

مقاله پژوهشی

بررسی ظرفیت برداشت شن ماسه و تأثیر آن بر تغییرات مورفولوژی رودخانه

(مطالعه موردی رودخانه شرا)

امیر مرادی نژاد^{۱*}، سید احمد حسینی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

۱- استادیار بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲- استادیار بخش مهندسی رودخانه، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: amir_24619@yahoo.com

چکیده

یکی از مهمترین عوامل به هم خوردن تعادل هیدرولیکی رودخانه برداشت بی‌رویه رسوبات از بستر رودخانه می‌باشد. در این تحقیق بخشی از رودخانه شرا واقع در شهرستان خنداب که تحت برداشت بی‌رویه شن و ماسه است مورد بررسی قرار گرفت. در پژوهش حاضر از مدل HEC-RAS 5.3، به منظور شبیه‌سازی جریان رسوبات استفاده شده است. به منظور تحلیل هیدرولیکی جریان تعداد ۲۰۰ مقطع در طول ۳/۵ کیلومتر رودخانه تهیه شد. برای ایستگاه هیدرومتری جوشیروان، دبی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله محاسبه و برای شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق حاضر با بررسی پارامترها قبل و بعد از برداشت مصالح و بررسی‌های میدانی در بازه‌هایی که این عملیات اجرا شده است، تغییرات ایجاد شده در هندسه و مورفولوژی رودخانه مقایسه شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد میزان فرسایش و رسوبگذاری در ۱/۵ کیلومتر اول و ۱ کیلومتر آخر تقریباً در حالت رسوبگذاری کم شد و مصالح در این منطقه خیلی قابل برداشت نیست. بهترین منطقه برای برداشت مصالح در این بازه از کیلومتر ۱/۵ تا ۲/۵ تقریباً وسط بازه می‌باشد. که به دلیل شیب و شکل مقطع سرعت جریان کاهش پیدا کرده است و رسوبگذاری با عمق متوسط ۱/۲ متر صورت گرفته است. محاسبات نشان داد میزان رسوب قابل برداشت در این بازه از رودخانه تقریباً ۲۰۰ تن در سال است.

واژه‌های کلیدی: برداشت، جریان، رسوب، فرسایش، مدل HEC-RAS 4.1.

Investigation on Sand Extraction Capacity and its Effect on Morphological Changes of River (Case study of Shara River)

A Moradinejad^{1*}, S A Hosieni²

Received: August 17, 2021

Accepted: December 25, 2021

1-Assist. Prof., Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Arak, Agricultural Research Education & Extension Organization (AREEO). Tehran, Iran.

2- Assist. Prof., Soil Conservation and Watershed Management Institute Agricultural Research Education & Extension Organization (AREEO). Tehran, Iran.

*Corresponding Author, Email: amir_24619@ yahoo.com

Abstract

Background and Objectives

Surface runoff and water flow in rivers cause soil erosion and carry sediment materials. Knowledge of how erosion and the ability to carry sediment in rivers and waterways should be considered in every engineering plan. One of the most important factors in disrupting the hydraulic balance of the river is the indiscriminate removal of sediments from the river bed. Today, the materials obtained from rivers are very vital in human life, especially in civil and industrial activities, and are of great importance. Indiscriminate and out-of-capacity harvesting of sand causes changes in the morphology of rivers, which results in the river's reaction to establish a new balance. The study of past research indicates that sand harvesting has caused different changes in the hydraulic pattern of rivers, changes in morphology, and changes in the sediment balance of rivers. The extraction of sand from the country's river beds has increased in recent years. Due to the complexity of hydraulic and sediment problems in rivers, it is not possible to solve the equations analytically, hence numerical methods are usually used. Various studies have been conducted using the HEC-RAS model to investigate the flow of hydraulics in the river. Various researchers in the country have also used this model to investigate sediment transfer in rivers and reservoirs of dams.

Methodology

In this research, a part of the Khara River located in Khandab City, which is subject to excessive sand harvesting, was investigated. In this study, HEC-RAS 5.3 model was used to simulate sediment flow. For Joshirvan hydrometric station, discharge was calculated with a return period of 2, 5, 25, 50, and 100 years and used for hydraulic simulation of the river. To use the HEC-RAS model for hydraulic simulation of flow and sediment, river information including geometric data, hydraulic data, and sediment data was used. In the geometric section, the general plan of the river along with cross sections was introduced to the model. Using the topographical map of the river course in two time periods before sand and sand harvesting (2015) and after sand and sand harvesting (2017), a digital elevation model of the Kurkhane river course with a scale of 1:2000 was prepared for both periods. Then, a TIN was made from the prepared digital elevation model, and 200 sections were extracted in the HEC-GeoRAS add-on package in the Arc Map software along the length of 3.5 km of the river. After preparing cross-sections and measuring the distances of the left and right banks of the main channel of the river, the relevant information was connected to the HEC-RAS model in the form of a GIS file to introduce the geometry of the river. Finally, the changes made in the geometry and

morphology of the river were compared by examining the parameters before and after harvesting the materials and field investigations in the periods when this operation was carried out.

Findings

By comparing the longitudinal profile of the bed in the post-harvest conditions compared to the pre-harvest conditions, it was found that in the first half of the studied interval from the upstream side (section 1-98) a sedimentation phenomenon occurred with a shallow depth, while in the middle half of the studied interval study (section 100-150) there has been an uplift of the river bottom. The results showed that the amount of erosion and sedimentation in the first 1.5 km and the last 1 km is almost low, and the materials in this area are not very removable. The best area for collecting materials in this interval from 1.5 to 2.5 km is almost in the middle of the interval. According to the changes in the river bed, the maximum change is about 1.2 meters and the average changes are about 0.5 meters along the river path.

Conclusion

Results showed that the rate of erosion and sedimentation in the first 1.5 km and the last 1 km almost decreased in the sedimentation state and the materials in this area are not very harvestable. The best area for harvesting materials in this range is from 1.5 to 2.5 km approximately in the middle of the range. Due to the slope and cross-sectional shape, the flow velocity has decreased and sedimentation with an average depth of 1.2 meters has been done. Calculations showed that the amount of sediment that can be removed from the river in this period is about 200 tons per year.

Keywords: Erosion, Flow, Harvesting, HEC-RAS Model 4.1, Sediment.

