون مدل تصادفی که بتواند با پیش‌بینی تغییرات عمق چاله فرسایشی، تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه شریانی را پیش‌بینی کند، ارائه نشده است. بنابراین در این تحقیق با استفاده از پارامترهای تراز بستر در مقطع عرضی، حداکثر دبی جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب بستر رودخانه، یک مدل تصادفی ارائه شده است. مطالعه موردی برای ارائه مدل مذکور، رودخانه یاهاجی از کشور ژاپن می‌باشد. قابلیت‌های مدل عبارتند از: الف) پیش‌بینی مقطع عرضی رودخانه شریانی، ب) پیش‌بینی عمق چاله فرسایش بستر رودخانه، ج) پیش‌بینی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه شریانی. لذا هدف از این تحقیق، پیش‌بینی تغییرات ریخت شناسی رودخانه شریانی بر اساس پیش بینی تغییرات عمق چاله فرسایشی می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

رودخانه یاهاجی با طول ۱۱۷کیلومتر از دامنه های جنوبی رشته کوه کیسو سرچشمه گرفته و با جریان به سمت جنوب غرب، پس از عبور از شهرهای ناگانو، گیفو و آیچی به خلیج میکاوا در استان آیچی می‌ریزد (۱۴). رودخانه مذکور بدلیل دارا بودن بستر ماسه‌ای، خاصیت منحصربه فرد بودن را در بین رودخانه‌های ژاپن بخود گرفته است. شهرهای مهمی از جمله اکازاکی و تویوتا در حوزه این رود قرار دارند. ایستگاههای اصلی این رودخانه عبارتند ازایستگاه یونزو، کیدو، میاباشی، ایوازو و تاکاهاشی که بترتیب ازسمت راست در۱۰ ، ۱۳/۵، ۱۸، ۲۹، و۴۰ کیلومتری از پایین دست رودخانه واقع می‌باشند. در این تحقیق، از آمار ایستگاه یونزو استفاده شده است.

تغییر ریخت‌شناسی از حالت شریانی به مئاندری، در شکل۲ با توسعه آبشستگی بستر در شکل ۳ همراه است. این رودخانه در سال ۱۹۴۸ با فرم شریانی شروع شده، از سال۱۹۶۰ به بعد پارامتر شریانی شروع به کاهش کرده و با محدودشدن به یک کانال منفرد، ریخت‌شناسی آن به حالت مئاندری تغییرکرده است. از علل این تغییر می‌توان به لایروبی، کاهش بار رسوبی در اثر ساخت سد یاهاجی و سازه های کنترل رسوب در بالادست نام برد.

لازم به ذکر است که ایستگاه یونزو در پایین دست سد یاهاجی واقع است، لذا ساخت سد، به علت ذخیره شدن جریان آب در مخزن سد، موج سیل کاهش پیدا می‌کند لذا در پایین دست سد (ایستگاه یاهاجی) پیک جریان کم می‌شود.



شکل ۲- نمایش پلان رودخانه یاهاجی و مشاهده تغییر ریخت‌شناسی آن از حالت شریانی به مئاندری (٤)

مواد و روش ها

روش ارائه مدل تصادفی شامل مراحل زیر می‌باشد که بطور جداگانه در مورد آنها توضیح داده خواهد شد:

۱- انجام مراحل ارائه مدلهای رگرسیونی چندمتغیره غیرخطی بر اساس پارامتر وابسته تراز بستر و پارامترهای مستقل حداکثر دبی جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب رودخانه

۲- تعیین معادله سنجه رسوب و معادله شیب بستر رودخانه به صورت تابعی از دبی جریان و دبی رسوب

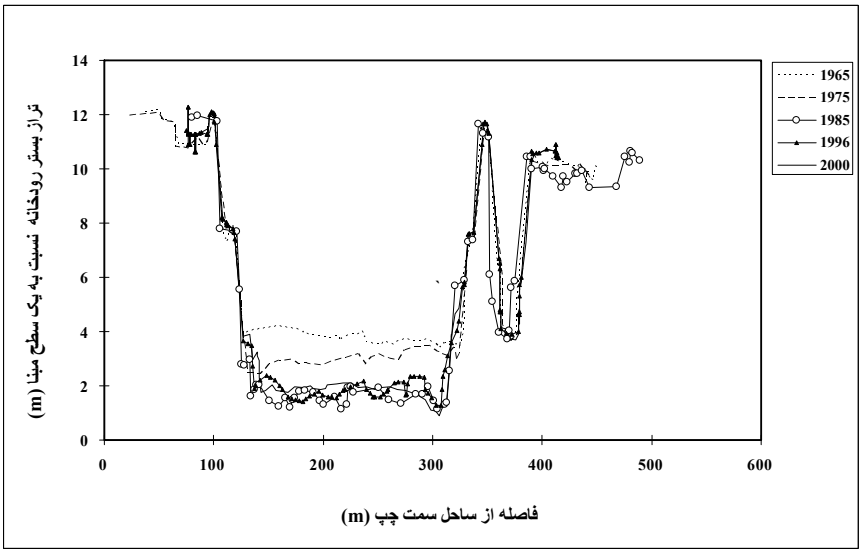
۳- پیش‌بینی دبی جریان به روشهای استوکستیک متداول مدلسازی سری‌های زمانی با مدل میانگین متحرک تجمعی خودبازگشت ARIMA

۴- پیش‌بینی مقطع عرضی و عمق چاله فرسایشی توسط مدل تصادفی

الگوریتم نحوه ارائه مدل تصادفی پیش‌بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه شریانی با توجه به تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها در شکل۴ ارائه شده است.

کاربرد مدلهای رگرسیونی چندمتغیره غیرخطی بر اساس پارامتر وابسته تراز بستر و پارامترهای مستقل حداکثر دبی جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب رودخانه

مرحله مذکور گام اولیه و بنیادی برای ارائه مدل است. که در روندنمای شکل ۴ به عنوان مرحله اول شناخته شده است. اطلاعات مورد نیاز مدل تصادفی در مرحله اول در سه بخش کلی ژئومتری، هیدرولیک و رسوب تنظیم شده است.



شکل۳- مقطع عرضی رودخانه یاهاجی در ایستگاه یونزو (۱٤)

اطلاعات ژئومتری

این اطلاعات شامل، مقطع عرضی رودخانه در ایستگاه یونزو در سالهای مختلف، پروفیل طولی حداقل و متوسط تراز بستر رودخانه برای تعیین شیب طولی بستر رودخانه می‌باشد.

مقاطع عرضی رودخانه

مطابق شکل ۳، مقاطع عرضی قابل استفاده در این تحقیق مربوط به سالهای مختلف می‌باشد. (Z_i: ارتفاع تراز بستر نسبت به یک سطح مبنا می‌باشد).

