پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال نهم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۹
صص. ۴۹-۳۴

ارزیابی ناپایداری کانال رودخانه بیدواز اسفراین با استفاده از مدل جانسون

تکتم یزدانی – کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
شهرام بهرامی* – دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
محمد مهدی حسین‌زاده – دانشیار دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳ تائید نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۰۹

چکیده

تغییرات کناره کانال، فرسایش و حمل رسوب کناره‌ای فرایندی طبیعی در رودخانه است که باعث تخریب زمین های کشاورزی و خسارت به زیرساختهای انسانی می‌شود. در این تحقیق از مدل جانسون جهت ارزیابی میزان فرسایش و ناپایداری کرانه رودخانه بیدواز استفاده شده است. برای انجام این کار، بازه‌ای از رودخانه انتخاب و ۹ مقطع از این بازه مورد بررسی قرار گرفت. در مدل جانسون، ۱۳ پارامتر جهت ارزیابی فرسایش کناره‌ای رودخانه استفاده می‌شود. نتایج بدست آمده از این مدل نشان می‌دهد که از سمت بالا دست رودخانه به سمت پایین دست، میزان فرسایش کناره‌ای و بستر افزایش می‌یابد. علت بالا بودن میزان فرسایش در قسمت پائین دست رودخانه، شیب زیاد کرانه کانال و عدم چسبندگی خاک آن بوده است. در میان ۱۳ پارامتر، برخی از پارامترها مانند فعالیت حوضه آبریز و دشت سیلابی و مشخصات آن (پارامتر۱) و حالت جریان (پارامتر۲) وجه مشترک ناپایداری در تمامی مقاطع بوده است. دیگر پارامترها از جمله فاصله نقطه اثر مئاندر (پارامتر۱۳) نقش کمتری در ناپایداری کانال بیدواز داشته‌اند. در مجموع، کانال های مربوط به مقاطع ۷، ۸ و ۹ دارای بیشترین آسیب پذیری هستند.

واژگان کلیدی: ناپایداری کانال، مدل جانسون، رودخانه بیدواز.

* نویسنده مسئول: E-mail: sh_bahrami@sbu.ac.ir

مقدمه

رودخانه‌ها سیستم‌های طبیعی پیچیده‌ای هستند که طبقه بندی آنها می‌تواند درک بهتری از مطالعه فرآیندها و اشکال رودخانه را فراهم آورد (سیمون و هپ[1]، ۱۹۹۲). فرسایش کرانه‌ای یکی از منابع اصلی تولید رسوب در جریان‌ها و رودخانه‌ها شناخته می‌شود. افزایش فرسایش کناره‌ها نه تنها موجب افزایش بار رسوب می‌شود بلکه موجب ناپایداری رودخانه و تغییر نوع جریان و الگوی کانال هم می‌شود (برنهارت و همکاران، ۲۰۰۵). از این رو طی چند دهه‌ی اخیر بار رسوب و ناپایداری کناره‌های رود، نگرانی‌های عمده‌ای را در سطح جهان ایجاد نموده و مبالغ زیادی برای پایداری کناره‌های رودخانه‌ها صرف شده است. حفاظت سواحل رودخانه‌ها در مقابل فرسایش از اهمیت زیادی برخوردار است. مکانیسم تخریب و شکست دیواره‌ها نه تنها بستگی به نوع و شدت فرسایش دارد، بلکه به ویژگی‌های دیواره نظیر شکل سازه و ویژگی‌های مکانیکی مواد تشکیل دهنده‌ی آن‌ها نیز وابسته است (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۰:۱۶۳). جانسون و همکاران[2] (۲۰۰۲) فرسایش رودخانه را در ارتباط با حالت جریان و الگوی رودخانه مورد بررسی قرار داد. تاکنون تحقیقات زیادی توسط محققان داخلی و خارجی در زمینه ناپایداری و فرسایش کرانه رودخانه و مدیریت حفاظت از کرانه‌ها انجام گرفته است: کوان و سوانسن[3] (۲۰۱۴) به پیش‌بینی فرسایش سالانه‌ی کرانه رودخانه با استفاده از شاخص خطر فرسایش کرانه‌ای (BEHI) و روش تنش برشی نزدیک کرانه‌ای (NBS) برای جنگل ملی سکویا در کالیفرنیا پرداختند؛ آنها به منظور درک مکانیسم‌ها و نرخ فرسایش در جنگل‌های ملی سکویا و تحلیل اثرات آتش‌سوزی و نقش این عامل در ایجاد فرسایش، روش‌های BEHI و تنش برشی را مورد استفاده قرار دادند. آنها نتایج بدست آمده از طریق روش‌های BEHI و NBS با فرسایش واقعی کرانه در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ را باهم مقایسه کردند. خالقی و ملکانی (۱۳۹۴) در پژوهشی به برآورد فرسایش کرانه رودخانه‌ای لیقوان‌چای با استفاده از شاخص تنش برشی نزدیک کرانه روزگن[4] پرداخته‌اند که در روش (R_C/W_{bkf})، میزان فرسایش پذیری کرانه در اکثر مقاطع به جز مقاطع ۱۰، کم و خیلی کم، و در روش (d_{nb}/d_{bkf}) در اکثر مقاطع فرسایش‌پذیری کرانه‌ها در حد کم تا متوسط بود. اسماعیلی و حسین زاده (۱۳۹۴) در طبقه‌بندی حوضه‌های رودخانه لاویج در منطقه کوهستانی البرز شمالی از روش روزگن و استیل رود استفاده نمودند و ۸ استایل را در این حوضه شناسایی کردند. حسین‌زاده و همکاران(۱۳۹۶) در بررسی ناپایداری رودخانه و طبقه بندی الگوی جریان رودخانه گلالی قروه بر اساس طبقه بندی روزگن پرداختند و در بازه ۳ کیلومتری رودخانه، ۵ مقطع عرضی تعیین کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد رودخانه از نوع سینوسیته بوده و دارای فرسایش کناره‌ای است. هدف این مطالعه، بررسی میزان خطر فرسایش کناره‌ای و شناسایی منطق مستعد در برابر فرسایش کناره‌ای در رودخانه بیدواز است.