مقدمه

استفاده نموده‌اند. امامقلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی به بررسی وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری رودخانه شیرین‌دره با استفاده از مدل HEC-RAS پرداختند و نتیجه گرفتند که در بین معادلات انتقال رسوب، تابع لارسن (کولپند) در این رودخانه نسبت به سایر توابع انتقال رسوب، برآورد بهتری دارد. پیرو و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی نشان دادند که حجم متوسط رسوب خروجی از رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS با دقت خوبی قابل محاسبه می‌باشد. اسدی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که از بین معادلات انتقال رسوب موجود در مدل HEC-RAS معادله میر-پیتر-مولر، در رودخانه تالار، بیشترین تطابق را با واقعیت دارد و می‌تواند برای پیش‌بینی تغییرات مقاطع در این رودخانه مورد استفاده قرار گیرد. عابدی و گنجی (۲۰۱۶) مطالعه‌ای را برای تعیین عوامل موثر بر وضعیت

برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌های کشور در سال‌های اخیر افزایش یافته است. مطالعه پژوهش‌های گذشته حاکی از آن است که برداشت شن و ماسه باعث تغییرات متفاوت در الگوی هیدرولیکی رودخانه‌ها، تغییرات مورفولوژی و تغییرات بیلان رسوبی رودخانه‌ها شده است. با توجه به پیچیدگی مسائل هیدرولیکی و رسوبی در رودخانه‌ها امکان حل معادلات به روش تحلیلی ممکن نیست و معمولاً از روش‌های عددی استفاده می‌شود. درمورد بررسی هیدرولیک جریان در رودخانه مطالعات مختلفی با استفاده از مدل HEC-RAS انجام شده که برای مثال می‌توان به مطالعات پاپنبرگ و همکاران (۲۰۰۵)، کوک و مروده (۲۰۰۹) اشاره نمود. محققین مختلفی در داخل کشور نیز از این مدل برای بررسی انتقال رسوب در رودخانه‌ها و مخازن سدها

مطالعه‌ای به بررسی وضعیت رسوب ایستگاه پل دوآب رودخانه شراه پرداختند، آنها نتیجه گرفتند که معادلات انگلوند-هانسن و توفالتی در سطح ۵٪ خطا، فاقد اختلاف معنی‌دار با داده‌های اندازه‌گیری شده هستند و روش‌های میر-پیتر و مولر، ویلکوکس، ایگر-وایت و لارسن با مقادیر مشاهداتی اختلاف زیادی دارند و تفاوت آنها معنی‌دار است. عزیزیان و همکاران (۲۰۱۹) پتانسیل‌یابی معادن شن و ماسه خارج از بستر رودخانه با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های ژئومورفولوژیکی را در حوزه‌های آبخیز فردوس و قائن بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده در حوزه‌های مورد مطالعه حاکی از آن بود که مدل‌های ژئومورفولوژیکی از قابلیت بسیار مناسبی جهت شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب برخوردار هستند. هنر بخش و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی اثرات برداشت شن و ماسه بر رفتار هیدرومورفولوژیکی کانال رودخانه خشکه رود فارسان پرداختند. نتایج آنها نشان داد در فاصله شرایط قبل و بعد از برداشت (از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸) بستر رودخانه با متوسط ۲/۰۲ m از حداقل ۰/۰۵ m تا حداکثر ۴ m کف‌کنی داشته است. همچنین حجم خروجی رسوب از مقطع آخر در شرایط بعد از برداشت نسبت به شرایط قبل از برداشت ۰/۱۲٪ کاهش و مقدار تنش برشی ۰/۲۶٪ درصد افزایش داشته است. در پژوهش حاضر به منظور تحلیل هیدرولیکی جریان تعداد ۲۰۰ مقطع در طول ۳/۵ کیلومتر رودخانه تهیه شد. برای ایستگاه هیدرومتری جوشیروان، دبی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله محاسبه و برای شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه مورد استفاده قرار گرفت. از مدل ریاضی HEC-RAS استفاده شد و با استفاده از داده‌های صحرایی اندازه‌گیری شده توانایی مدل مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت و بررسی ظرفیت برداشت شن ماسه از رودخانه و تأثیر آن در تغییرات مورفولوژی رودخانه مورد بررسی قرار گرفت.

صدور مجوز برداشت شن و ماسه بر رودخانه‌های استان گیلان انجام دادند. در این پژوهش چهار معیار اقتصادی-اجتماعی، محیط زیستی، مدیریت و مقررات مورد بررسی قرار گرفت. صمدی و عزیزیان (۲۰۱۶) پتانسیل‌یابی معادن شن و ماسه خارج از بستر رودخانه با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های ژئومورفولوژیکی را در حوزه‌های آبخیز فردوس و قائن بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده در حوزه‌های مورد مطالعه حاکی از آن بود که مدل‌های ژئومورفولوژیکی از قابلیت بسیار مناسبی جهت شناسائی مناطق مستعد تولید رسوب برخوردار هستند. اسراسک و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از اندازه‌گیری رسوبات انتقالی جریان و عناصر چسبیده به رسوبات به بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه و عناصر قیمتی دیگر در رودخانه Kafue در زامبیا پرداختند، آنها نتیجه گرفتند که با افزایش برداشت، مقدار رسوبات معلق افزایش یافته و به تبع آن عناصری همچون مس، کبالت و منگنز با اثرات سوء زیست‌محیطی در پایین‌دست افزایش داشته است. اشرف و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثرات زیست محیطی چند معدن شن و ماسه در مالزی و با استفاده نمونه‌برداری از مقاطع و رسوبات رودخانه‌ای و نرم‌افزار HEC-RAS، اعلام نمودند که برداشت شن و ماسه، بار بستر در محل برداشت را کاهش و قدرت حمل جریان در پایین دست را افزایش داده، فرسایش بالادست و کناری رودخانه را در پی داشته و میزان گل‌آلودگی و اندازه و نوع رسوبات انتقالی را نیز تغییر داده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به مکان‌یابی برداشت مصالح رودخانه‌ای با استفاده از مدل HEC-RAS پرداخت. نتایج نشان داد ظرفیت انتقال رسوب در ۲ کیلومتر اول رودخانه نسبتاً ثابت است و فرسایش و رسوب‌گذاری تقریباً در تعادل می‌باشند اما در کیلومتر ۷ به دلیل تغییرات مقطع و شیب، میزان رسوب‌گذاری افزایش می‌یابد. مرادی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) در

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه:

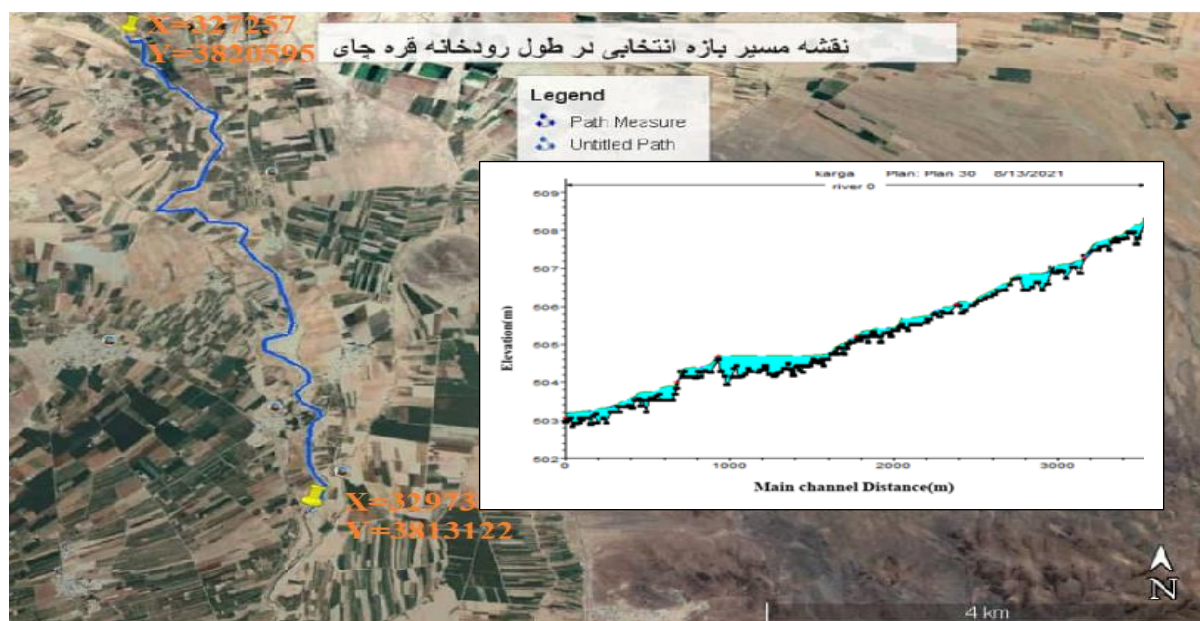
رودخانه شراء از ارتفاعات شازند سرچشمه گرفته و به سمت شمال جریان پیدا می‌کند و در جهت غرب به شرق تا دریاچه نمک امتداد یافته و مازاد آب آن وارد دریاچه نمک می‌شود. محدوده مورد مطالعه رودخانه از بالا از محل روستای شاهه در پایین خنداب، در مختصات به طول جغرافیایی $۳۴^{\circ} ۲۶'$ و عرض جغرافیایی $۴۹^{\circ} ۰۸'$ شروع تا پایین روستای فاراب و تا مختصات به طول