شیب بستر رودخانه

شیب بستر رودخانه از عوامل بسیار مهم در تغییر ریخت شناسی است. در این تحقیق با استفاده از پروفیل طولی بستر، شیب بستر رودخانه از تقسیم افت تراز بستر به طول رودخانه در طرفین ایستگاه موردنظر بصورت معادله $S = \Delta z/L$ تعیین گردید، که در آن Δz اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای بازه مورد نظر (بازه‌ای که ایستگاه یونزو در آن قرار دارد) و L طول بازه می‌باشد. برای تعیین شیب، بازه طول رودخانه بصورت (9km,11 km) یا به عبارت دیگر یک کیلومتر در بالادست و یک کیلومتر در پایین دست ایستگاه یونزو انتخاب شد.

اطلاعات هیدرولیکی

این اطلاعات شامل دبی‌های روزانه به همراه منحنی دبی- اشل در مقطع مورد مطالعه می‌باشد.

دبی جریان

واکنشهای تصادفی ریخت‌شناسی نسبت به نوسانات دبی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند، از طرفی نوسانات در دبی رودخانه به یک سازش متوالی از بستر رودخانه منجر می‌شود، بدین‌صورت که حداکثر فرسایش و رسوب‌گذاری به دبی وابسته است، لذا یکی از پارامترهای ورودی مدل، دبی می‌باشد. دبی جریان در مدل باید دارای دو خاصیت مهم زیر باشد:

۱- به دلیل تصادفی بودن مدل مورد تحقیق، دبی جریان باید توسط روشهای استوکستیک در آینده قابل پیش‌بینی باشد.

۲- از آنجایی که رودخانه‌ها شکل و ابعاد خود را با سیلاب‌های گوناگون هماهنگ می‌کنند، لذا برای محاسبه عمق آبشستگی از مقادیر حداکثر دبی جریان استفاده گردید.

منحنی دبی-اشل

این منحنی تغییرات تراز آب رودخانه را با دبی جریان نشان می‌دهد. در رودخانه‌های آبرفتی منحنی مذکور بواسطه فرایندهایی از قبیل افزایش یا کاهش تراز بستر و تغییرات شکل بستر در طی زمان تغییر می‌کند. زمانی که منحنی دبی- اشل شناخته شده باشد تحلیل روابط هندسه هیدرولیکی مقطع به سادگی میسر می‌شود به این صورت که در هر دبی مفروض، عمق متوسط جریان از منحنی دبی- اشل و عرض، شعاع هیدورلیکی و مساحت مقطع از پروفیلهای مربوط

در مقطع عرضی به دست می‌آید. این فرایند می‌تواند در دبی‌های یا ترازهای مختلف جهت پیدا کردن روابط هندسه هیدرولیکی تکرار شود.

اطلاعات رسوبی

دانه بندی

از پارامترهای مهم موثر بر عملکرد انتقال رسوب، دانه‌بندی رسوب می‌باشد. در تعریف دانه‌بندی رسوب در مدل از منحنی تغییرات اندازه رسوبات در طول رودخانه استفاده شده است.

دبی رسوب

بررسی ظرفیت حمل رسوب جریان و مکانیسم انتقال رسوب در رودخانه‌ها، به منظور نیل به درک صحیح رفتار هیدرولیکی و ریخت شناسی رودخانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در رودخانه‌های شریانی ارزیابی نرخ انتقال رسوب در سیستمهای آبرفتی یک مسأله بنیادی و مهم است زیرا در اثر ناپایداری ذاتی و تنوع پذیری مکانی دارای ساختاری پیچیده‌ای می‌باشند. لذا اندازه‌گیری مستقیم نرخ انتقال رسوب در بازه‌های شریانی به علت تعداد و فراوانی نمونه‌های مورد نیاز برای نشان دادن نوسانات زمانی و جانبی تقریبا امری غیرممکن است (۳). از آنجائیکه در رودخانه‌های شریانی بار بستر به عنوان بار غالب شناخته شده است، لذا در مورد پارامتر دبی رسوب، از بار بستر که به سه روش تنش برشی اضافه بر حد (میپر- پیتر)، روش توان جریان (بگنولد) و روش تصادفی (انیشتین براون) و برآورد شده، استفاده شده است.

بنابراین با در اختیار داشتن مقادیر حداکثر جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب بستر رودخانه مربوط به بازه زمانی مورد مطالعه به عنوان مقادیر پارامترهای مستقل و مقادیر تراز بستر مربوط به همان بازه زمانی، به عنوان مقادیر پارامتر وابسته، می‌توان مرحله اول مدل تصادفی را انجام داد. بدین‌ترتیب که ابتدا یک نقطه شروع و پایان یکسان برای تمامی مقاطع عرضی مربوط به سالهای مختلف که در مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند، در نظر گرفته می‌شود. سپس مقطع عرضی به بازه‌هایی با عرض یکسان (Δy) تقسیم‌بندی می‌گردد که در این تحقیق، نقطه شروع و پایان تمامی مقاطع مربوط به سالهای مختلف به ترتیب در فاصله ۹۵ و ۴۱۰ متری از ساحل سمت چپ با $\Delta y = 5\text{m}$ انتخاب شد. لازم به ذکر است که با انتخاب $\Delta y = 5\text{m}$ تعداد نقاط برای تعیین مدلهای رگرسیونی بستر تراز به ۶۴ نقطه و با انتخاب $\Delta y = 10\text{m}$ و $\Delta y = 2/5\text{m}$، تعداد نقاط به ترتیب به ۳۲ و ۱۲۷ تا معادله می‌رسید و از آنجا که تأثیر قابل ملاحظه‌ای در جوابها مشاهده نشد، لذا مقدار حد وسط $(\Delta y = 5\text{m})$ انتخاب شد. برای نقاطی که تراز بستر متناظر موجود نبود، با استفاده از روش درونیابی، تراز بستر برای فاصله‌های موردنظر بدست آمد. برای هر نقطه(j اولین نقطه j در فاصله ۹۵ متری است، فاصله نقطه j تا نقطه $j+1$ برابر با ۵ متر است و تعداد j ها برابر با ۶۴ تا می‌باشد) می‌توان یک مدل رگرسیون در نظر گرفت، بدین صورت که تراز بستر برای سالهای مختلف مربوط به آن نقطه بیانگر مقادیر پارامتر وابسته و مقادیر حداکثر جریان، حداکثر دبی رسوب وشیب بستر رودخانه مربوط به همان بازه زمانی مربوط به مقادیر پارامتر وابسته، به عنوان مقادیر پارامترهای مستقل می‌باشند. لازم بذکر است که در هر سال، برای پارامترهای مستقل تنها یک مقدار انتخاب شده است. در نتیجه می‌توان یک مدل رگرسیونی به صورت $Z_i \propto f(Q,Q_s,S)$ در نظر گرفت. برای بدست آوردن بهترین مدل پیش‌بینی تراز بستر رودخانه در هر نقطه، تعداد زیادی رگرسیون‌گیری خطی و غیر خطی جهت مطالعه تراز بستر انجام شد. برای مدلهای پیش‌بینی، پارامترهای مقدار آماره p، ضریب تعیین و مجموع مربعات خطا، به کار گرفته شد تا کارایی هر مدل ارزیابی گردد.