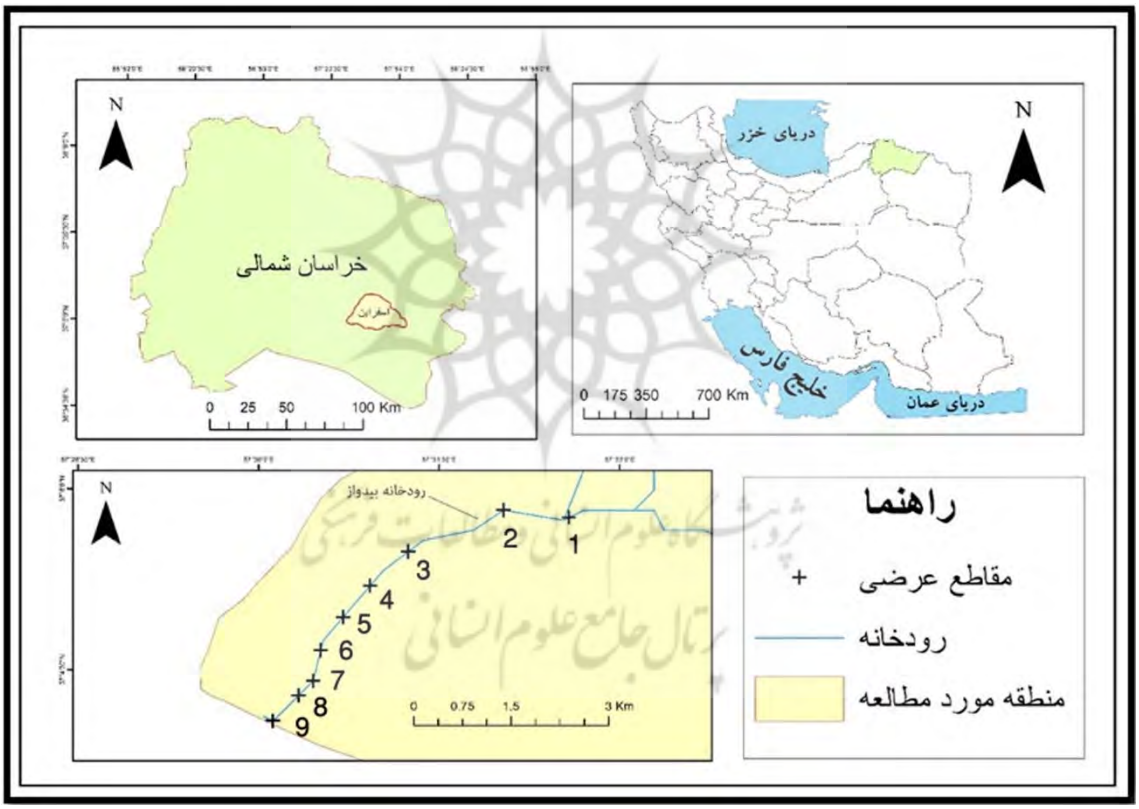
---

1. Simon and Hupp
2. Johnson et al
3. Kwan and Swanson
4. Rosgen

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

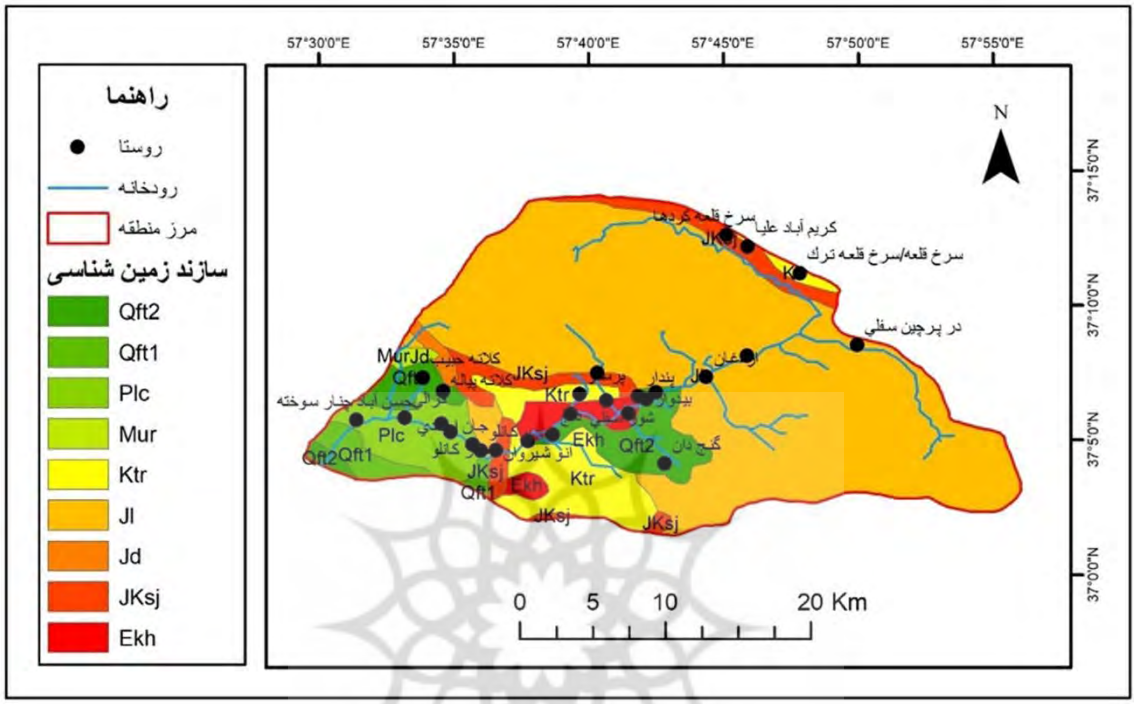
منطقه مورد مطالعه رودخانه بیدواز به طول ۴۲ کیلومتر از انشعابات مهم رودخانه کالشور است که در حوضه آبریز کویر مرکزی قرار دارد. این رودخانه در محدوده جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه ۲۴ دقیقه تا ۵۷ درجه ۴۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد. جهت جریان شمالی شرقی–جنوبی غربی است (شکل۱). بازه مورد مطالعه در این مقاله به طول ۶ کیلومتر است. این رودخانه از کوه ژاوی سرچشمه گرفته و با پیوستن مسیل‌های ایمانی، اردغان، راعی زیرکمر، بازه و کلاته وارد شهرستان اسفراین می‌شود. متوسط حداکثر دمای ماهانه در تیر ماه ۴۰/۱۵ درجه سانتیگراد و متوسط حداقل دمای ماهانه در بهمن ماه ۱۲/۶۹– درجه سانتیگراد می‌باشد. مقدار میانگین بارش سالانه منطقه ۲۶۶/۲۴ میلیمتر در سال می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان خراسان شمالی

به لحاظ زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه در پهنه رسوبی ساختاری کپه داغ و صفحه زمین شناسی شیروان قرار گرفته است. این پهنه بخش خاوری کوه‌های البرز می‌باشد ولی ویژگی زمین شناختی و ساختاری آن نسبت به دیگر نواحی متفاوت است. شروع حوضه (رودخانه بیدواز) که از حدود ۲ کیلومتری بالادست روستای سرچشمه است، متشکل از آهکهای سازند مزدوران بوده و در ادامه از ساندهای شوریجه، تیرگان، پسته‌لیق، خانگیران و رسوبات ترشیری، کواترنری عبور کرده و آبرفتهای مسطح پست Q^{t2} در پایین دست شهر اسفراین خاتمه می‌یابد. سازند اصلی بازه مورد مطالعه Qt۱ است. این رسوبات از نوع رسوبات آبرفتی پادگانه‌ای با قلوه‌های ریز و درشت و کنگلومرای نسبتا بدون سیمان بوده که سطوح پادگانه‌ای مرتفع‌تری را تشکیل می‌دهند. پراکندگی این رسوبات در بخش شمالی–جنوبی اسفراین زیاد می‌باشد. واحد Qt۲ نهشته‌های

آبرفتی زمین‌های پست و دشت‌ها و زمین‌های کشاورزی را ایجاد کرده و از کنگلومرای بدون سیمان دانه‌ریز و مخلوطی از ذرات بسیار ریز تا متوسط تشکیل‌شده است. واحد Qt۱ شامل کنگلومرای دارای قلوه سنگ‌های ریزدانه‌تر است. واحد Qa۱ شامل رسوبات آبرفتی بستر رودخانه بیدواز بوده که جوان‌ترین نهشته های آبرفتی را پدید آورده اند (شکل۲).