مدلسازی هیدرولیک جریان رودخانه

به منظور استفاده از مدل HEC- RAS برای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان و رسوب، اطلاعات رودخانه شامل داده‌های هندسی، داده‌های هیدرولیکی و داده‌های رسوبی بکار گرفته شد. در بخش هندسی پلان عمومی رودخانه همراه با مقاطع عرضی به مدل معرفی شد. بدین منظور با استفاده از نقشه توپوگرافی مسیر رودخانه در دو مقطع زمانی قبل از برداشت شن و ماسه (سال ۱۳۸۵) و بعد از برداشت شن و ماسه (سال ۱۳۹۷)، مدل ارتفاعی رقومی^۱ مسیر رودخانه شراء با مقیاس ۱:۲۰۰۰ برای

جغرافیایی $۳۴^{\circ} ۳۰'$ و عرض جغرافیایی $۴۹^{\circ} ۰۷'$ ادامه می‌یابد. در این تحقیق بازه‌ای به طول ۳/۵ کیلومتر از محل ایستگاه هیدرومتری جوشیروان که محل برداشت شن و ماسه از رودخانه و سیلاب‌دشت‌های آن است و دارای اطلاعات اندازه‌گیری شده مورد نیاز می‌باشد، با استفاده از مدل HEC- RAS شبیه‌سازی و مورد مطالعه قرار گرفت. ایستگاه هیدرومتری جوشیروان خنداب (بر روی رودخانه شراء) دارای آبدهی ۱۷۴ میلیون مترمکعب در سال و مساحت حوزه آن ۲۷۷۱ کیلومتر مربع می‌باشد. (شکل ۱).

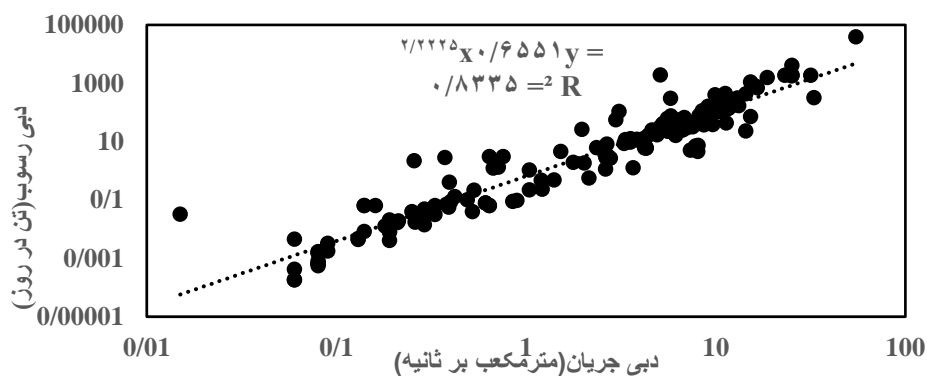
هر دو مقطع زمانی تهیه شد. سپس از مدل ارتفاعی رقومی تهیه شده TIN ساخته شد، در بسته الحاقی HEC- GeoRAS در نرم‌افزار Arc Map، تعداد ۲۰۰ مقطع در طول ۳/۵ کیلومتر رودخانه استخراج شد. پس از تهیه مقاطع عرضی و برداشت فواصل سواحل چپ و راست مجرای اصلی^۲ رودخانه، اطلاعات مربوطه به صورت فایل GIS، جهت معرفی هندسه رودخانه به مدل HEC- RAS ارتباط داده شد. در شکل ۱ نیمرخ طولی رودخانه مورد مطالعه و نمونه مقطع عرضی آن را در مدل HEC- RAS نشان داده شده است.



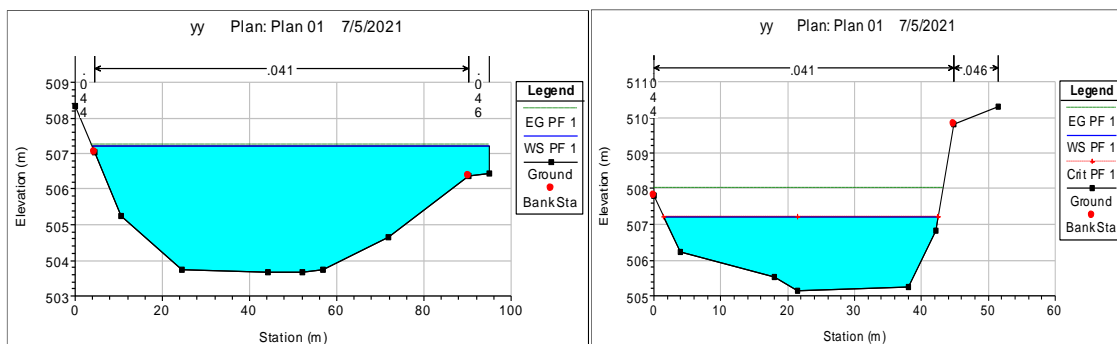
شکل ۱- پلان بازه در حال مطالعه رودخانه شراء.

مطالعه فاقد آماربرداری بار بستر می‌باشد لذا در این مطالعه با توجه به شیب و فیزیوگرافی و شرایط زمین‌شناختی این حوضه، مقدار بار بستر حدود ۲۰ درصد بار معلق پیشنهاد می‌شود. میانگین سالانه رسوب مواد معلق رودخانه در محل ایستگاه آبسنجی جوشیروان، ۳۵۸۰۵ Ton و مقدار دبی ویژه رسوب سالانه آن ۱۹ Ton در کیلومتر مربع در سال برآورد شده است. شکل ۳ مقاطع عرضی ابتدا و انتهای بازه مورد مطالعه را در دبی متوسط سالانه نشان می‌دهد. شکل ۴ هیدروگراف ورودی به مدل به‌عنوان شرایط مرزی بالادست، برای حالت جریان شبه غیرماندگار را نشان می‌دهد. پس از اجرای مدل SMADA و انتخاب بهترین روش توزیع (لوگ پیرسون ۳) با استفاده از روش گشتاور محدود (L-Moment) مقادیر دبی لحظه‌ای در این ایستگاه برای دوره بازگشت‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است.