اگر مقدار آماره p، یک مدلی رگرسیونی (احتمال رخداد خطای نوع اول یا توجیه کننده آماره آزمون) بتواند در فاصله اطمینان تعیین شده قرار بگیرد، یعنی در سطح معنی‌داری $\alpha\%$، مقدار آن کمتر از α باشد، در این صورت، فرض صفر (رگرسیون معنی دار نیست: H_0) رد می شود.

تعیین معادله سنجه رسوب و معادله شیب بستر رودخانه بصورت تابعی از دبی جریان و دبی رسوب (مرحله ۲ روندنما)

منحنی سنجه رسوب

به منظور برآورد رسوب انتقالی در رودخانه ها از معادله سنجه رسوب $Q_s = \alpha Q^{\beta}$ استفاده می‌شود. برای تهیه معادله سنجه رسوب، بدین صورت که ابتدا دبی جریان (اندازه گیری شده) با کمک منحنی دبی اشل به سطح آب تبدیل شده و پارامترهای هیدرولیکی متناظر با آن با رسم مقطع عرضی سال موردنظر در محیط اتوکد و در اختیار داشتن سطح آب مربوطه محاسبه گردید. سپس پارامترهای هیدرویکی محاسبه شده در معادلات رسوب ذکر شده (بگنولد، میپر- پیتر و انیشتین برون) جاگذاری شده و مقدار حداکثر دبی رسوب تحت حداکثر دبی جریان در آن سال محاسبه گردید. بدین ترتیب بین دو پارامتر دبی جریان (اندازه گیری شده) و دبی رسوب (محاسبه شده)، برازش رگرسیونی صورت پذیرفت و منحنی سنجه رسوب بدست آمد.

مقادیر دبی رسوب محاسبه شده، مقادیر حداکثر دبی رسوب ماهانه می‌باشد و مقادیر دبی جریان، مقادیر حداکثر دبی جریان ماهانه

(از سال ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۶) می‌باشند.

لذا در این تحقیق سه معادله سنجه رسوب بدست آمده است. بدلیل اینکه هدف نهایی انجام تحقیق، ارائه مدل تصادفی پیش‌بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه می‌باشد لذا آستانه حرکت رسوب برای تک‌تک ماهها توسط معادله شیلدز بررسی شد (پارامتر شیلدز بحرانی $\theta_c = 0.056$ در نظر گرفته شد). در نتیجه دبی‌های بالاتر از آستانه حرکت انتخاب شده‌اند. معادله سنجه رسوب، به منظور بررسی وضعیت رسوب انتقالی و نحوه تغییرات زمانی آن در مقطع مورد مطالعه درآینده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تعیین معادله شیب بستر رودخانه به صورت تابعی از دبی جریان و دبی رسوب

جهت پیش‌بینی تغییرات تراز بستر رودخانه در آینده، لازم است که یک مدل رژیمی شیب بستر رودخانه ارائه گردد، لذا برای تعیین معادله شیب ($S \propto f(Q,Q_S)$)، تجزیه و تحلیل بر اساس داده‌های حداکثر دبی جریان سالانه، حداکثردبی رسوب سالانه و شیب بستر رودخانه مربوط به هرسال، در ایستگاه یونزو صورت گرفت و براساس پارامترهای مقدار آماره p ، ضریب تعیین و مربعات مجموع خطا بهترین مدلهای رژیمی شیب ارائه شد. در این مرحله نیز، بدلیل انتخاب سه معادله بار بستر، سه معادله شیب بستر بدست آمده است.

پیش‌بینی دبی جریان به روشهای استوکستیک متداول مدلسازی سری‌های زمانی با مدل میانگین متحرک تجمعی خودبازگشت ARIMA (مرحله ۳ روندنما)

لزوم پیش‌بینی مناسب جریان رودخانه در کارهای عمرانی، ساماندهی رودخانه سیستم های هشدار سیل و بخصوص برنامه‌ریزی جهت بهره برداری بهینه از مخازن سدها کاملاً احساس می شود. بویژه طراحی دقیق سازه های هیدرولیکی، نیازمند به اطلاعات دقیق مربوط به حداکثر جریان می‌باشد که انتظار می‌رود بعد از یک بارندگی با احتمال وقوع مشخص رخ می‌دهد (۱۵). در این راستا روش‌های سری‌های زمانی به عنوان یک روش استاندارد در طی چهار دهه اخیر بطور گسترده‌ای برای پیش‌بینی جریان رودخانه مورد استفاده قرار گرفته است زیرا سریهای زمانی مجموعه‌ای از مشاهدات هستند که ماهیت وابستگی زمانی در این مشاهدات آشکار می‌باشد و هدف تجزیه و تحلیل اطلاعات گذشته سری در جهت تعمیم الگوی برآوردی یا مدل پیشنهادی به آینده می‌باشد.

معرفی مدل : $ARIMA\ (p,d,q)(P,D,Q)_w$

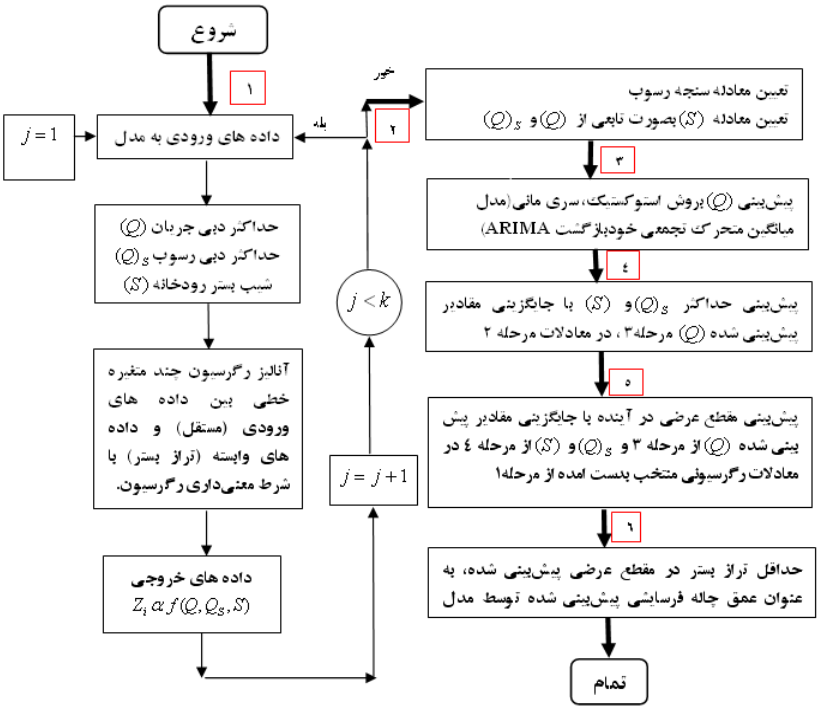
در این تحقیق به منظور مدلسازی و پیش‌بینی سری‌های زمانی حداکثر جریان ماهانه از مدل میانگین متحرک خودبازگشت ضربدری استفاده شده است. این مدل فصلی با دوره تناوب w و مرتبه‌های خودبازگشت، میانگین متحرک و تفاضل‌گیری فصلی و P، Q وD و غیر فصلی p، q و d که به شکل $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_w$ نمایش داده می شود را می‌توان به صورت معادله (۱) در نظر گرفت:

$$\Phi(B^w)\phi(B)(1-B^w)^D(1-B)^d z_t = \Theta(B^w)\theta(B)\varepsilon_t \quad (۱)$$