شکل۲: نقشه سازندهای زمین شناسی حوضه موردمطالعه

روش کار

در این تحقیق، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر گوگل ارث، جهت تعیین محدوده کانال رودخانه بیدواز استفاده شده است. ارزیابی فرسایش کناره‌ای رودخانه بیدواز بر اساس مدل جانسون (۲۰۰۶) استفاده شده است. در مدل مذکور از ۱۳ پارامتر جهت تعیین پایداری و ناپایداری رودخانه استفاده شده است (جدول ۱). برای هر پارامتر امتیازی بین ۱ تا ۱۲ در نظر گرفته شده است.

در مدل جانسون، با توجه به شکل کانال و حالت جریان، رودخانه ها به سه دسته تقسیم طبقه‌بندی میشوند:

۱: کانال های با چالاب–خیزآب و بسترهای هموار با چین شکن ماسه ای و مهندسی ساز،

۲: کانال ای کاسکاد و سکو–چالاب

۳: کانال های شریانی

بعد از مشخص شدن شکل کانال و اختصاص امتیازات مربوطه به هر مقطع (بر اساس جمع امتیازات ۱۳ پارامتر) ، مشخص شد که هر مقطع در کدام یک از ۴ گروه عالی، خوب، متوسط و ضعیف از نظر پایداری قرار دارد. در نهایت با مقایسه مقاطع ، عواملی که باعث ناپایداری در کانال رودخانه در مقاطع مختلف شده اند مورد بررسی قرار می گیرد.

پارامترهای ۱۱،۱۲، ۱۰، ۷، ۴، ۳، ۲ و ۱ بر اساس مطالعات میدانی و نظر کارشناسی امتیاز دهی شدند. پارامترهای ۵ و ۸ بر اساس آنالیز آزمایشگاهی، و پارامتر های ۶، ۹ و ۱۳ با توجه به تصاویر ماهواره ای، نقشه برداری و نظر کارشناسی امتیاز دهی شدند.

جدول۱: ۱۳ پارامتر مورد استفاده جهت ارزیابی ناپایداری رودخانه در مدل جانسون

شاخص‌های پایداری	عالی(۱-۳)	خوب(۴-۶)	متوسط(۷-۹)	ضعیف(۱۰-۱۲)
۱) فعالیت در حوضه ابریز و دشت سیلابی و مشخصات ان	حوضه آبریز جنگلی، دست نخورده و پایدار	اختلالات جزئی در یک حوضه ابریز،جنگل زدای،کمی فعالیت کشاورزی	اختلالات مکرر در یک حوضه ابریز ریزش های دامنه ای برداشت شن ماسه از بستر رودخانه،تغیر شکل یا ساخت وساز یا ساختن جاده یا فعالیت کشاورزی یا توسعه شهر نشینی در در اطراف یک حوضه ابریز	اختلالات پیوسته و مکرر در یک حوضه ابریز. کشاورزی قابل توجه، حرکت دامنه ای، برداشت شن و ماسه از بستر رود به عنوان معدن،تغییر شکل، ساختو ساز و ساخت جاده ، تغییر زیر ساختها توسعه زیاد شهر نشینی و تکرار ان در اطراف حوضه ابریز
۲)حالت جریان	جریان دائمی رود بدون رفتار لحظه ای	جریانات دائمی یا شبکه های درجه یک موقت با کمی افزایش سیلاب	جریان دائمی یا فصلی با رفتار لحظه ای جریانات دائمی یا شبکه های درجه یک موقت با کمی افزایش سیلاب	بسیار لحظه ای، دبی غالبا لحظه ای، جریانات موقت به جای شبکه درجه ۱
۳) الگوی کانال	رود مستقیم تا مئاندری با شعاع انحناء کم و اغلب دارای بار معلق،	مئاندری با شعاع خمش متوسط، دارای بار معق و بار کف، کانال دستکاری شده (مهندسی شده) به خوبی حفظ شده	مئاندری تا کمی گیسوی، مئاندری پر پیچ و خم، اغلب دارای بار بستر، بار رسوبی بیشتر، کانال دستکاری شده به طور ضعیفی (کمی) حفظ شده	گیسوی ، عمدتا بار بستر، کانال دستکاری شده حفظ نشده است
۴) برش (حفر بستر)/ محدودیت	دشت سیلابی فعال در کرانه رود خانه وجود دارد ، نشانه ای از زیربری سازه ها وجود ندارد.	دشت های سیلابی فعال متروک است، اما هنوز باز سازی می شود. حداقل محدودیت کانال، زیر سازه ها برونزد نیافته است. خاکریز ها ی طبیعی کم هستند و کاملا دور از کرانه رود است.	محدودیت متوسط در دیواره های کانال یا دره، زیر سازه ها کمی برونزد یافته، پادگانه وجود دارد. دشت سیلابی متروک شده است. اندازه خاکریز متوسط هستند و کمترین فاصله را از رودخانه دارند.	در پائین دست، کنیک (شکست شسب) قابل مشاهده است. خطوط جریان آب بر روی بستر و دیگر سازه ها ظاهر شده اند. نسبت پهنا به عمق کم است. کاملا محدود (برش یافته)، خاکریز های مرتفع در حاشیه کانال وجود دارد.
۵) موادبستر Fs = نسبت تقریبی مقدار ماسه در کف	اندازه های متنوع به طور متراکم فشرده شده، روی هم قرار گرفته، احتمالا فلس مانند (ورقه ای)، بیشتر مواد زیر ۴ میلیمتر	به طور متوسط فشرده شده، با مقداری همپوشانی، مقدار بسیارکمی از مواد زیر ۴ میلیمتر هستند .20 < Fs < 50%	جوراجوری (تنوع) کم، بدون هم پوشانی، مقدار کم تا متوسطی از مواد زیر ۴ میلیمتر هستند	تنوع اندازه رسوبات (جورشدگی کم) بسیار کم بدون فشردگی، مقدار زیادی از مواد زیر ۴ میلیمتر هستند .Fs<70%،