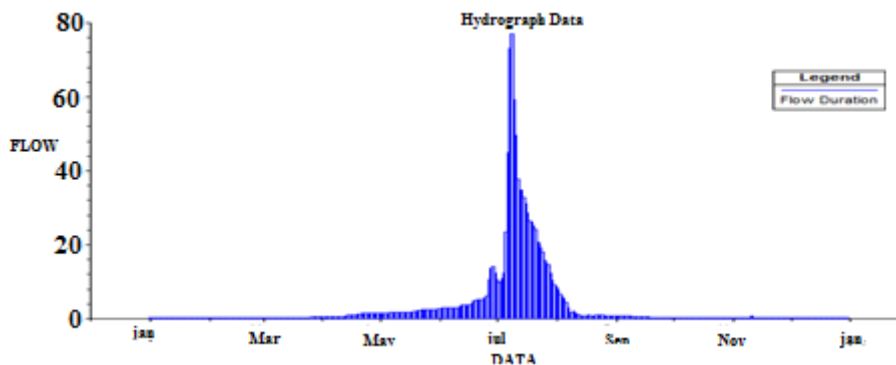
از منطقه مورد مطالعه بازدید صحرایی به عمل آمد و از قسمت‌های مختلف بستر اصلی رودخانه و ساحل چپ و راست به‌طور جداگانه، عکس تهیه گردید. سپس برای تعیین مقدار ضریب زبری مانینگ از اسلایدهایی که دارای ضریب زبری مشخصی می‌باشند استفاده شد. مقدار ضریب زبری مانینگ به‌طور متوسط برای بستر اصلی حدود ۰/۰۴۱ و برای دو ساحل راست و چپ به ترتیب حدود ۰/۰۴۶ و ۰/۰۴۴ در نظر گرفته شد. در قسمت اطلاعات رسوبی با توجه به تغییرات زیاد مواد بستر رودخانه در طول مسیر از نتایج حاصل از ۲۰ نمونه آزمایش دانه‌بندی بستر در مقاطع مختلف جهت اجرای مدل استفاده گردیده و منحنی سنج رسوب در ایستگاه جوشیروان نیز به‌عنوان شرط مرزی در نظر گرفته شد. رابطه بین دبی جریان و دبی رسوب ایستگاه هیدرومتری جوشیروان ترسیم شد (شکل ۲). مدل HEC-RAS برای شبیه‌سازی پدیده انتقال رسوب رودخانه نیاز به تعریف جریان شبه غیرماندگار است که داده‌های مربوط به این جریان در قالب هیدروگراف شبه غیرماندگار ورودی مدل را تشکیل می‌دهد. حوزه آبخیز مورد



شکل ۲- رابطه بین دبی جریان و دبی رسوب در ایستگاه جوشیروان.



شکل ۳- مقطع عرضی رودخانه -الف) ابتدا . ب) در انتها.



شکل ۴- هیدروگراف جریان ورودی در ایستگاه هیدرومتری خنداب.

جدول ۱- مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف.

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	ایستگاه جوشیروان
حداکثر دبی لحظه‌ای (مترمکعب بر ثانیه)	۱۷	۵۶	۹۷	۱۶۸	۲۳۶	۳۱۲	۴۱۴	

کالیبراسیون مدل

اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. با تغییر ضریب زبری، نسبت به حداقل رسانیدن اختلاف آنها اقدام شد. در نهایت با استفاده از شاخص آماری میزان خطای استاندارد از رابطه ۱ استفاده گردید. نتایج در جدول ۱ آمده است.

$$STE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{oi} - x_{ti})^2}{n-1}} \quad [۱]$$

که در این رابطه STE میزان خطای استاندارد و X_{oi} و X_{ti} به ترتیب مقادیر داده مشاهده‌ای و داده به‌دست-آمده حاصل از شبیه‌سازی برای سطح آب و n تعداد داده‌ها می‌باشد. طبق جدول ۲ متوسط مقدار ضریب زبری به ازای تراز و دبی‌های مختلف که کمترین خطای استاندارد را دارد برابر ۰/۰۴۱ به دست آمد.

جدول ۲- مقایسه مقادیر خطای استاندارد محاسبه شده به ازای ضرایب زبری مختلف.

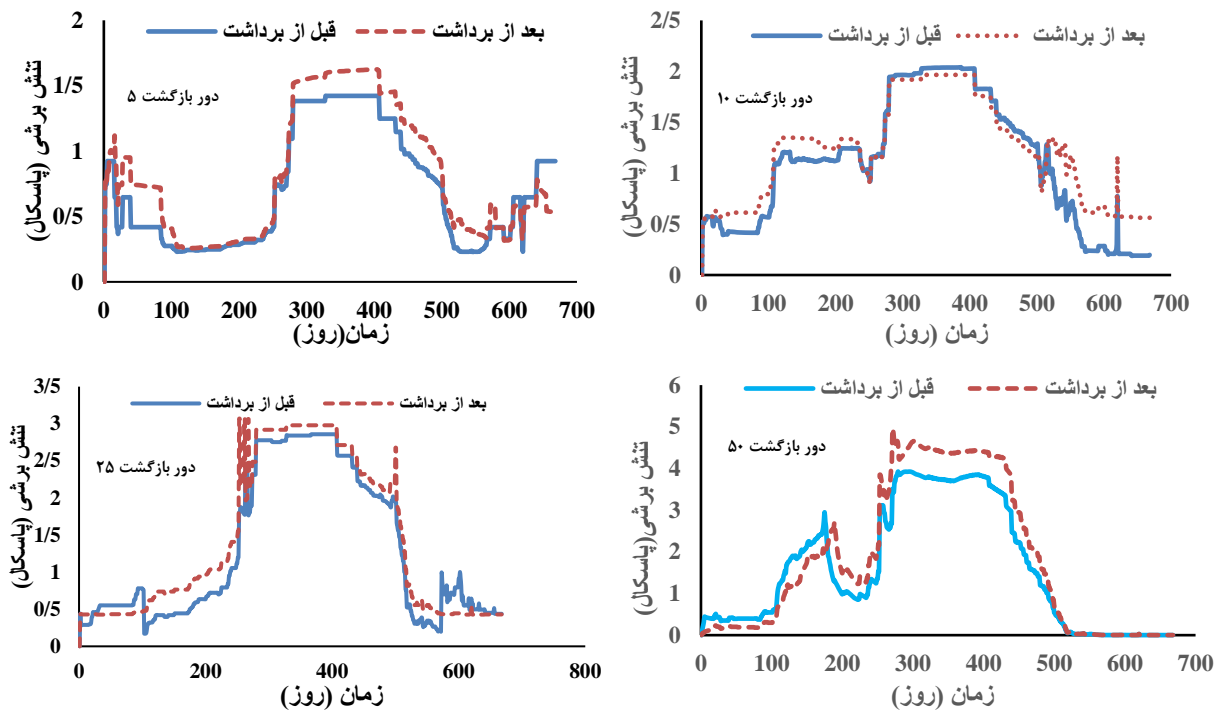
n ₅ =0.054	n ₄ =0.050	n ₃ =0.045	n ₂ =0.041	n ₁ =0.038	n
0.3051	0.3423	0.2535	0.2313	0.3451	STE

نتایج و بحث

و ایجاد پدیده فرسایش در رودخانه تنش برشی است که در این مطالعه مقدار تنش برشی در همه دوره بازگشت‌ها در شرایط بعد از برداشت نسبت به شرایط قبل از برداشت بیشتر می‌باشد که با نتایج دان (۲۰۰۲) مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد در کل بازه مورد مطالعه رودخانه تنش برشی با افزایش دوره بازگشت بیشتر شده و مقدار آن در شرایط بعد از برداشت نسبت به شرایط قبل از برداشت بیشتر بوده است. همچنین طبق نمودار در برخی مقاطع کاهش در مقدار تنش برشی مشاهده شد که به دلیل کاهش میزان شیب در اثر کاهش مقدار شعاع هیدرولیکی است.