که در آن z_t سری زمانی نرمال شده، ε_t متغیر تصادفی، B عملگر تفاضل بصورت $B(z_t)=z_{t-1}$ ، D امین تفاضل گیری فصلی به اندازه w بصورت $D:(1-B^d)^D$، d امین تفاضل غیر فصلی، p و q به ترتیب مرتبه مدل خودبازگشت و مرتبه مدل میانگین متحرک غیرفصلی، P و Q مرتبه مدل خودبازگشت و مرتبه مدل میانگین متحرک فصلی، Φ و Θ پارامترهای خودبازگشت و میانگین متحرک فصلی، ϕ و θ پارامترهای خودبازگشت و میانگین متحرک غیر فصلی (۸). مراحل مدلسازی سری زمانی با استفاده از مدلهای خطی را می‌توان در یک دید کلی به صورت آنالیز اولیه، شناسایی و تخمین پارامترها، آزمون نکویی برازش و انتخاب مناسب‌ترین مدل خلاصه کرد. در این تحقیق از آمار ۵۰ ساله (۱۹۵۰ تا ۱۹۹۹) جریان ماکزیمم ماهانه ایستگاه یونزو به منظور برآورد پارامترهای مدل و ۷ سال آمار برای صحت سنجی مدل درنظر گرفته شده است.

پیش‌بینی مقطع عرضی و عمق چاله فرسایشی توسط مدل تصادفی (مرحله ۴، ۵ و ۶ روندنما)

پس از پیش‌بینی حداکثر دبی جریان توسط مدل $ARIMA\ (p,d,q)(P,D,Q)_w$ در سال t در آینده، آن را در معادلات سنجه رسوب و معادلات شیب بدست آمده از مرحله ۲ جاگذاری کرده، لذا مقادیر پارامترهای مستقل دبی رسوب و شیب بستر رودخانه در همان سال t بدست می‌آید. بنابراین با در اختیار داشتن مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر دبی جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب بستر، می‌توان آنها را در مدل رگرسیونی منتخب مربوط به هر نقطه (j) بدست آمده از مرحله اول جاگذاری کرده، در نتیجه با بدست آوردن تراز بستر در هر نقطه (j)، مقطع عرضی رودخانه در سال t پیش‌بینی می‌گردد. در ادامه، در مقطع عرضی پیش بینی شده مربوط به سال t، حداقل تراز بستر به عنوان عمق چاله فرسایشی پیش بینی شده توسط مدل تصادفی مربوط به سال t انتخاب می‌شود. بنابراین طبق آنچه که گفته شد می‌توان مقطع عرضی و عمق چاله فرسایشی را برای هر سال دلخواه پیش‌بینی کرد.



شکل ٤- روند نمای مدل تصادفی پیش بینی عمق آبشستگی بسترورودخانه

نتایج و بحث

نتایج مدلهای رگرسیونی چندمتغیره خطی

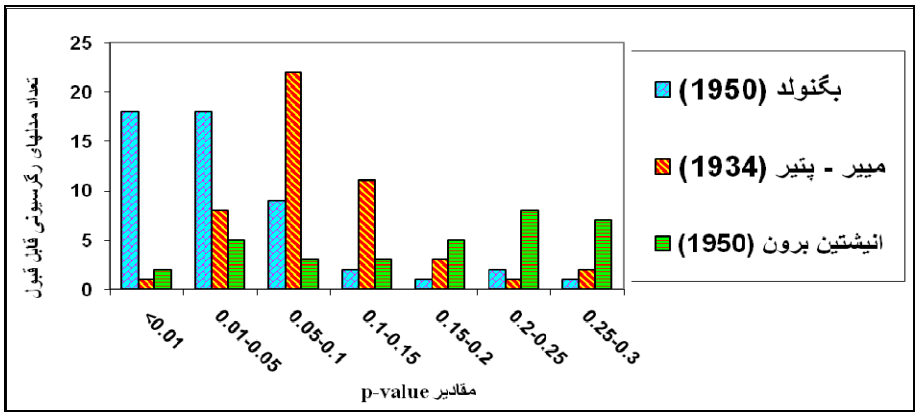
$$Z_i \alpha f(Q,Q_S,S)$$

رودخانه شریانی بدلیل چند شاخه بودن، از مقطع عرضی پیچیده‌ای برخوردار است، لذا در هر نقطه انتظار یک یا تعداد کمی از معادله رگرسیونی دور از واقعیت است. برای هر (j)در مقطع عرضی بالغ بر ۵۰ معادله امتحان شد که از بین آنها معادله‌ای انتخاب شد که به ترتیب دارای کمترین مقدار آماره p، بیشترین مقدار ضریب تعیین و کمترین مقدار مجموع مربعات خطا را دارا باشد (جدول ۱). بهترین مدلهای رگرسیونی تعیین تراز بستر $z = a + b(\frac{Q_s}{Q}) + cS$ که دارای بیشترین تعداد و بهترین فاکتورهای ارزیابی را دارا می‌باشند، را برای هر معادله برآورد بار بستر نشان می‌دهد. به عنوان مثال با برآورد بار بستر با روش بگنولد، ۶۴ مدل رگرسیون تراز بستر برای ۶۴ نقطه در مقطع عرضی، بالای ۹۰ درصد معادلات از نوع $z=10^a Q^b Q_s{}^c S^d$ و می‌باشند. بهترین مدلهای رگرسیونی مربوط به نقاطی (j) هایی است که اختلاف تراز بستر در آنها کم می‌باشد. با توجه به پیچیده بودن مقطع عرضی رودخانه شریانی از لحاظ چند شاخه بودن در مقطع عرضی، نوع مدل رگرسیونی در هریک از شاخه های صعودی، نزولی و تقریبا یکنواخت در مقطع عرضی، از نظم خاصی برخوردار است.

مطابق شکل ۵ تاثیر آنالیز حساسیت معادله برآورد رسوب بر روی مدلهای رگرسیون تعیین تراز بستر بدین صورت است که بهترین مدلهای رگرسیون، بترتیب براساس استفاده از معادله بگنولد، مییر-پیتر و معادله انیشتین برون می‌باشد. علت آن است که در ارتباط بین دبی رسوب با دبی جریان، سرعت متوسط، تنش برشی، شیب سطح آب، توان جریان و توان جریان واحد سطح، دبی رسوب همواره به عنوان یک متغیر وابسته، تحت کنترل توان جریان واحد قرار دارد. این رابطه نه تنها در رودخانه‌های مستقیم، بلکه در رودخانه هایی که در حال تغییر الگوی پلان خود از حالت مستقیم به مئاندری و شریانی هستند وجود دارد. لذا معادله بگنولد بدلیل استفاده از توان جریان واحد، بهترین مدلهای رگرسیونی قابل قبول را ارائه می‌دهد. با توجه به اینکه اندازه متوسط ذرات بار رسوبی (ایستگاه مورد مطالعه در سالهای مختلف) ۱/۶ تا ۲/۱ میلیمتر، بر اساس معیار طبقه‌بندی اندازه رسوب پیشنهادی توسط (USACE) در گروه ماسه درشت و خیلی درشت می‌باشد، لذا برای تعیین بار بستر، استفاده از رابطه مییر- پیتر که بر مبنای داده‌های آزمایشگاهی با اندازه ذرات متوسط ۳ تا ۶/۲۸ میلیمتر بدست آمده است، در مقایسه با معادله بگنولد، منجر به تعداد معادلات کمتر با مشخصه‌های آماری با دقت پایین‌تری شده است.