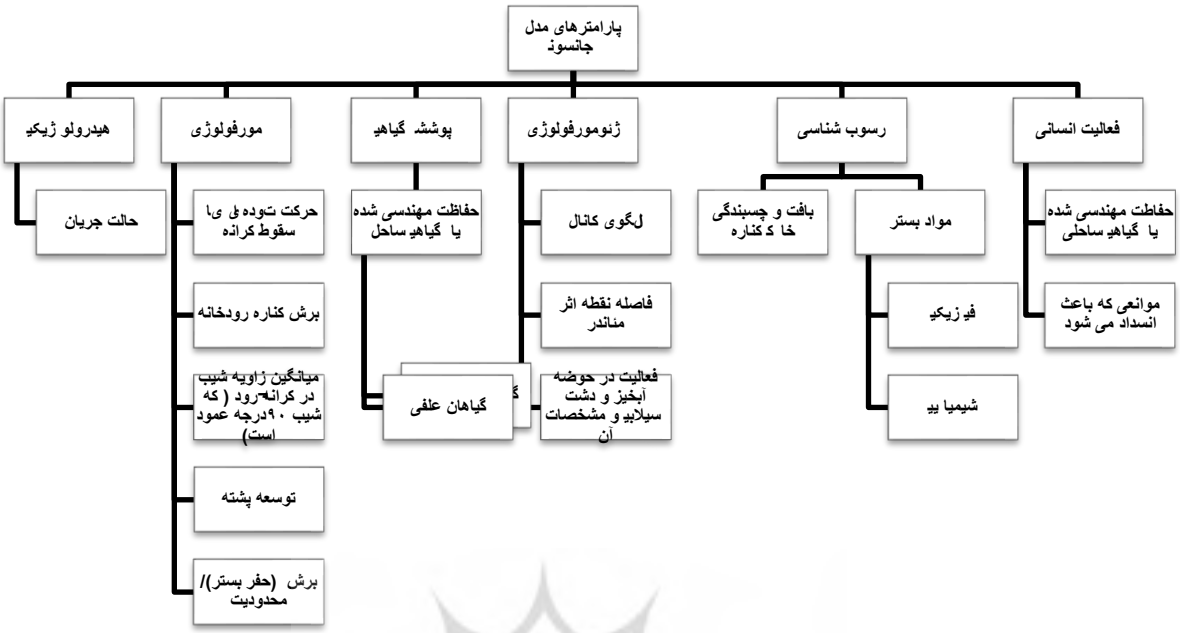
	هستند. FS<20%		50 < Fs<70%	
۶) توسعه پشته	For S<0.02 & w/y >12 پشته ها بالغ و نسبت به پهنای کانال در مواقع کم آبی، باریک هستند. دارای پوشش گیاهی خوب و از گراول های درشت تا قلوه سنگ تشکیل شده اند. در For S>0.02& w/y <12, هیچ پشته ای وجود ندارد	For S < 0.02 & w/y > 12, پشته ها ممکن است دارای پوشش گیاهی و از گراول های درشت تا قلوه سنگ تشکیل شده باشند اما رشد حداقلی اخیر پشته ها، بوسیله عدم پوشش گیاهی در بخشهایی از پشته مشخص است. برای .For S >0.02 w/y < 12,& هیچ پشته ای وجود ندارد.	For S < 0.02 & w/y > 12 پهنای پشته ها گرایش دارد که عریض باشد و از ماسه های درشت (اخیرا رسوب گذاری شده) تا قلوه سنگهای کوچک با پوشش گیاهی پراکنده تشکیل شده است. for S > 0.02 & w/y < 12 پشته ها شکل می گیرند	پهنای پشته ها عموما بیشتر از نصف پهنای رودخانه در مواقع کم آبی است. پشته ها از رسوبات گسترده ریز تا گراولهای درشت با مقدار کم یا بدون پوشش گیاهی تشکیل شده اند. برای 0.02 & <for S 12 > w/y پشته ای وجود ندارد
۷) موانعی که باعث انسداد و انحراف جریان میشود شامل برونزدگیهای سنگی، لایه زره (جوشن)، واریزه های چوبی بزرگ (تنه های درخت)، اقدامات صورت گرفته جهت کنترل شیب، پوشش بستر پل، سنگ چین (دیوار حائل)، دایک ها، پره ها، سنگچین ها (ریپ راپ ها)	کم یا ناموجود	گاهی، باعث جریانات عرضی ، و فرسایش جزئی دیواره ها و بستر فرسایش کف بستر می شود.	به طور متوسط غالب، گاهی موانع ناپایدار، که باعث فرسایش قابل ملاحضه کانال می شود. تجمع قابل ملاحضه رسوب پشت موانع	غالبا ناپایدار، موجب انتقال دائمی رسوب و جریان می شود. تله ها به راحتی پر می شوند و باعث مهاجرت کانال یا عریض شدن آن می شوند. پرمیشوند و باعث عریض شدن رودخانه یا عیق شدن آن میشوند
۸) بافت و چسبندگی خاک کناره	موادی که چسبندگی زیادی دارند،رس و سیلت رس	رس های لومی و شن های رسی لومی،مقدار کمی مواد غیر چسبنده و تحکیم نیافته، لایه ها ممکن است وجود داشته باشد	رسهای ماسه ای تا لوم های ماسه ای، ترکیبی از مواد تحکیم نیافته یخچالی یا دیگر مواد، لایه ها و لنز	ماسه لومی تا ماسه، مواد غیر چسبنده ، ترکیبی از مواد تحکیم نیافته یخچالی یا دیگر مواد، لایه ها و لنز هایی که شامل ماسه ها و گراول

		اما از مواد چسبنده تشکیل شده است.	هایی از مواد غیر چسبنده و تحکیم نیافته	های غیر چسبنده هستند.
۹) میانگین زاویه شیب در کرانه رود (که شیب ۹۰درجه عمود است)	شیب کرانه زیر ۱۸ درجه برای مواد غیر چسبنده و تحکیم نیافته تا زیر ۴۵ در جه در رس‌ها در دو کرانه	شیب کرانه بالای ۲۷ درجه برای مواد غیر چسبنده و تحکیم نیافته و بالای ۵۰ در جه در رسها در یک یا دو کرانه	شیب کرانه تا ۴۵ درجه برای مواد غیر چسبنده و تحکیم نیافته و تا ۶۰ در جه در رسها در یک یا دو کرانه	شیب کرانه بالای ۴۵ درجه برای مواد غیر چسبنده و تحکیم نیافته و بالای ۶۰ در جه در رسها در یک یا دو کرانه
۱۰) حفاظت مهندسی شده یا گیاهی ساحل	نوار عریض پوشش گیاهی درختی با تراکم و پوشش حداقل ۹۰ درصد. عمدتا درختان جنگلی، پهن برگ و برگریز، با پوشش گیاهی سالم، بالغ و متنوع در کرانه ها. پوشش گیاهی درختی، به صورت عمودی قرار گرفته. در صورت عدم وجود پوشش گیاهی، دو کرانه زره دار و پوشیده شده است.	نوار متوسط پوشش گیاهی درختی با تراکم و پوشش ۷۰ تا ۹۰ درصد. بیش از ۵۰ درصد درختان جنگلی، پهن برگ و برگریز، با پوشش گیاهی سالم، بالغ و متنوع در کرانه ها. پوشش گیاهی درختی، با زاویه ۸۰ تا ۹۰ درجه نسبت به افق قرار گرفته صورت عمودی قرار گرفته و دارای حداقل برونزدگی ریشه است. بخشی از دو کرانه زره دار و پوشیده شده است.	نوار کوچکی پوشش گیاهی درختی با تراکم و پوشش ۵۰ تا ۷۰ درصد. بیش از ۵۰ درصد درختان نرم چوب، کاج و مخروطی ها، با پوشش گیاهی جوان و پیر و بدون تنوع، واقع در حاشیه یا بالای کرانه . پوشش گیاهی درختی، با زاویه ۷۰ تا ۸۰ درجه نسبت به افق قرار گرفته صورت عمودی قرار گرفته و دارای برونزدگی واضح ریشه است. بدون پوشش کرانه اما مقداری زره (پوشش) ممکن است در بخشی از یک کرانه وجود داشته باشد	نوار پوشش گیاهی درختی، بسته به سن و سلامت، متفاوت است و دارای تراکم و پوشش کمتر از ۵۰ درصد است. بیش از ۵۰ درصد درختان نرم چوب، کاج و مخروطی ها، با پوشش گیاهی بسیارجوان و پیر وخشک (مرده) ، یا غلبه چند نوع پوشش گیاهی مشابه (مونوستند: گروهی از گیاهان (عموما علفها) با تیره یکسان که با هم در یک محل، و در غیاب گونه های دیگر رشد می کنند) که دور از کرانه قرار دارند. پوشش گیاهی درختی کج شده (کمتر از ۷۰ درجه) و دارای برونزدگی وسیع ریشه است.
۱۱)برش کناره رودخانه	(فرسایش کناره های ساحل رود خانه) کمی یا اصلا وجود ندارد.	به طور متناوب درامتداد خکیدگی های کانال در	برش کناره) در دو طرف کرانه غالب است. مواد خام بخش	تقریبا برش پیوسته در دوطرف کرانه مشاهده میشود،بعضی بریدگی