جهت واسنجی مدل معمولاً اطلاعات دبی-اشل و یا اشل - زمان در مقاطع مشخصی از رودخانه مورد استفاده قرار گرفت و نتایج حاصل از مدل به ازای همان شرایط هیدرولیکی با اطلاعات برداشت شده از رودخانه مقایسه گردید. در این پژوهش واسنجی برای واقعی نمودن پارامتر ضریب زبری که مقادیر آن تخمین زده شده بود انجام شد. ابتدا مقدار ضریب زبری با توجه به شرایط فیزیکی بستر و سیلابدشت تخمین زده شد. با این مقادیر تخمینی، مشخصه‌های جریان به ازای شرایط مرزی بالادست و پایین دست در طول بازه مورد مطالعه بدست آمد. با تغییر ضریب زبری، تغییرات سطح آب محاسبه شده توسط مدل بررسی شد و با مقادیر مشاهداتی و

شکل‌های ۵ نتایج مربوط به مقادیر تنش برشی رودخانه در دوره بازگشت‌های مختلف در سال‌های قبل و بعد از برداشت شن و ماسه را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل ۵ مشخص است روش‌های مورد استفاده بر هم منطبق بوده و روند کاملاً یکسانی را در طول دوره شبیه‌سازی مدل دارا هستند. همچنین نتایج به دست آمده حاکی از آن است که در شرایط بعد از برداشت مقدار تنش برشی مطابق نمودارهای شکل‌های ۵ بیشتر از مقدار مشابه تنش برشی در شرایط قبل از برداشت می‌باشد. یکی از مهمترین پارامترهای موثر در تغییر پروفیل طولی بستر

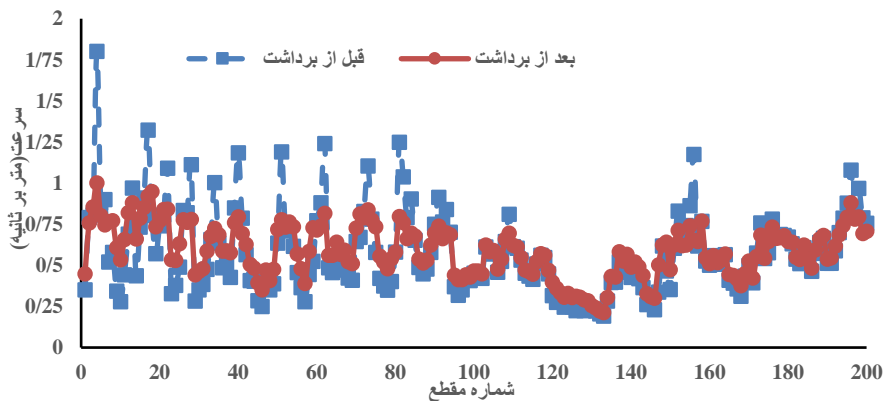


شکل ۵- تنش برشی جریان ماندگار در دوربرگشت‌های مختلف قبل و بعد از برداشت مصالح.

بررسی سرعت آب در مقاطع مختلف

بررسی میزان سرعت آب در مقاطع مختلف رودخانه و مقایسه سال‌های قبل و بعد از برداشت نشان می‌دهد در سال‌های بعد از برداشت، به علت یکنواخت‌تر شدن شیب و شکل مقاطع رودخانه، از مقطع ۱ تا ۱۰۰ متوسط سرعت از ۰/۶۳۵ تا ۰/۶۴۷ افزایش، از مقطع ۱۰۱ تا ۱۵۰ متوسط سرعت از ۰/۴۰۸ تا ۰/۴۵۰ افزایش، از مقطع ۱۵۱ تا ۲۰۰ متوسط سرعت از ۰/۴۳۴ تا ۰/۶۱۲ کاهش یافته و همچنین نوسانات سرعت نیز به دلیل کاهش نوسانات

شیب کمتر شده است. اما در سال قبل از برداشت به دلیل کاهش شیب عمومی و تغییرات مقاطع، سرعت جریان در بیشتر مقاطع کاهش و نوسانات بیشتر است. در مقطع ۱۰۱ تا ۱۵۰ مقدار سرعت کاهش یافته است. کمینه سرعت در مقطع ۱۳۳ قبل از برداشت مقدار ۰/۱۹۰۰ و بعد از برداشت ۰/۲۱۲ می‌باشد. کاهش سرعت در مقطع ۱۰۱ تا ۱۵۰ به دلیل فرسایش در بالادست رودخانه و انتقال رسوبات به پایین دست و در نتیجه کاهش شیب می‌باشد. کاهش شیب سبب تجمع رسوبات رودخانه در پایین دست شده است (شکل ۶).

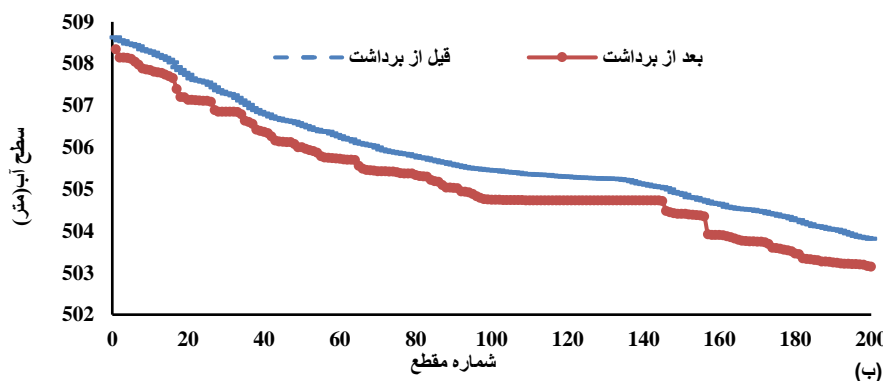
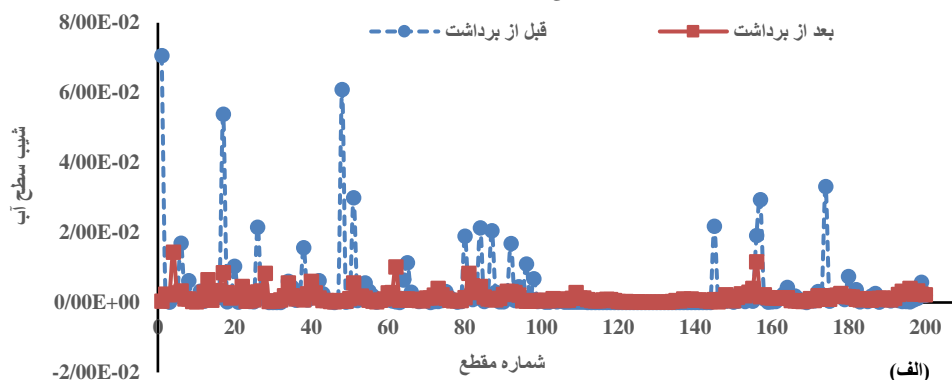


شکل ۶- تغییرات سرعت در مقاطع مختلف.