جدول۱- مدلهای رگرسیونی تراز بستر بر اساس پارامترهای حداکثر جریان، دبی رسوب و شیب بر اساس آنالیز حساسیت معادله انتقال رسوب

معادله انتقال رسوب	انیشتین برون (۱۹۵۰)		میر – پیتر (۱۹۳٤)		بگنولد (۱۹۵۰)	
شکل مدل رگرسیون	$z=10^{a}(Q_s\ Q\ S)^{b}$	$z=a+b(Q\ Q_s S)$	$z=a+b(\frac{Q_s}{Q})+cS$	$z=10^{a}(\frac{Q_s}{Q})^{b}S^{c}$	$z=10^{a}Q^{b}Q_s{}^{c}S^{d}$	$z=a+b(\frac{Q_s}{Q})+cS$
مقادیر مثبت و منفی ضرائب مدل رگرسیون	a مثبت bمثبت	a مثبت bمثبت	aمثبت b مثبت/ منفی c منفی/ مثبت	a منفی b مثبت c منفی	a مثبت b مثبت c منفی d مثبت	a مثبت b مثبت cمنفی



شکل ۵ - نمایش ارتباط تعداد مدلهای رگرسیونی قابل قبول با مقدار p-value بر اساس آنالیز حساسیت معادله انتقال رسوب در مقطع مورد مطالعه

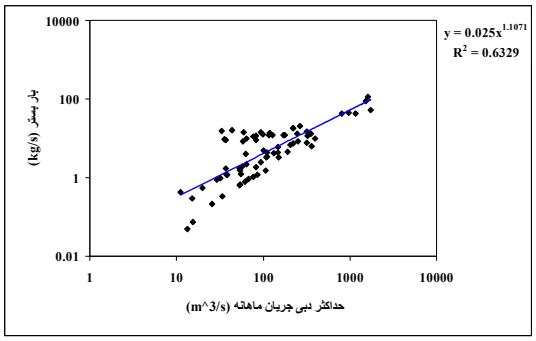
در ادامه تعداد مدلهای منتخب رگرسیونی که در آنها از معادله انیشتین برون برای محاسبه بار بستر استفاده شده است، کم بوده و ازطرفی دارای مقادیر بالای پارامترآماره p هستند که بیانگر آن است که این مدلها با احتمال کمی قابل قبول اند. از طرفی این مدلها دارای مقادیر کم ضریب همبستگی و مقادیر بالای مجموع مربعات خطا می‌باشند که نشان می‌دهد که بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل رابطه معنی‌داری نمی‌تواند وجود داشته باشد. علت این امر، عدم استفاده از این معادله برای برآورد بار بستر در بستر رودخانه‌های با مصالح ماسه‌ای و عدم استفاده از (قطر متوسط ذرات لایه سطحی) بجای (قطر متوسط ذرات لایه زیرسطحی) است که در این تحقیق، از هر دو مورد استفاده شده است.

ارائه معادله سنجه رسوب ومعادله شیب بستر

منحنی سنجه رسوب محاسبه شده توسط نگارنده، مطابق شکل ۶ و نتایج مربوط به معادلات میر–پیتر و انیشتین برون در جدول ۲ ارائه شده است. بدلیل استفاده از مقادیر حداکثر از یک طرف و انتخاب مقادیر مذکور از سالهای مختلف از طرف دیگر، بین دبی جریان ودبی بار بستر رابطه معنی‌داری نمی‌تواند وجود داشته باشد.

جدول۲ - نمایش مدلهای رژیم شیب بستر رودخانه در ایستگاه یونزو

معادله سنجه رسوب	معادله رگرسیون	R^2
میر– پیتر	$y=0.0085\ x^{1.3067}$	0.5867
انیشتین برون	$y=8E-06\ x^{2.871}$	0.621



شکل ٦ – منحنی سنجه رسوب با برآورد بار بستر به روش بگنولد (۱۹۵۰)

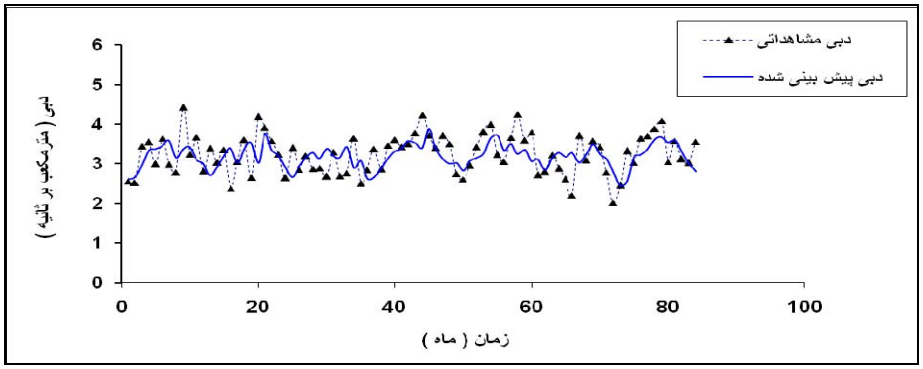
جدول۳ - نمایش مدلهای رژیم شیب بستر رودخانه در ایستگاه یونزو

معادله برآورد بار بستر	معادله شیب	p-value	R^2	SSE
بگنولد	$S = o.213\ (\frac{Q}{Q_s})^{-0.388}$	0/045	0/873	0/00014224
میر- پیتر	$S = 0.157\ (\frac{Q}{Q_s})^{-0.32}$	0/014	0/816	0/0009663
انیشتین برون	$S = 0.312\ (Q)^{-0.515}\ (Q_s)^{0.249}$	0/002	0/984	0/00085

در جدول۳، براساس نوع معادله برآورد بار بستر، بهترین مدلهای رژیمی شیب آورده شده است. مقدار آماره p بیانگر آن است که با اطمینان ۹۵ درصد هر سه مدل مذکور قابل قبول است. مقادیر R^2 وSSE نشان می‌دهد که بین شیب بستر و متغیرهای مستقل دبی جریان و دبی رسوب همبستگی بالایی برقرار است.