	کمی مواد خام که درصد ناچیزی از کرانه کلی را شامل می شود.	مناطقی که به طور آشکار کانال تنگ (باریک) شده است. مواد خام بخش کوچکی از ساحل را در جهت عمودی تشکیل می دهد.	زیادی از کرانه را در جهت عمودی تشکیل می دهد. حصیر ریشه (mat mat) آویزان است.	ها در بیشتر سواحل دیده می شود. زیر بری وجود دارد و ریشه چمن (sod root) آویزان است.
۱۲) حرکت توده ای یا سقوط کرانه	عدم وجود یا شواهد کمی از پتانسیل یا حرکات توده ای وجود دارد. پهنای یکسان کانال در تمام قطعه.	شواهد محدود و یا کم از حرکات دامنه ای وجود دارد. غالبا التیام یافته (جوش خورده) بوسیله پوشش گیاهی. پهنای نسبتا ثابت کانال و مقدار کمی ریزش کناره ها	شواهد عمده ای از وقوع حرکات توده ای وجود دارد که توسط جریانهای شدید می تواند بد تر (تشدید) شود و باعث زیر بری و حرکات توده ای در کرانه های ناپایدار می شود. پهنای کانال کاملا بی نظم است و ریزش کرانه ها به خوبی مشهود است.	حرکات توده ای گسترده و غالب. دارای پتانسیل سقوط کرانه ها به طوری که شکافهای کششی موید آن است. زیر بری توده ای و فروافتادگی کرانه قابل مشاهده است. پهنای کانال شدیدا بی نظم است و کرانه ها سقوط کرده اند.
۱۳) فاصله نقطه اثر مئاندر(در بالادست پل) تا پل و هم راستایی	بیشتر از ۳۵ متر، پل با جریان رود کاملا هم راستا است.	۲۵تا۳۵ متر، پل با جریان هم راستا است	۱۰ تا ۲۰ متر، پل نسبت به جریان اریب (کج) است، یا راستای جریان در زیر پل متمرکز نیست.	کمتر از ۱۰ متر، پل مقدار کمی با جریان هم راستا است.

H= horizontal, V= vertical, Fs= fraction of sand, S = slope, w/y = width-to-depth ratio

تمامی پارامترهای مدل جانسون در فلوچارت زیر دسته بندی شده است که شامل شش گروه هیدرولوژیکی، مورفولوژی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، رسوب شناسی و فعالیت انسانی است.



شکل۳: فلوچارت تقسیم بندی پارامترهای مدل جانسون

جهت محاسبه ناپایداری کانال رودخانه، نیاز است ابتدا مورفولوژی رودخانه مشخص شود. در مدل جانسون برای هر کانال بنا به شرایط جریان و شکل کانال طبقه بندیی صورت گرفته است که در جداول ۲ بیان شده است.

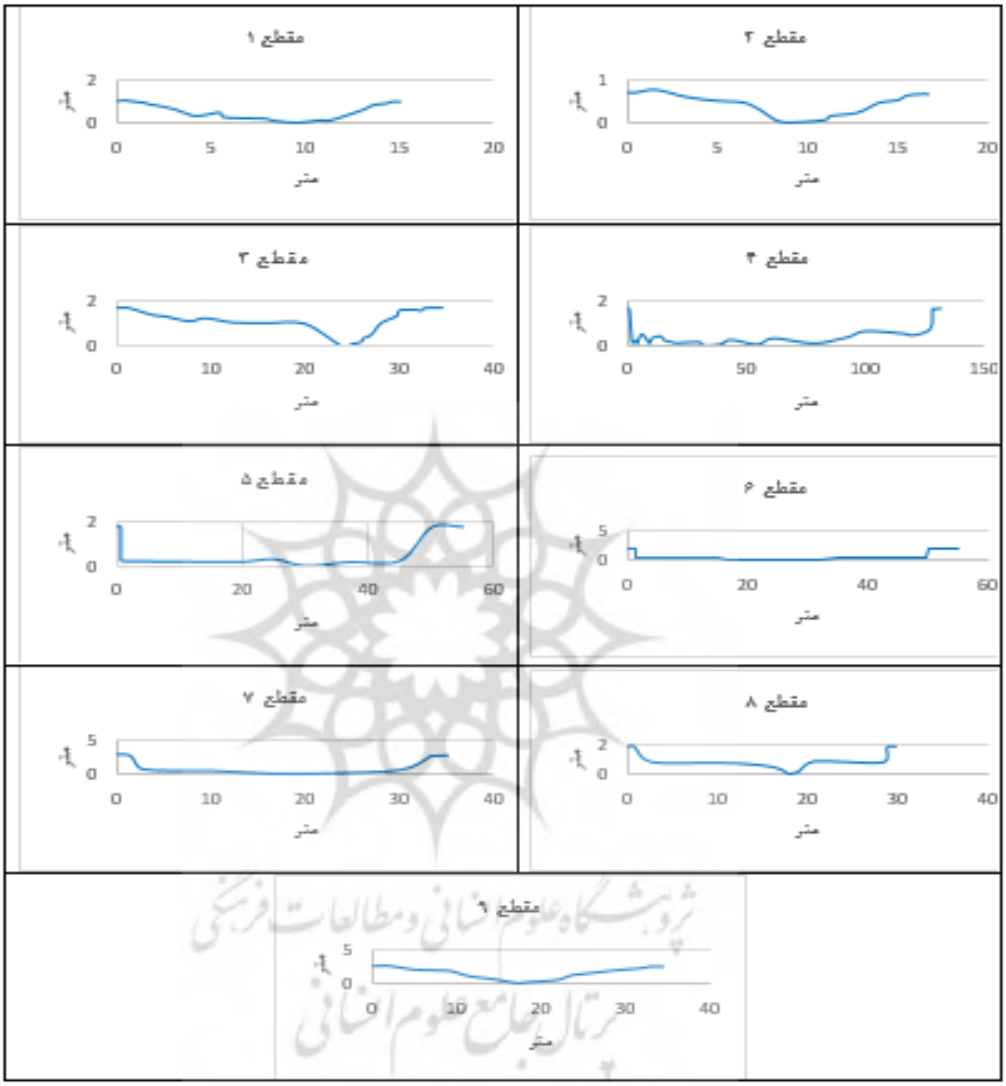
جدول ۲: طبقه‌بندی برای کانال‌های با چالاب_خیزآب و بسترهای هموار با چین شکن ماسه‌ای و مهندسی ساز، کانال‌های کاسکاد[1] و سکو- چالاب[2]، کانال‌های شریانی

کانال‌های با چالاب_خیزآب و بسترهای هموار با چین شکن ماسه-ای و مهندسی ساز		کانال‌های کاسکاد و سکو- چالاب		کانال‌های شریانی	
طبقات ناپایداری	امتیازات	طبقه بندی	امتیازات	طبقه بندی	امتیازات
عالی	R<49	عالی	R<41	عالی	N/A
خوب	49≤R<85	خوب	41≤R<70	خوب	R<94
متوسط	85≤R<120	متوسط	70≤R<98	متوسط	94≤R<129
ضعیف	120≤R	ضعیف	98≤R	ضعیف	129≤R

1. cascade
2. Step- pool

با توجه به اینکه رودخانه بیدواز از نوع کاسکاد و سکو- چالاب است، از جدول ۲ جهت محاسبه رده ناپایداری کانال استفاده شده است. جهت تعیین نوع مقاطع، ۹ مقطع عرضی تهیه شده است (شکل۴).