بررسی تغییرات درصد شیب سطح آب

شکل ۷-الف، مقدار شیب در هر مقطع را نشان می‌دهد. در کل بازه، شیب رودخانه در سال‌های قبل از برداشت دارای نوسانات زیادی است. در برخی بازه‌ها در فاصله بسیار کوتاه تغییرات شیب بسیار زیاد است. در سال‌های بعد از برداشت نوسانات شیب کمتر شده و به طور کلی

در کل بازه نوسانات تغییرات شیب نسبت به سال‌های قبل از برداشت کاهش یافته است. در مقطع ۱۰۰ تا ۱۵۰ شیب کاهش قابل توجهی دارد که این کاهش شیب منجر به رسوب‌گذاری و افزایش تراز در این بخش می‌شود. شکل ۷-ب، پروفیل سطح آب در سال‌های قبل از برداشت و بعد از برداشت را نشان می‌دهد.

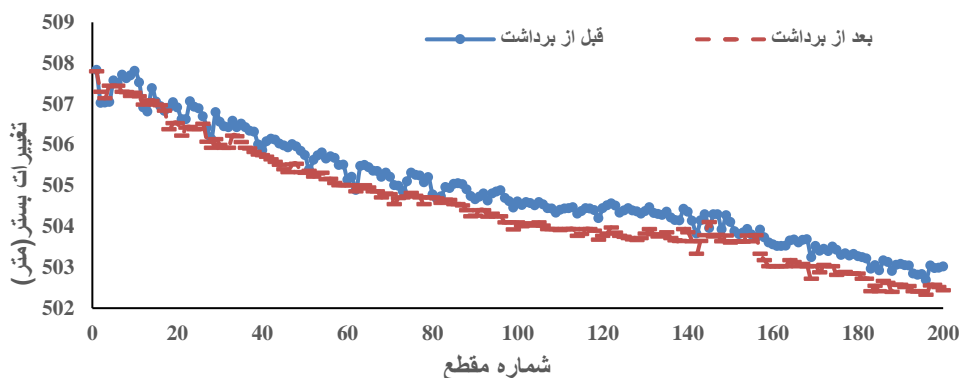


شکل ۷- تغییرات الف: شیب سطح آب، ب: پروفیل سطح آب در مقاطع مختلف.

میزان تغییرات در تراز کف رودخانه شفاء

شکل ۸ تغییرات بستر رودخانه قبل از برداشت و بعد از برداشت را نشان می‌دهد. حداکثر تغییرات تراز بستر در رودخانه شفاء در طی دوره شبیه‌سازی در ابتدا و انتهای بازه است. در سال‌های قبل از برداشت نسبت به سال‌های بعد از برداشت در بعضی مناطق فرسایش و در بعضی دیگر رسوب‌گذاری اتفاق افتاده است. برداشت رسوب در طول بازه به صورت برداشت سطحی بوده است. در مقایسه پروفیل طولی بستر در شرایط بعد از برداشت

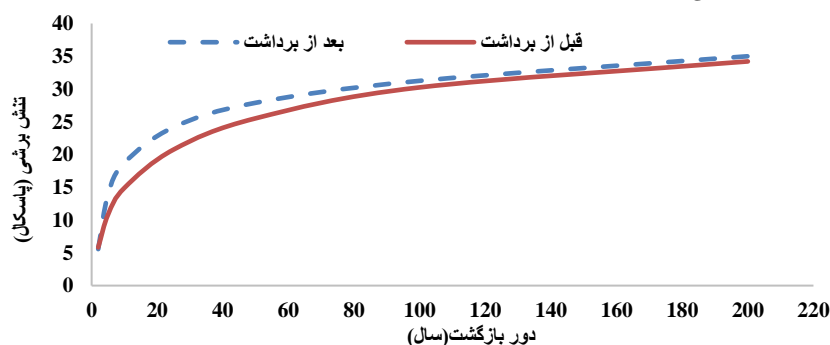
نسبت به شرایط قبل از برداشت این امر مشخص می‌گردد که در نیمه اول بازه مورد مطالعه از سمت بالادست که شیب بیشتر بوده است، پدیده کف‌کنی روی داده است در حالیکه در مقطع ۹۰ تا ۱۵۰ که شیب کمتر شده رسوب و برداشت رسوب بیشتر شده است. این مقایسه در دوره بازگشت‌های مختلف انجام گرفته و نشان داد که پروفیل سطح آب نیز از روند تغییرات پروفیل طولی بستر رودخانه پیروی می‌کند. همچنین کاهش شیب عمومی رودخانه نیز موید این امر است.



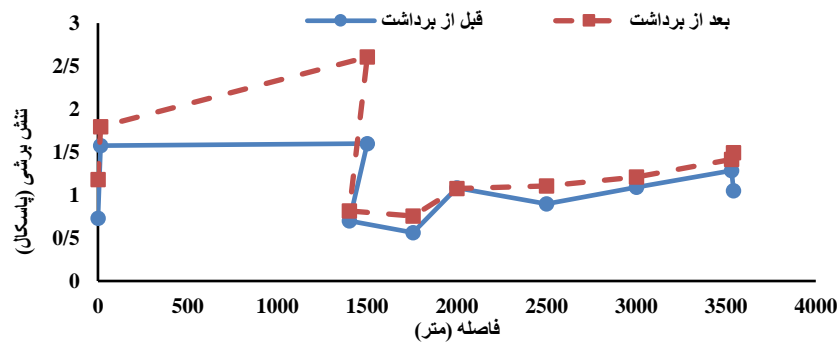
شکل ۸- تغییرات بستر در مقاطع مختلف.

مختلف در زمان برداشت مصالح از رودخانه بوده است و همچنین مورفولوژی بستر و کناره‌های رودخانه و فاکتورهای هیدرولیکی آن مثل سرعت جریان برای دوره بازگشت‌های مختلف تغییرات محسوس را نشان می‌دهد که این تغییرات می‌تواند مرتبط با برداشت مصالح از بستر رودخانه در طی دوره مورد مطالعه باشد. شکل ۱۱ مقدار تنش برشی در دور برگشت‌های مختلف و در مقاطع مختلف در مسیر نشان می‌دهد. با توجه به شکل در ربع اول به خاطر شیب و افزایش سرعت، تنش برشی افزایش و سپس کاهش یافته است. با افزایش دور برگشت، تنش برشی افزایش یافته و بیشترین تنش برشی در مقطع آخر رخ داده است.