پیش بینی حداکثر دبی جریان ماهانه

اولین مرحله شامل نرمال سازی و ایستایی سری زمانی به کمک تبدیل باکس و کاکس با انتخاب $\lambda = -0.16$ ، پایداری واریانس بدست آمد. به منظور شناسایی وجود روند از آزمون ناپارامتری من- کندال استفاده شده است، آماره آزمون فوق نشان داد که با سطح معنی‌دار ۵ درصد، فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند، رد نخواهد شد. پس تفاضل‌گیری غیر فصلی در مدلسازی ضروری نخواهد بود. اما از آنجایی که مدلسازی در مقیاس ماهانه می‌باشد، لذا حالت تناوبی در خواص آماری همچون میانگین و انحراف معیار مشاهده می‌شود که به منظور حذف مناسب این عامل ناایستایی می‌توان از تفاضل گیری فصلی استفاده کرد. در نتیجه مدلسازی سری زمانی حداکثر جریان ماهانه مدلهای $ARIMA\ (p,0,q)(P,1,Q)_{12}$ مدنظر خواهد بود. اما به منظور شناسایی مناسب‌ترین مدل، بهتر است که کلیه مدلهای ممکن بررسی شوند، به همین جهت در این تحقیق کلیه مدلهای $ARIMA\ (p,0,q)(P,1,Q)_{12}$ با مرتبه‌های مختلف خودبازگشت و میانگین متحرک فصلی و غیر فصلی $(P,Q,p,q = 0,1,2,3)$ توسط نرم افزار MNITAB 15 (جمعاً ۳۵ مدل) مورد ارزیابی قرارگرفته اند. در پایان ازبین مدلهایی که آزمون معنی‌داری پارامترها همچنین آزمونهای نکویی برازش و مستقل بودن باقی‌مانده ها را به خوبی گذرانده‌اند باتوجه به اصل امساک (صرفه جویی در پارامترها) مدل $ARIMA\ (1,0,1)(0,1,1)_{12}$ که دارای کمترین مقدار اطلاعات آکایک و شوارتز است به عنوان ممسکترین مدل (مدلی کمترین تعداد پارامترها داشته باشد) جهت مدلسازی سری زمانی حداکثر جریان ماهانه شناخته شده است. جهت اطمینان از انتخاب بهترین مدل مقادیر سری زمانی حداکثر جریان ماهانه در دوره صحت سنجی، با استفاده از سه مدل ممسک‌تر به صورت به هنگام و با گام زمانی یک ماهه پیش‌بینی شده و عملکرد این مدلها با استفاده از معیارهایی سنجش خطا شامل میانگین مربعات خطا (MSE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، مجموع مربعات خطا (SSE)، میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین مطلق خطای نسبی (MAPE) و معیار مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت است و در نهایت مجدداً مدل $ARIMA\ (1,0,1)(0,1,1)_{12}$ مناسب‌ترین مدل جهت پیش- بینی سری زمانی مورد بررسی بوده است. پس از انتخاب مدل سری زمانی در ایستگاه مورد مطالعه، اقدام به پیش‌بینی مقادیر آینده دبی شد.



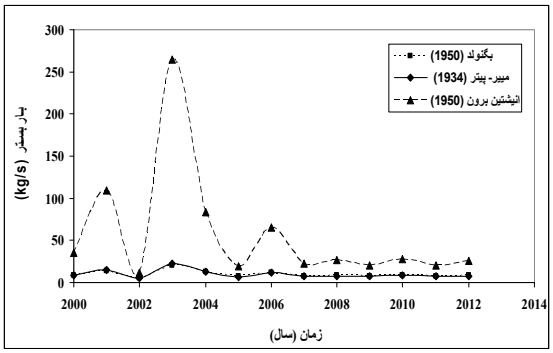
شکل ۷- مقایسه مقادیرحداکثر دبی مشاهداتی و پیش‌بینی شده با استفاده از مدل منتخب

با توجه به اینکه مدلهای سری زمانی در پیش‌بینی های بیشتر از یک گام زمانی بسیار بد عمل می‌کنند بنابراین در این مرحله پیش‌بینی به صورت بهنگام و با گام زمانی یک ماهه صورت گرفت، به این صورت که در ابتدا با استفاده از مقادیر اولیه پارامترهای مدل منتخب تعیین و سپس یک گام زمانی آینده پیش‌بینی گردید، در مرحله بعد به منظور پیش‌بینی یک گام زمانی بعد، مقدار مشاهداتی درگام زمانی قبل به داده‌ها اضافه کرده و پارامترهای مدل برای یک گام زمانی آینده تعیین گردید.

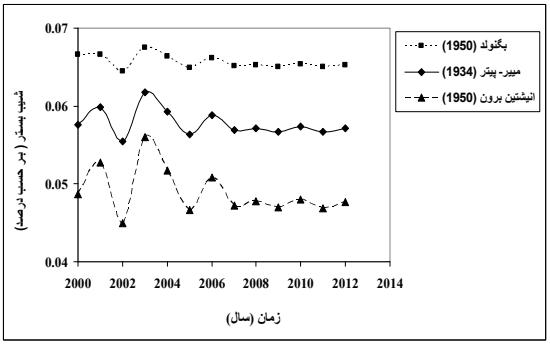
شکل ۷، مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده بهنگام توسط مدل منتخب $ARIMA\ (1,0,1)(0,1,1)_{12}$ را با مقادیر حداکثر ماهانه مشاهده شده در فاصله زمانی سالهای در ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، به جزء در چند مورد، مقادیر پیش‌بینی شده بدست آمده با مقادیر حداکثر جریان ماهانه مشاهداتی در ایستگاه یونزو بسیار نزدیک بهم هستند که دلالت بر کارایی مناسب مدل دارد و بدون شک با توجه به تصادفی بودن پدیده‌های هیدرولوژیکی از مدل‌های سری‌های زمانی نمی‌توان ارائه مقادیر دقیق، بخصوص مقادیر حدی سری زمانی را انتظار داشت.

پیش‌بینی مقطع عرضی

با پیش بینی حداکثر دبی جریان بر اساس مدل منتخب $ARIMA\ (1,0,1)(0,1,1)_{12}$ ، می‌توان مقادیر حداکثر بار بستر و شیب را بر طبق معادلات سنجه رسوب و معادلات شیب بدست آمده، در بازه زمانی انتخاب شده در آینده پیش‌بینی کرد. مطابق (شکل ۸ و ۹)، با توجه به مقادیر یکسان دبی جریان، مقادیر پیش‌بینی شده بار بستر و شیب بر اساس معادله براورد انیشتین برون در مقایسه با معادله بگنولد و میر – پیتر از نوسانات بیشتری برخوردار است. علت اصلی این امر را می‌توان به تخمین بیش از اندازه بار بسترتوسط معادله انیشتین برون دانست.