شکل ۴: نیمرخ عرضی مقاطع مورد مطالعه در رودخانه بیدواز



نتایج و بحث

در رودخانه های کاسکاد-سنگ بستری، رخنمون های سنگی در بستر جریان ظاهر می شوند(حسین زاده و اسماعیلی، ۱۳۹۴). رودخانه های سکو-چالاب در شیب های بین ۳ درصد تا ۸ درصد رخ می دهد (مونتگمری و بافینتون[1] ، ۱۹۹۷).

در این کانال ها اشکال پله مانندی که شامل قطعه سنگ ها و قلوه سنگ ها و یا واریزه های چوبی هستند، وجود دارد. امتیاز دهی با استناد به جدول ۳ است، که جمع بندی امتیازات نهایی پایداری کانال رودخانه برای ۹ مقطع مورد مطالعه در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

نتایج نشان می دهد که در مقطع شماره ۱، حالت جریان (پارامتر۲) بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و فعالیت حوضه آبریز و دشت سیلابی (پارامتر۱) در رده دوم قرار دارد و پارامتر فاصله نقطه اثر پیچانرود (پارامتر۱۳) کمترین تاثیر در

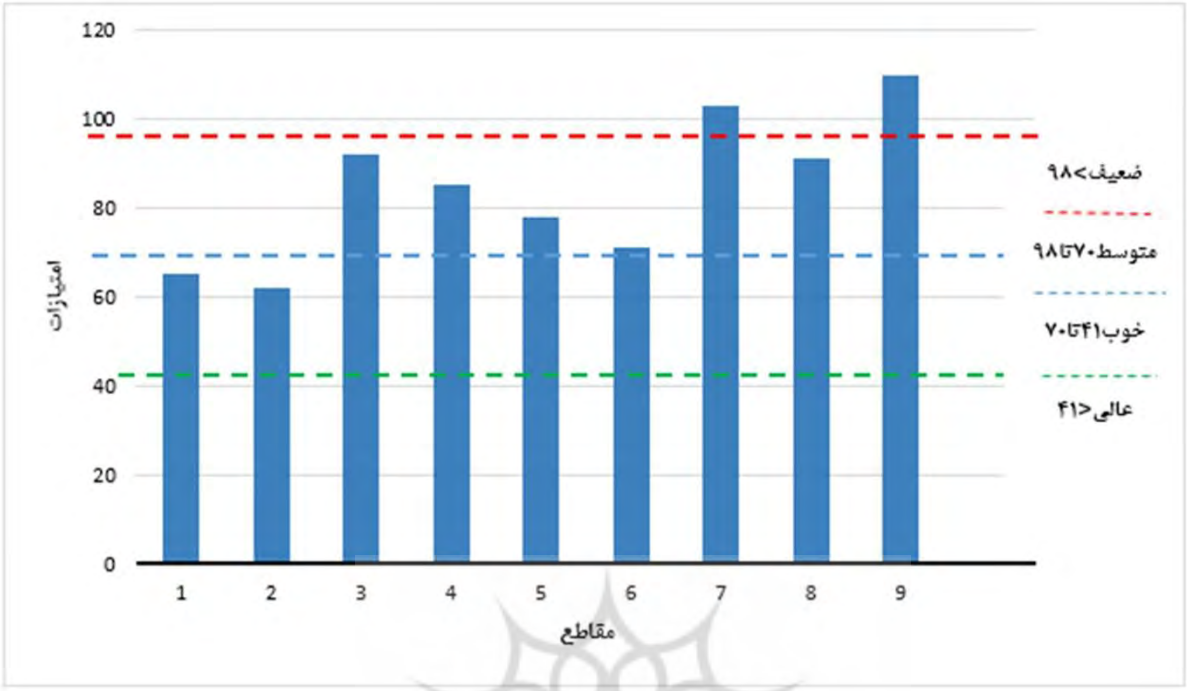
[1]. Montgomery and Buffington

ناپایداری در این مقطع را داشته است. در واقع حالت جریان و فعالیت حوضه آبریز (پارامتر۱و۲) به عنوان پارامترهای دخیل در ناپایداری و ثابت برای همه مقاطع می‌باشد اما ممکن است مهمترین عامل نباشند. به عنوان مثال، در مقطع ۲، حفاظت مهندسی شده یا گیاهان ساحل(پارامتر۱۰) بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده و یا مقطع ۳ حفر بستر(پارامتر۴) بیشترین تاثیر را داشته است. همچنین در مقطع ۴، حفاظت مهندسی شده یا گیاهان ساحل(پارامتر۱۰) بیشترین تاثیر را در ناپایداری کانال داشته است (جدول۳ و شکل۵).

بررسی این تحقیق نشان می‌دهد که بعضی از پارامترها نقشی در ناپایداری کانال نداشته‌اند یا کمترین تاثیر در ناپایداری داشته اند به عنوان مثال فاصله نقطه اثر پیچانرود (پارامتر۱۳) کمترین تاثیر را در ناپایداری مقطع ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۸ و ۹ داشته است. مقطع ۶ حفر بستر (پارامتر۴)، مواد بستر (پارامتر ۵)، بافت خاک(پارامتر۸) و حرکت توده‌ای(پارامتر۱۲) پارامترهایی هستند که بر ناپایداری کانال تاثیری نداشته است و در مقطع ۷ حفاظت مهندسی شده یا گیاهی ساحل (پارامتر۱۰) کمترین تاثیری بر ناپایداری کانال داشته است (جدول۳ و شکل۵).

جدول۳: امتیازات نهایی پایداری رودخانه بیدواز بر اساس طبقه بندی ارائه شده در جدول2 (الگوی_ کانال کاسکاد و سکو_ چالاب)

امتیاز بر اساس جدول	جمع اعداد	شاخص													مقاطع مورد مطالعه
		۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
خوب	۶۵	۰	۲	۴	۶	۳	۵	۵	۷	۵	۲	۶	۱۱	۹	مقطع۱
خوب	۶۲	۰	۱	۴	۹	۲	۶	۲	۷	۸	۲	۵	۸	۸	مقطع۲
متوسط	۹۲	۱	۷	۴	۹	۴	۹	۹	۸	۷	۱۱	۷	۹	۱۰	مقطع۳
متوسط	۸۵	۰	۴	۶	۱۰	۵	۵	۸	۷	۶	۷	۸	۹	۱۰	مقطع۴
متوسط	۷۸	۲	۳	۲	۲	۱۱	۵	۱۱	۷	۵	۵	۵	۹	۱۱	مقطع۵
متوسط	۷۱	۲	۱	۲	۵	۱۲	۱	۱۱	۳	۱	۱	۱۰	۱۲	۱۱	مقطع۶
ضعیف	۱۰۳	۳	۷	۶	۲	۱۰	۷	۱۱	۷	۱۰	۱۰	۷	۱۲	۱۱	مقطع۷
متوسط	۹۱	۲	۵	۶	۶	۱۰	۷	۱۱	۱۱	۷	۷	۷	۱۱	۱۲	مقطع۸
ضعیف	۱۱۲	۲	۱۰	۱۰	۸	۶	۷	۱۰	۱۰	۷	۱۲	۷	۱۱	۱۲	مقطع۹