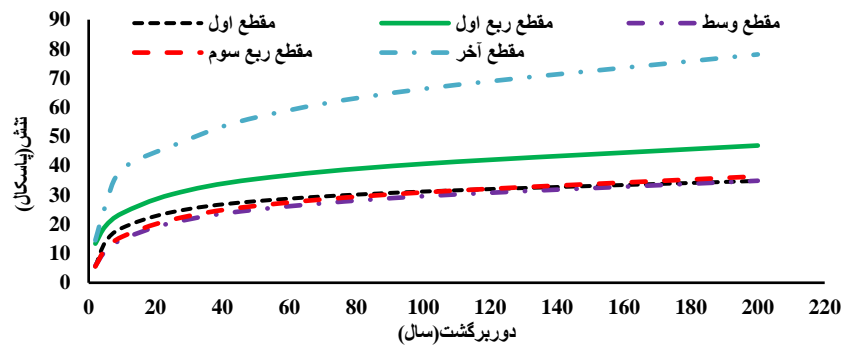
شکل‌های ۹ تا ۱۱ مقدار تنش برشی در طول مسیر برداشت شن و ماسه، در دور برگشت‌های مختلف، در طول مسیر و در مقاطع مختلف را نشان می‌دهد. در دو حالت قبل و بعد از برداشت، با افزایش دور برگشت تنش برشی افزایش، در طول زمان تنش برشی بعد از برداشت بیشتر از قبل از برداشت است. نتایج نشان داد که سرعت جریان و عدد فرود در نتیجه برداشت مصالح افزایش می‌یابد که باعث ایجاد جهش‌های هیدرولیکی مختلف در طی بازه مورد مطالعه می‌شود و این عمل به نوبه خود باعث افزایش تنش برشی و فرسایش کناری رودخانه می‌شود. تنش برشی بعد از برداشت مصالح از کف رودخانه افزایش یافته است. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق افزایش در عمق کانال اصلی رودخانه همراه با کاهش ارتفاع سیل در طی دوره بازگشت‌های



شکل ۹- تغییرات تنش برشی در دور بازگشت‌های مختلف.



شکل ۱۰- تغییرات تنش برشی در طول بازه.

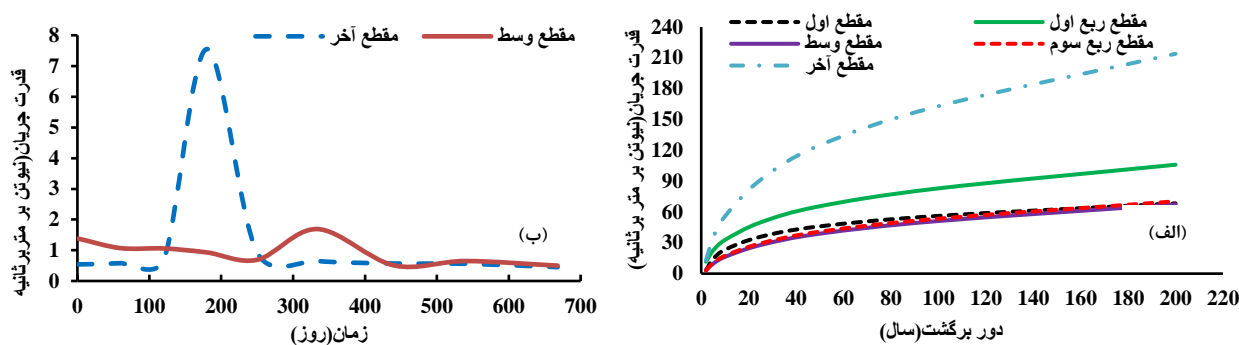


شکل ۱۱- تغییرات تنش برشی در دور بازگشت‌های و مقاطع مختلف.

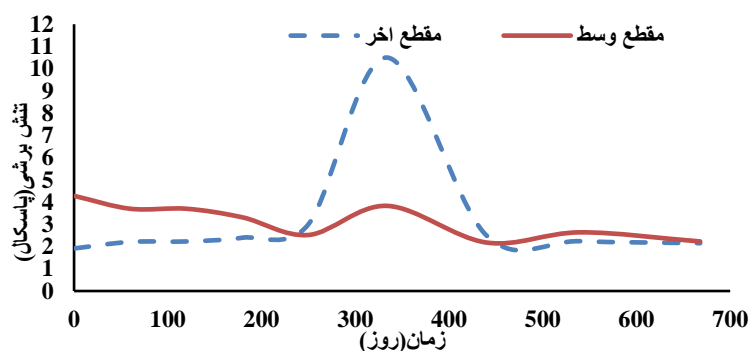
قدرت جریان

زیاد ندارد. در این مسیر رسوب‌گذاری وجود دارد و محل مناسب برداشت مصالح می‌باشد. با توجه به شکل‌ها بیشترین قدرت جریان در مقطع آخر رخ داده است. تعیین قدرت فرسایشی برای هر کدام از مقاطع از این نظر حائز اهمیت است که می‌توان بخشی از شرایط هیدرودینامیک جریان را در هر مقطع شناسایی کرد. در ژئومورفولوژی رودخانه هر مقطع شرایط خاص خودش را دارد. لذا هیدرودینامیک کل رودخانه نمی‌تواند ویژگی‌های هیدرودینامیک جریان را در مقاطع مختلف یک رودخانه تعیین کند. شکل‌های ۱۲ و ۱۳ مقایسه قدرت جریان و تنش برشی در مقطع وسط و مقطع آخر را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مقدار اوج تنش برشی نسبت به قدرت جریان با تأخیر زمانی رخ می‌دهد. قدرت رودخانه در مقاطع مختلف شدیداً دچار تغییرات عمده می‌شود و نمودار قدرت یک رودخانه در بازه‌های مختلف به صورت سینوسی می‌باشد و مهمترین عوامل موثر در قدرت رودخانه شیب و عرض رودخانه می‌باشد.

قدرت رودخانه با میزان حمل رودخانه رابطه بسیار نزدیکی دارد که با افزایش شیب، ذرات بزرگتری حمل می‌گردد. تنش برشی و قدرت رودخانه در بازه‌های مختلف دارای تغییرات وسیعی می‌باشند که تحت تأثیر ویژگی‌های مورفومتری مجرا و دبی رودخانه می‌باشند. شکل ۱۲ و ۱۳ تغییرات قدرت جریان و تنش برشی در دور بازگشت‌ها، زمان و مقاطع مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱۲ با افزایش دوره بازگشت، قدرت رودخانه نیز افزایش پیدا کرده و افزایش قدرت رودخانه تأثیر مستقیمی بر روند شکل‌گیری مقطع خواهد داشت. هر چه قدرت رودخانه از آستانه فرسایشی بالاتر برود میزان تغییرات قابل تصور برای مقطع نیز افزایش پیدا خواهد کرد. بنابراین با مینا قرار دادن توان ۳۰۰ وات متر مربع به عنوان قدرت فرسایشی برای مقاطع مختلف آستانه تغییر را می‌توان برآورد کرد. در تمام مقاطع در هیچ‌کدام از دوره بازگشت‌ها، رودخانه توان فرسایشی



شکل ۱۲- تغییرات قدرت جریان، الف: در دور بازگشت‌های ب: در زمان‌ها و مقاطع مختلف.