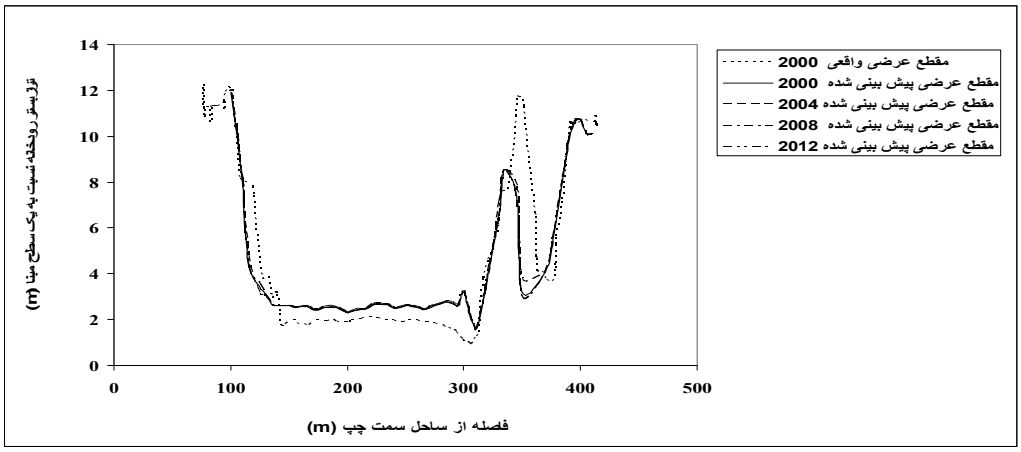


شکل ۸- آنالیز حساسیت مقادیر حداکثر بار بستر پیش‌بینی شده با سه روش بگنولد (۱۹۵۰)، میر- پیتر(۱۹۳٤) و انیشتین برون (۱۹۵۰)

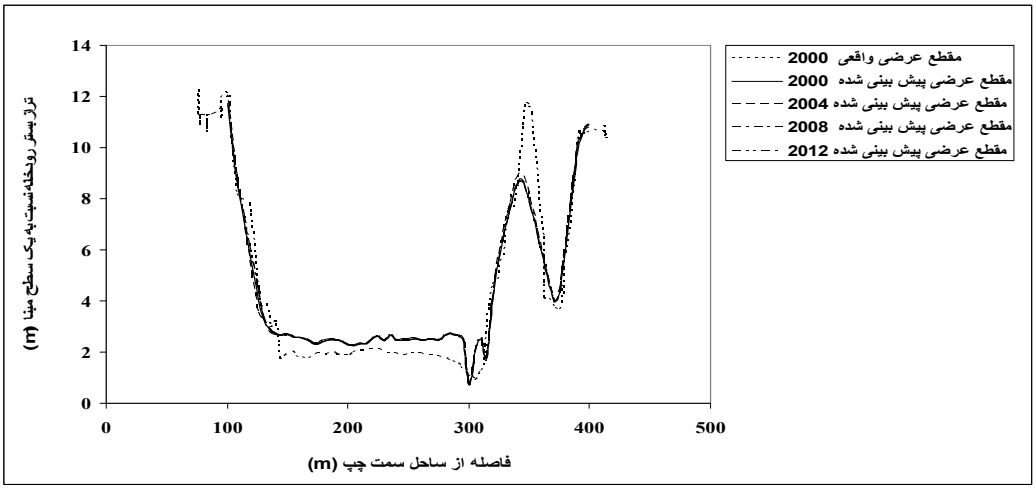


شکل ۹- آنالیز حساسیت مقادیر شیب بستر پیش‌بینی شده با سه روش بگنولد (۱۹۵۰)، میر- پیتر(۱۹۳٤) و انیشتین برون (۱۹۵۰)

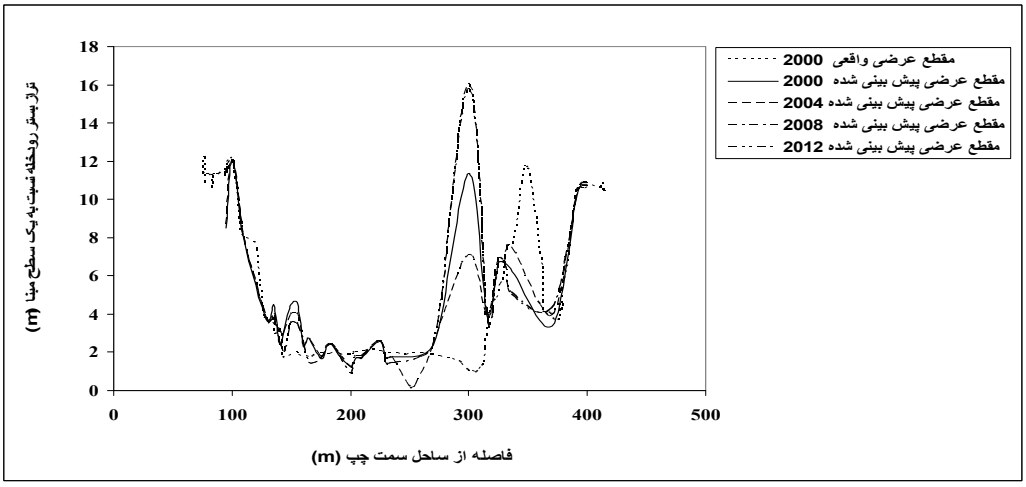
در هر دو شکل فوق، در اثر اختلاف کم مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر دبی جریان از سال ۲۰۰۷ به بعد، مقادیر باربستر و شیب، از اختلاف کمی برخوردارند. با جاگذاری مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر دبی جریان، رسوب و شیب مربوط به هر سال در آینده، در معادلات رگرسیون تراز بستر مربوط به هر نقطه (j)، مقطع عرضی پیش‌بینی شده مربوط به آن سال بدست می‌آید.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱۰- آنالیز حساسیت مقاطع عرضی پیش بینی شده در ایستگاه یونزو با سه روش (الف) بگنولد (۱۹۵۰)، (ب) مییر- پیتر(۱۹۳٤) و (ج) انیشتین برون (۱۹۵۰)

مقایسه مقاطع عرضی پیش‌بینی شده توسط مدل تصادفی در شکل۱۰ نشان می‌دهد که اگر برآورد بار بستر با معادلات بگنولد و میپر–پیتر صورت گیرد، جوابهای قابل قبول‌تری در مقایسه با معادله انیشتین برون بدست می‌آید. علت را می‌توان به کم بودن تعداد نقاط مقطع عرضی (j ها)که دارای بهترین معادلات رگرسیون تراز بستر باشند، نسبت داد. در حالت (الف) مقادیر حداقل تراز بستر پیش بینی شده در مقایسه با مقدار واقعی سال ۲۰۰۰ بیشتر بوده ولی می‌توان گفت که مقادیر فوق یک سیر نزولی را طی می‌کنند که این پیشرفت کاهش مقادیر حداقل تراز بستر در حالت (ب) بوضوح مشاهده می‌شود. لذا با کاهش مقادیر حداقل تراز بستر پیش‌بینی شده می توان گفت که فرایند تغییر حالت از فرم شریانی به مئاندری همچنان ادامه دارد. از سال ۲۰۰۸ به بعد یک افزایش جزئی در مقادیر حداقل تراز بستر مشاهده می‌شود، زیرا در این بازه زمانی، مقادیر پیش‌بینی دبی جریان کم می‌شود، لذا انتظار می‌رود که قدرت جریان برای حمل و انتقال رسوب کم شده، بنابراین می‌توان گفت تمایل رودخانه برای تغییر مورفولوژی کم خواهد شد. کمترین مقدار تراز بستر در حالت (الف) و (ب) به ترتیب در فاصله ۳۱۰ و ۳۰۰ متری از ساحل سمت چپ اتفاق می‌افتد. در حالت کلی، بدلیل کم بودن مقادیر حداکثر دبی جریان در سالهای بعد از ۲۰۰۰ نسبت به سالهای قبل از ۲۰۰۰، مقاطع عرضی پیش بینی شده از سال ۲۰۰۰ به بعد، در مقایسه با مقاطع واقعی سالهای قبل از ۲۰۰۰ دچار رسوب‌گذاری و تراز افزایی شده است.