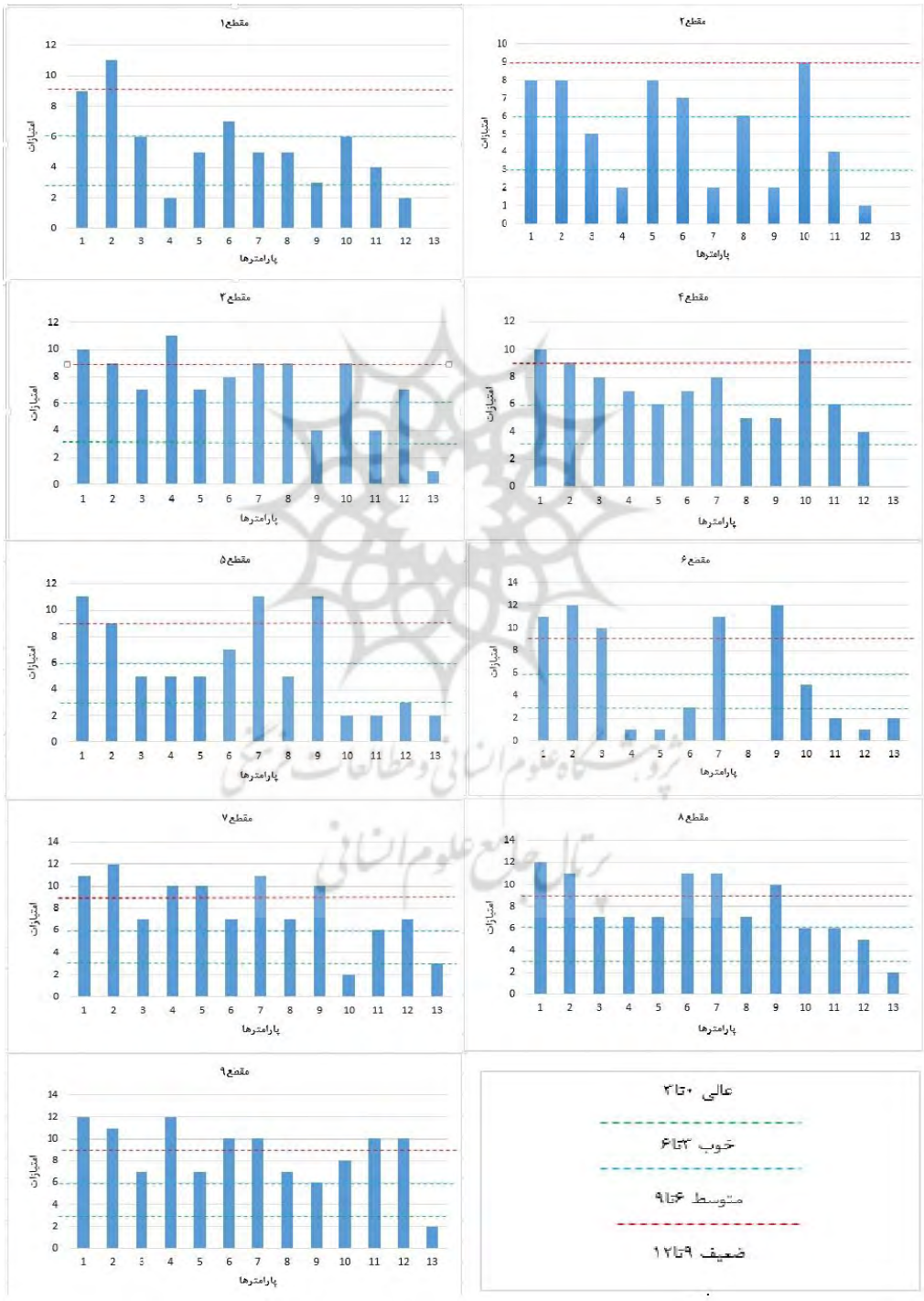


شکل ۵: نمودار امتیازات نهایی پایداری رودخانه بیدواز بر اساس طبقه بندی ارائه شده در جدول ۲ (الگوی_ کانال کاسکاد و سکو_ چالاب)

نتایج حاصل از مدل جانسون و آنالیز بافت خاک نشان می‌دهد که رودخانه بیدواز ذاتا استعداد فرسایش را دارد. با این وجود، عوامل مختلفی در ناپایداری آن دخیل می‌باشد. در بین ۱۳ پارامتر بیان شده، برخی از پارامترها نقش بیشتری در ناپایداری و برخی دیگر نقش کمتری در ناپایداری کانال داشته اند (شکل۵).

تفاوت این روش مطالعه (روش جانسون) نسبت به مطالعات قبلی این است که در عین کمی سازی به نظریات کارشناسی توجه شده است. با توجه به جدول ۳ و شکل ۶ مشخص شده است که از بالادست به سمت پایین دست کانال، بیشتر دچار تنش شده است، در واقع مناطق پایین دست دارای حساسیت بیشتری نسبت به بالا دست است. بررسی ها نشان داده که مقاطع ۱ و ۲ به دلیل پوشش گیاهی علفی و وجود مواد آلی در بافت خاک، دارای مقاوت بیشتری در کناره های کانال است. سیستم خاک و ریشه کامل کننده یکدیگر از دیدگاه تأثیر نیروها هستند (حمیدی فر و همکاران، ۱۳۹۶: گستم و همکاران، ۲۰۱۴: اسلام ، ۲۰۱۵). تحقیقات نشان داده است که خاک در مقابل نیروهای فشاری، مقاومت زیاد و در مقابل نیروهای کششی، مقاومت کمی دارد. در مقابل ریشه گیاهان مقاومت کششی زیاد و مقاومت فشاری کمی دارند (عبدالله و عثمان، ۲۰۱۱). بنابراین، حضور خاک و ریشه در کنار یکدیگر سبب تشکیل سیستمی می شود که هم مقاومت فشاری و هم مقاومت کششی زیادی از خود نشان می دهد که می‌توان از دیدگاه پایداری کناره ها در برابر فرسایش بسیار درخور توجه باشد. وین و مستقیمی (۲۰۰۶) مشخص کردند که تراکم ریشه تاثیر قابل توجهی بر روی فرسایش کناره در جنوب غربی ورجینیای آمریکا دارد. مطالعات پیشین نشان می دهد، پوشش گیاهی درختی نرخ فرسایش را از طریق اتلاف انرژی ستون آب کاهش می دهد. این فرایند از طریق افزایش زبری و مقاومت کششی ناشی از افزایش چسبندگی فراهم شده به وسیله ترکیب ریشه و خاک صورت می گیرد (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۵). حساسیت فرسایش محاسبه شده نشان می دهد که فرسایش بیشتر دربخش هایی رخ می دهد که پوشش گیاهی وجود ندارد و این امر یکی از عوامل دخیل در فرسایش کانال بیدواز است. در مقاطع ۳، ۴، ۵ و ۶ که با توجه به مدل جانسون جزء مقاطع با ضریب فرسایش متوسط هستند، عدم توجه به مسئله پوشش گیاهی باعث تشدید فرسایش در آنجا خواهد شد. همچنین در مقاطع ۷، ۸ و ۹ که

امتیاز ضعیف را به خود اختصاص داده است، در واقع ناپایداری بیشتری دارند(جدول ۳ و شکل ۵). این مقاطع که در پایین دست رودخانه قرار دارند، ساخت هرگونه سازه آبی بدون توجه به رفتار رودخانه و همچنین بافت خاک، باعث تشدید فرسایش و همچنین تخریب سازه های آبی خواهد شد (شکل۷). به طور کلی، در برخی نقاط ریزش دیواره‌های کرانه و همچنین شستشوی زیر ستون پل ها، باعث آسیب پذیری جدی کانال شده است. به نظر می رسد که در بعضی از نقاط، شستشوی فزاینده زیر پایه پل ها ممکن است ریزش پل را به همراه داشته باشد.