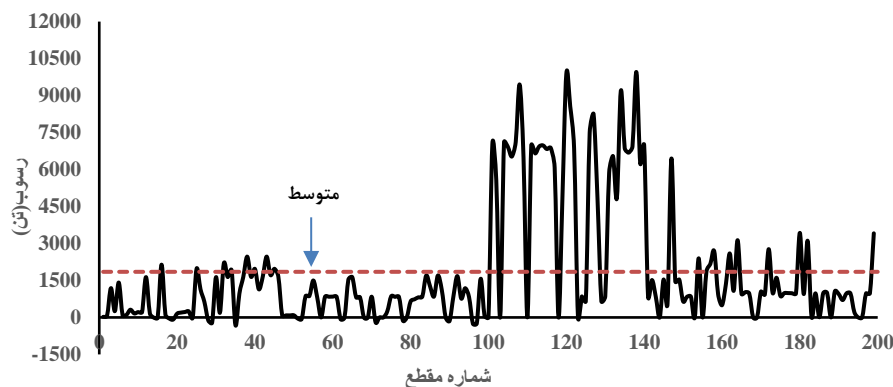


شکل ۱۳- تغییرات تنش برشی در زمانها و مقاطع مختلف.

تعیین مکان و عمق مناسب برداشت

شکل ۱۴ تغییرات میزان فرسایش و رسوب‌گذاری را در هر مقطع بر حسب تن نشان می‌دهد. با توجه به روند تغییرات رسوب‌گذاری در بازه مورد مطالعه از رودخانه می‌توان محدوده برداشت رسوبات را مشخص کرد. با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل و تغییرات فرسایش و رسوب در طول بازه مورد مطالعه و همچنین طبق بررسی‌ها و محاسبات انجام شده، با توجه به شکل در قسمت قابل توجهی از رودخانه در مقاطع مختلف، رسوب‌گذاری و قسمت کمی فرسایش به طور متناوب تکرار شده است. در ابتدا و انتهای بازه میزان رسوب-گذاری در مقاطع کم است و جهت برداشت رسوب کمتر

از Ton ۱۰۰۰ در سال مناسب می‌باشند. از مقطع ۱۰۰ تا ۱۶۰ در قسمت تقریباً وسط بازه رودخانه به علت کاهش شیب و عریض شدن رودخانه، به مقدار زیادی رسوب-گذاری صورت گرفته است و این بخش می‌تواند جهت برداشت رسوبات بسیار مناسب باشد. به دلیل تجمع زیاد رسوبات در این محدوده رودخانه، می‌توان این محدوده را به عنوان مناسب‌ترین محدوده برای برداشت رسوبات انتخاب کرد. بر اساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی مشخص شد حداقل عمق رسوب قابل برداشت ۵۰ cm سانتی‌متر می‌باشد و حداکثر عمق برداشت، حداکثر ارتفاع رسوب‌گذاری می‌باشد. میزان برداشت و محدوده مورد نظر براساس این محدودیت تعیین گردید. متوسط رسوبات در مقاطع رودخانه Ton ۱۶۵۰ می‌باشد.



شکل ۱۴- تغییرات میزان رسوب در مقاطع مختلف بازه.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق با مدل HEC-RAS الگوی هیدرولیک و رسوب رودخانه شفاء شبیه‌سازی شد و بهترین مکان و میزان برداشت شن و ماسه تعیین گردید.

با مقایسه پروفیل طولی بستر در شرایط بعد از برداشت نسبت به شرایط قبل از برداشت مشخص شد، که در نیمه اول بازه مورد مطالعه از سمت بالادست (مقطع ۱-۹۸) پدیده رسوب‌گذاری با عمق کم روی داده است در حالیکه در نیمه وسط بازه مورد مطالعه (مقطع ۱۰۰-۱۵۰) به سمت پائین دست بالآمدگی کف رودخانه وجود داشته است.

منابع

- Abedi I and Ganji M, 2016. Investigation and pathology of factors affecting the uncontrolled extraction of river sand using fuzzy Delphi approach. *Journal of Natural Environment*, 96(4):1041-1059. (In Persian with English abstract).
- Asadi F, Fazl Oli R, Emadi A and Asadi M, 2011. Hydraulic simulation of sediment in a river using the mathematical model HEC-RAS4.0 (Case study: Talar River). *Third National Conference on Comprehensive Water Resources Management*. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 10-11 September Sari, Iran. (In Persian with English abstract).
- Ashraf MA, Maah MJ, Yusoff I, Wajid A and Mahmood K, 2011. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia. *Scientific Research and Essays* 6(6): 1216-1231.
- Azizian A and Samadi A, (2019). Potential of off-river sand mines by combining GIS and geomorphological models, Case study: Ferdows and Ghaen watersheds. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 10 (4): 564-579.
- Cook A and Merwade V, 2009. Effect of Topographic data geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. *Journal of Hydrology* 377(1-2):131-142.
- Honarbaksh A, Hedayatipour K and Samadi H, 2020. Investigation of the effects of sand harvesting on the hydromorphological behavior of the river canal: A case study of the dry river of Farsan. *Quantitative Geomorphology Research* 9(1): 203-216. (In Persian with English abstract).

نتایج نشان داد میزان فرسایش و رسوب‌گذاری در ۱/۵ کیلومتر اول و ۱ کیلومتر آخر تقریباً رسوب‌گذاری کم می‌باشد و مصالح در این منطقه خیلی قابل برداشت نیست. بهترین منطقه برای برداشت مصالح در این بازه از کیلومتر ۱/۵ تا ۲/۵ تقریباً وسط بازه می‌باشد.

با توجه به تغییرات رقوم بستر رودخانه، حداکثر تغییر حدود ۱/۲ متر و متوسط تغییرات در حدود ۰/۵ متر در طول مسیر رودخانه می‌باشد.

در پایان پیشنهاد می‌شود قبل از هرگونه برداشت مصالح، محدوده مجاز برداشت با انجام فرایند تحلیل رسوب رودخانه مشخص گردد.

- Imam Gholizadeh S, Shirdel S, Ganjavian M, Mohammadiun M and Fathi Moghaddam M, 2010. Investigation of erosion and subsoiling of Shirin Darreh River using Hec-Ras Mathematical Model. *Journal of Water Engineering* 1(1): 19-34. (In Persian with English abstract).
- Moradinejad A, Haghahi AH, Torabi H and Jabari A, 2021. Qara-Chai River sediment survey of the Markazi province numerical model HEC-RAS.4. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 8 (10): 1628-1636. (In Persian with English abstract).
- Moradi A, Sidian M, Kaheh M and Heshmatpour A, 2018. Locating the harvesting of riverine materials using HEC-RAS model. Case study: Ghorchai river of Golestan province. *Scientific and Research Journal of Irrigation Engineering* 9(33): 76-88.
- Pappenberger F, Bevena K, Horritb M and Blazkova S, 2005. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RASS using inundation and downstream level observation. *Journal of Hydrology* 302(1-4): 46:69
- Peyro M, Ghomeyshi M and Nohani E, 2012. Evaluating the river bed sediment from HECRAS.4 numerical model. (Case Study: Beshar River, Kohgiluyeh and Boyerahmad Province). National Conference on Inter Basin Water Transfer. 23 May, Islamic Azad University of Shahrekord, Iran. (In Persian with English abstract).
- Samadi A, Azizian and Mozaffari J, 2016. Numerical study of the displacement pattern of sand pits with one-dimensional and two-dimensional models. *Quantitative Geomorphological Research* 6(3):78-89. (In Persian with English abstract).
- Sracek O, Bohdan K, Martin M, Vladimir M, rantisek V, Zbynek V and Imasiku N, 2012. Mining-related contamination of surface water and sediments of the Kafue River drainage system in the Copperbelt district, Zambia: An example of a high neutralization capacity system. *Journal of Geochemical Exploration* 112: 174-188.