نتیجه گیری

مدل تصادفی پیش‌بینی حداقل تراز بستر بر اساس تغییرات ریخت شناسی رودخانه ها در یک رودخانه شریانی نشان می‌دهد که در یک بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ یک سیر نزولی را طی کرده لذا تغییر ریخت شناسی رودخانه از حالت شریانی به مئاندری ادامه دارد که این تغییر حالت در هنگامی که از معادله برآورد بار بستر به روش میپر–پیتر و بگنولد استفاده شود، مشاهده می‌گردد. آنالیز حساسیت معادله انتقال رسوب در مدل تصادفی نشان می‌دهد که اگر براورد بار بستر با معادله بگنولد صورت گیرد جوابهای قابل قبول‌تری را ارائه می‌دهد. از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به دلیل کم شدن حداکثر دبی پیش‌بینی شده، انتظار می‌رود تمایل رودخانه برای تغییر مورفولوژی رودخانه کمتر خواهد شد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مقاله، ازآقای یاماشیتا کارشناس جایکا در شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، دکتر علی چاوشیان و آقای رزم‌آرا که در جمع آوری داده ها از کشور ژاپن برای انجام این تحقیقات زحمات زیادی کشیدند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

1- Asano T., Suga K., and Yamaguchi T. 1986. Stochastic approach to prediction method of local scouring on the basis of river morphology. 39th Annual Conference of the Japan Society of civil Engineers, Vol.1, Japan.
2- Bagnold R.A. 1980. An empirical correlation of bed load transport rates in flumes and natural rivers. Pro. R. Soc, London Ser. A 372, 453–473.
3- Bertoldi W., Tubino M., and Ashmore P. □□□□□ Bedload evaluation in gravel-bed braided streams. River flow □□□□, pp1331–1338.
4- Church M., and Jones D. 1982. Channel Bars in Gravel-Bed Rivers. in Hey, R.D., Bathurst, J.C., and Thorne, C.R. (ed.) Gravel-Bed Rivers, John Wiley & Sons, Chichester.
5- Einstein H.A. 1950. The bedload function for sediment transportation in open channel flows. Technical Bulletin no.1026. U.S. Department of Agric, Washington, D.C.
6- Habersack M.H. 2000. Stochastic and deterministic sediment transport model concepts. Stochastic Hydraulics, 235–245.
7- Meyer L.D., Peter E., and Muller R. 1948. Formulas for Bed Load Transport, International Assoc, Hydr. Res., 2th Meeting, Stockholm.
8- Salas J.D., Delleur J.W., Yevjevich V., and Lane W.L. 1988. Applied modeling of hydrologic time series. Water Resour. Pub., Littleton, Colo.
9- Suga K., Tsuchiya S., and Asona T. 1984. On river morphology and local scouring, from the viewpoint of lateral bed profile . Proceedings, the 28th Japanese Conference on Hydraulics, JSCE, PP 789–794, Japan.
10- USACE. 1977. Sediment transport, Eng. Manual No. 0704–0188, U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Washington D.C., USA, 15–16.
11- Van Der Klis K. 2003. Stochastic river morphology, Ph.D.-dissertation, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences.

12- Van Vuren S. 2001. Literature Review. Stochastic modelling of river morphology. Delft University of Technology.
13- Van Vuren S., Van Der Klis H., De Vriend H. 2002. Large-scale floodplain lowering along the River Waal: a stochastic prediction of morphological impacts. In: River Flow , Vol. 2 edited by D. Bousmar and Y. Zech. A.A. Balkema Publishers. ISBN 905809 516 9, 903–912.
14- Yano S., and Tsujimura M. 2007. New released database of well and hydrology in the South East Asian Countries, Journal of Japanese Society of Hydrology and Water Resources, Vol. 20, No. 5, pp. 383-391.
15- Yurekli K., Kurunce A., and Simsek H. 2004 . Prediction of daily maximum streamflow based on stochastic approaches. Journal of Spatial Hydrology, Vol. 4 , No.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.2, May-Jun 2011, p. 216-229

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۰، ص. ۲۲۹-۲۱۶

Stochastic Modeling of Local Scour Depth Prediction on the Basis of Prediction of River Morphological Changes in Braided River

S. Porbakhshian[1] - M.R. Majdzadeh Tabatabaee[2]- S.S. Mousavi[3]- S. Mansouri[4*]
Received:9-7-2009
Accepted:20-2-2011

Abstract

Morphological river models are designed to provide physical insight into the morphological response and to assist river engineers and managers in the design, operation and maintenance of river systems. Here deterministic modeling weak for a dynamic and stochastic of nature river environment. Specially, these could not predict the exact shape of the river bed, Specially e.g. for braided river because the bed level variability and variations in cross-sectional. Since a stochastic model approach copes with the variability of system behavior of the time, therefore need for Stochastic modeling on the location of morphological changes in rivers and variations in river bed seems necessary. Many large rivers in the world have recently undergone through a great deal of morphological changes, Which has led to the development of local scouring, therefore, it has become an important problem for the river engineering. The change of river morphology is evaluated by braid parameter in braided rivers. A decrease in braid parameter results in a braided channel changes to meandering. As a result, local scouring process is accelerated. Since Process of the changes in river cross section are usually caused by change in water and sediment discharges or by river works. Moreover, river gradient plays a key role in channel morphological changes therefore In this research, local scouring relationship with river morphologic changes are investigated by stochastic modeling in braided rivers based upon for parameters such as maximum water, sediment discharges, river bed gradient river and bed elevation. The model was then tested by data obtained from Yahagi river in Japan. That the month Maximum Stream flow data is predicted by time series models (ARIMA) and three sediment transport equation were used to calculate the bedload such as Bagnold, Meyer-peter and Einstien Brown. predicted results show If calculate the bedload with the Bagnold equation, this model could predict significantly in cross-sectional and local scour depth, predict river morphological changes.

Keywords: Braided river, Local scouring, Stochastic modeling, ARIMA, Non linear variant regression

1,4-Graduate MSc Student and Assistant Professor of Science Department, Power and Water University of Technology
(*- Corresponding Author Email: mrmtabatabai@pwut.ac.ir)
2,3-Assistant Professors of Water and Environmental Engineering Department, Power and Water University of Technology