شکل۶: جمع امتیازات ۹ مقطع مورد مطالعه در رودخانه بیدواز

شکل۷: مقطع شماره ۲ با فرسایش پذیری کم(سمت راست) و مقطع ۸ با فرسایش پذیری زیاد (سمت چپ)

نتیجه‌گیری

داده‌ها و اطلاعات این تحقیق نشان می‌دهد که ناپایداری کانال بیدواز دارای تفاوت‌های زیادی در مقاطع مختلف آن است. منطقه مورد بررسی، از مناطق ایران مرکزی و دارای اقلیم گرم وخشک است و در این مناطق باران‌ها به صورت رگباری و شدید است. رودخانه بیدواز فصلی است و در صورت شدت بارشها به سرعت سیلاب در آن جریان پیدا می‌کند و سیلاب‌های ناگهانی از ویژگیهای بارز آن است. وقوع سیلابهای ناگهانی و تغییرات زیاد دبی، فرسایش کناره‌ها و بستر را به دنبال دارد. به طور کلی در ناپایداری کانال بیدواز عوامل متعددی دخیل می‌باشد. مورفولوژی بستر و جنس خاک باعث تغییر در الگوی یا شکل کانال می‌شود و دخالت انسانی باعث تشدید ناپایداری کرانه رودخانه می‌شود. به طورکلی مدل جانسون جهت تعیین ناپایداری بستر و کناره‌های رودخانه طرح شده است، که مبتنی بر شناخت شکل رودخانه (الگو)، تثبیت، سواحل و بستر رودخانه، کانالیزه کردن و کنترل سیلاب است. رودخانه بیدواز در مسیر مورد مطالعه دارای ۴ پل است و ارزیابی داده‌ها نشان داد که مقاطع انتهایی رودخانه دارای ناپایداری بیشتر است به نحوی که فرسایش از کف و کناره‌های پل بسیار مشهود می‌باشد (شکل۷). در مجموع پیشنهاد می‌شود، برای ساخت پروژه‌های آبی به بافت خاک توجه بیشتری شود و همچنین برای تثبیت کناره‌های کانال بهتر است از پوشش گیاهی علفی استفاده شود.

منابع

- اسماعیلی، رضا.، حسین زاده، محمد مهدی.، ۱۳۹۴. مقایسه روش روزگین و استیل رود در طبقه بندی رودخانه های کوهستانی، مطالعه موردی البرز شمالی، حوضه آبریز لاویج، پژهش دانش زمین، شماره ۲۱، صص ۷۹-۶۴.
- حسین زاده، محمد مهدی.، اسماعیلی، رضا.، ۱۳۹۴. ژئومورفولوژی رودخانه ای، مفاهیم، اشکال و فرآیند ها، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- حسین زاده، م.، خالقی، سمیه.، رستمی، میلاد.، ۱۳۹۶. مقایسه روش براورد خطر فرسایش کرانه ای با استفاده از مدل NBS (مطالعه موردی: رودخانه گلالی قروه)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۶، شماره ۱۴، صص ۱۵۲-۱۴۱.
- حسین‌زاده، محمد مهدی.، خالقی، سمیه.، واحدی‌فر، فراز.، رستمی، میلاد.، ۱۳۹۵. برآورد فرسایش کناره‌ای در رودخانه قرانقوچای هشترود با استفاده از مدل راسگن، چهارمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، تهران.
- حمیدی فر، حسین.، بهرامی، مهدی.، امیری، محمدجواد.، ۱۳۹۶. تاثیر سیستم ریشه‌ای علف وتیور بر پارامترهای مقاومت برشی ساحل رودخانه کر، نشریه اکوهیدرولوژی، دورء ۵، شمارهء ۳، ص ۷۳۸-۷۲۷.
- خالقی، سمیه.، ملکانی، لیلا.، ۱۳۹۴. براورد فرسایش کرانه لیقوان چای با استفاده از شاخص تنش برشی نزدیک کرانه راسگن، کنگره بین اللملی جغرافیا و توسعه پایدار، تهران.
- فاطمی عقدا، محمود.، فیاضی، فرج‌اله.، داریوش علیپور.، ۱۳۸۰. بررسی زمین شناسی مهندسی بخشی از رودخانه‌ی کرخه (روستای عبدالخان تا روستای الهایی)، نشریه دانشگاه تربیت معلم، جلد ۱، شماره ۳ و ۴، صص ۱۶۳-۱۷۹.
- *Abdullah M.N., Osman N., 2011. Soil-root Shear Strength Properties of Some Slope Plants. Sains Malaysiana, 40(10), PP. 1065–1073.*
- *Bernhardt, E.S., Palmer, M.A., Allan, J.D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, Cg,Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, Su Oodwin, P., Hart, D., Hassett, Bg,Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, GHMH,ake, PgS, Lave, R., Meyer, JCLO,'Donnell, T.K., Pagano, L., Powell, B., Sudduth, Ed,2005. Synthesizing U. S. River restoration efforts, Science, 308 (Issue 5722), PP. 636–637.*
- *Ghestem, M,., Veyion, G., Bernard, A., Vanel, Q., Stokes, A., 2014. Influence of plant root system morphology and a architeciural trais on soil shear resistance. Plant and soil, 377(1-2), PP. 43-61.*
- *Islam, M.S., 2015. Application of Vetiver (Vetiveria zizanioides) as a bio-technical slope protection measure–some success stories in Bangladesh. Proceedings of the 6th International Conference on Vetiver; 5-8 May, Danang City, Vietnam.*
- *Johnson, P.A., Tereska, R.L ,Brown, E.R, 2002. Using technical adaptive management to improve design guidelines for urban in-stream structures. Journal of the American Water Resources Association, 38(4), PP. 1143–1152.*
- *Johnson, P.A, 2006. Assessing Stream Channel Stability at Bridges in Physiographic Regions. FHWA, Report FHWA-HRT-05-072, Federal Highway Administration, McLean, VA.*

- *Kwan, H., Swanson, S., 2014. Prediction of Annual Stream bank Erosion for Sequoia National Forest, California, JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 50(6), PP. 1439-1447.*
- *Montgomery, D.R. and Buffington, J.M, 1997. Channel- reach morphology in mountain basin. Geological Society of America Bulletin, 109(5), PP. 596-611.*
- *Simon, A., Hupp, C.R., 1992. Geomorphic and vegetative recovery processes along modified stream channels of west Tennessee. U.S. Geological Survey, Open-file Report 91-502.*
- *Wynn, T.M. and Mostaghimi, S, 2006. The Effects of Vegetation and Soil Type on Streambank Erosion, Southwestern Virginia, USA, Journal of the American Water Resources Association, 42 (1), PP. 69-82.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی