بررسی فرسایش کنارۀ رودخانۀ قلعه رودخان گیلان با استفاده از شاخص فرسایش بالقوۀ کرانه رود

محمدمهدی حسین‌زاده*: *دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدۀ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران*
منیژه سرتیپ‌زاده: *کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکدۀ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچۀ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۳۱)

چکیده

تغییرات کانال رودخانه، فرایندهای طبیعی رودخانه و بخشی از عملکرد سیستماتیک رودخانه‌ها است که به تخریب زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه منجر می‌شود و به تأسیسات انسانی و راه‌ها خسارت وارد می‌کند. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی فرسایش کنارۀ رودخانه با استفاده از شاخص فرسایش بالقوۀ کرانه رود اکلاهما ـ اوزاراک است. حوضه آبخیز قلعه رودخان، در غرب استان گیلان و در شهرستان فومن واقع شده‌است. این رودخانه از دامنه‌های شمالی کوه‌های طالش سرچشمه می‌گیرد و بعد از خروج از کوهستان در منطقۀ فومن، به جلگۀ گیلان وارد می‌شود و در نهایت به دریای خزر می‌ریزد. به منظور بررسی فرسایش کنارۀ رودخانه، بخشی از آن به طول تقریبی پنج کیلومتر در نزدیکی فومن مشخص و در هشت بازۀ پارامترهای موجود در شاخص فرسایش بالقوۀ کرانه رود بررسی شد. در این روش، هشت عامل ارتفاع کرانۀ رود، زاویۀ کرانه، درصدی از کرانۀ رود که شیب بیش از هشتاد درجه دارد، شواهد حرکات توده‌ای، رسوبات منفصل، حفاظت کنارۀ رود، پوشش گیاهی حاشیۀ رود و انحنای رود امتیازدهی شد. با توجه به نتایج امتیاز نسبی، پوشش گیاهی ریپارین و حفاظت از کرانه مؤثرترین عوامل در ناپایداری کرانه‌های چپ و راست در رودخانۀ قلعه رودخان است. به طورکلی می‌توان گفت در کرانه‌های رودخانۀ قلعه رودخان، وضعیت ناپایداری غلبه دارد که این مسئله ناشی از دخل و تصرف انسان در این بخش از رودخانه است.

واژگان کلیدی: رودخانۀ قلعه رودخان، شاخص فرسایش بالقوۀ کرانۀ رود، فرسایش کنارۀ رودخانه‌ای، فومن، گیلان.

۱ـ مقدمه

تغییرات کانال رودخانه مانند فرسایش کناره‌ای و ایجاد بریدگی‌ها و رسوب‌گذاری کناره‌ای، فرایندهای طبیعی رودخانه و بخشی از عملکرد سیستماتیک آن است که به تخریب زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه منجر می‌شود و به تأسیسات انسانی و راه‌ها خسارت وارد می‌کند (Gregory, 2006). این اثرات زمانی بیشتر قابل درک است که به طور مستقیم به انسان خسارت وارد شود. فرسایش کناره‌ای، اثرات ژئومورفیک متعددی همچون تخریب کنارۀ رودخانه و ناپایداری مجرای رودخانه را به همراه دارد و این پدیده هنگامی تشدید می‌شود که کانال و بستر رودخانه آبرفتی باشد (رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). میزان فرسایش کنارۀ رود تحت‌تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد؛ مانند ترکیب رسوبات

* نویسندۀ مسئول: M_Hoseinzadeh@sbu.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

کرانه، ویژگی‌های هندسی کرانه، دبی، پوشش گیاهی و شعاع قوس رودخانه (Janes et al, 2017).

در طی سالیان متمادی، محققان با روش‌ها و شاخص‌های متعددی به بررسی فرسایش کناره‌ای رودخانه پرداخته‌اند که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. محققانی چون De Rose and Basher (2011) با ابزارهایی چون تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و داده‌های لیدار به تحقیق در زمینۀ ناپایداری کرانه‌ای پرداختند. Coryat (2014) با استفاده از روش پیامدهای منبع غیرنقطه‌ای رسوب (BANCS)، به پیش‌بینی فرسایش و پایداری کرانه در رودخانۀ استونی کلووکریک پرداخت.

تاکنون برای بررسی فرسایش کرانۀ رود، از روش‌های متعدد ارزیابی سریع ژئومورفیک استفاده شده‌است که تعدادی از مهم‌ترین آنها عبارتند از: شاخص پایداری کانال (Simon and Downs, 1995)، روش ACS (Johnson et al, 1999)، شاخص خطر فرسایش کرانه یا BEHI و روش تنش برشی نزدیک کرانه یا NBS (Rosgen, 2001)، روش CSI (Simon and Klimetz, 2008)، روش OSEPI (Heeren et al, 2012)، روش RGA (مدیریت رواناب رگباری نیویورک، ۲۰۱۰) و روش ROM (Zainal Abidin et al, 2017).

همچنین در سال‌های اخیر مطالعات متعددی برای بررسی خطر فرسایش کنارۀ رودخانه در ایران انجام شده‌است. Pasha and Hosseinzadeh (2022) با استفاده از تنش نزدیک کناره (NBS)، به بررسی فرسایش‌پذیری کرانه‌های رودخانۀ هفت چشمۀ قزوین پرداختند. نتایج نشان داد که نسبت شعاع انحنا به عرض دبی لبالبی تمامی مقاطع به استثنای مقطع ۹، فرسایش شدید دارد. در نسبت حداکثر عمق نزدیک کناره به عمق دبی لبالبی، بیشتر مقاطع فرسایش کم تا متوسط داشته‌اند؛ به جز مقطع ۹ و ۱۰ در کرانۀ چپ که فرسایش زیاد و شدید داشتند. در نسبت تنش برشی نزدیک کناره به تنش برشی دبی لبالبی، تمامی مقاطع فرسایش خیلی کم و کم داشتند. درنهایت، با توجه به بازدیدهای میدانی مشخص شد که سطح اول مدل یعنی نسبت شعاع انحنا به عرض دبی لبالبی، با ویژگی‌های منطقه تناسب بیشتری دارد و با واقعیت منطقه منطبق است. Hosseinzadeh و همکاران (2022) نیز حساسیت کرانه‌ای رودخانۀ حاجی عرب بویین-زهرا را با استفاده از شاخص پایداری مجرای رود (CSI) به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی سریع ژئومورفیک (RGA)، بر اساس نقشه‌برداری از مقاطع عرضی و عملیات میدانی شاخص‌های پایداری و ناپایداری کنارۀ رود را بررسی کردند. Najafzadeh و همکاران (2021) در پژوهشی با استفاده از شاخص فرسایش بالقوۀ کرانۀ رود اکلاهما ـ اوزاراک OSEPI، به بررسی حساسیت کرانه‌ای رودخانۀ حاجی عرب بویین‌زهرا پرداختند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این پژوهش نشان داد که درصد ارتفاع کرانه با زاویۀ بیش از هشتاد درجه و قوس رود، از عوامل مؤثر بر ناپایداری کرانۀ رودخانه است. Esmaili and Moalemi (2021) به پهنه‌بندی و تحلیل فرسایش‌پذیری کنارۀ رود در بالادست رودخانۀ نکا در استان مازندران پرداختند. در این مقاله فرسایش‌پذیری کرانۀ رود در بالادست رودخانۀ نکا در مقیاس بازه، با استفاده از روش «پهنه‌بندی آسیب‌پذیری فرسایش کرانه‌ای» یا BEVZ بررسی شد.

Esmaili و همکاران (2019) نیز در مطالعۀ خود با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی سریع ژئومورفیک، به بررسی پایداری کرانۀ رودخانۀ سیمره در محدودۀ شهرستان درّه شهر استان ایلام پرداختند.

Gholami and Hossienzadeh (2019)، میزان پایداری و ناپایداری کناره و بستر رودخانۀ مسیل موچان (شهرستان آستانه - استان مرکزی) را با استفاده از مدل آسیب‌پذیری کانال ارزیابی کردند. Hossienzadeh and

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

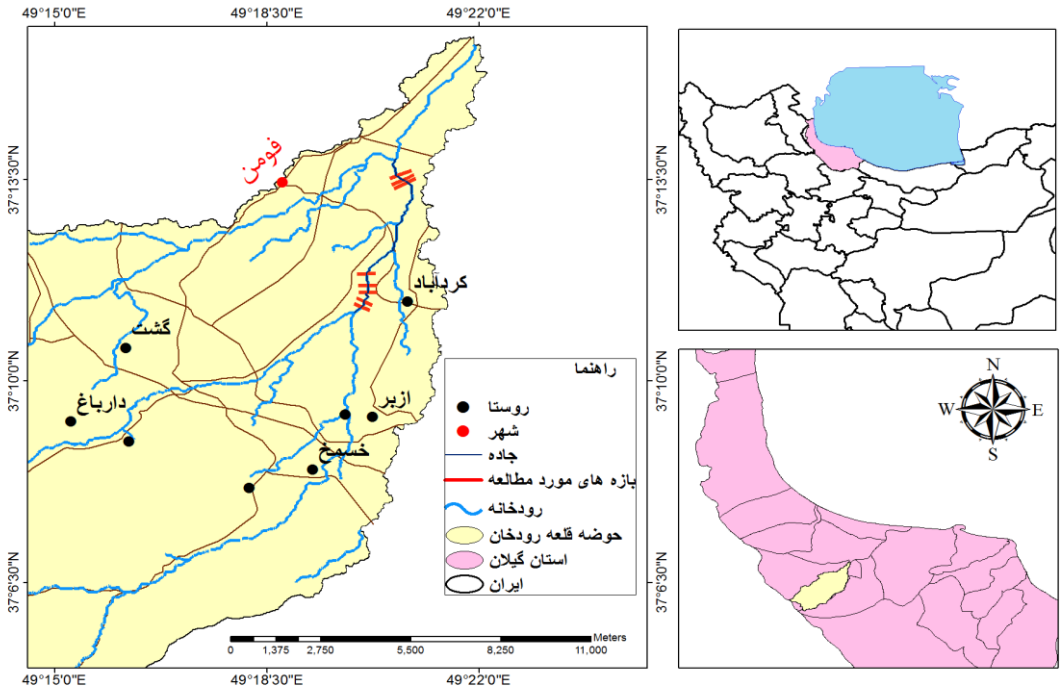
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

Esmaili (2019) با استفاده از مدل BSTEM، فرسایش کنارۀ رودخانۀ لاویج را بررسی کردند. در این تحقیق همچنین برای شبیه‌سازی فرسایش هیدرولیک در پای کرانه و پایداری کرانه در طول یک سلسله وقایع جریانی (دبی لبالبی، دبی متوسط سیلاب و دبی حداکثر سیلاب) به‌منظور ارزیابی تغییرات فعلی (موجود) و بالقوه در فراوانی شکست کرانه (شاخص ایمنی یا FS) و بار رسوبی حاصل از کرانۀ رود، از مدل BSTEM استفاده شد.

با توجه به وقوع مکرر خطر فرسایش کناره‌ای در رودخانۀ قلعه رودخان فومن در استان گیلان، شناسایی و تعیین کناره‌های پایدار و ناپایدار و میزان این پایداری می‌تواند در کنترل محیط‌های رودخانه‌ای فرسایش‌پذیر و پیشگیری از وقوع خطرهای محیطی نقش مؤثری داشته باشد (Esmaili et al, 2019). هدف از اجرای این پژوهش، بررسی و شناسایی مناطق حساس به فرسایش کنارۀ رودخانۀ قلعه رودخان فومن با استفاده از شاخص فرسایش بالقوۀ کرانه رود اکلاهما ـ اوزاراک است. همچنین عوامل تأثیرگذار در ناپایداری کرانه، شناسایی و اقدامات لازم برای محافظت از آن پیشنهاد خواهد شد.

۲ـ منطقۀ مورد مطالعه

حوضه آبخیز قلعه رودخان، بین "۳۰ ' ۱۶ °۴۹ تا ' ۰۷ °۴۹ طول شرقی و " ۲۰ ' ۰۲ °۳۷ تا ' ۱۴ °۳۷ عرض شمالی و در غرب استان گیلان و در شهرستان فومن واقع شده‌است (شکل ۱). این رودخانه از دامنه‌های شمالی کوه‌های طالش سرچشمه می‌گیرد و بعد از خروج از کوهستان، در منطقۀ فومن وارد جلگۀ گیلان می‌شود و در نهایت به دریای خزر می‌ریزد. محدودۀ مورد مطالعه، قسمتی از بالادست جریان به طول تقریبی پنج کیلومتر در بخش جلگه‌ای در نزدیکی شهر فومن است. جهت کلی جریان در بخش حوضه آبخیز یعنی کوهستان و هم در جلگه، جنوب غرب ـ شمال شرقی است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقۀ مورد مطالعه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

۳ـ مواد و روش

برای بررسی فرسایش کنارهٔ رودخانه، بخشی از آن به طول تقریبی پنج کیلومتر در نزدیکی فومن مشخص و در هشت بازه، پارامترهای موجود در شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانهٔ رود (جدول ۱) بررسی شد. بدین منظور، ابتدا برداشت‌های میدانی مربوط به نیمرخ عرضی و دیگر پارامترهای نیازمند مشاهدات زمینی ثبت شد (شکل ۲).

فصل تابستان به عنوان زمان نقشه‌برداری انتخاب شد؛ چون رودخانه در وضعیت دبی پایه است. برای برداشت، در ابتدا با استفاده از متر دو طرف کرانهٔ رودخانه به هم متصل شد. سپس با استفاده از دوربین ترازیاب و میر، مقادیر فاصله و ارتفاع از روی میر در فواصل مشخص بر اساس تغییرات ناهمواری بستر قرائت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای آماری، تحلیل و وضعیت هر بازه با توجه به طبقه‌بندی موجود در شاخص طبقه‌بندی شد.

شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانهٔ رود اکلاهما ـ اوزاراک OSEPI: هیرن و همکاران (2012) از این روش برای ارزیابی سریع ژئومورفیک فرسایش کنارهٔ رودخانه‌های بزرگ استفاده کردند. در این روش، هشت عامل ارتفاع کرانهٔ رود، زاویهٔ کرانه، درصدی از کرانه رود که شیب بیش از هشتاد درجه دارند، شواهد حرکات توده‌ای، رسوبات منفصل، حفاظت کنارهٔ رود، پوشش گیاهی حاشیهٔ رود و انحنای رود، بر اساس جدول ۱ امتیازدهی می‌شود.

براساس امتیازات محاسبه شده برای هر بازه، امتیاز ۰-۲۵ بسیار پایدار، ۲۶-۳۵ پایداری متوسط، ۳۶-۴۵ پایدار، ۴۶-۵۵ ناپایدار، ۵۶-۶۵ ناپایداری متوسط و۶۶-۸۵ ناپایداری زیاد دارند (Najafzadeh et al., 2021). ارتفاع کرانه، زاویهٔ کرانه و درصد ارتفاع کرانه با زاویهٔ بیش از هشتاد درجه را می‌توان از طریق تهیهٔ مقطع و برداشت‌های میدانی اندازه‌گیری کرد. شواهد حرکات توده‌ای جدید، رسوبات منفصل، حفاظت کرانه رود و پوشش گیاهی درختی حاشیهٔ رود را می توان از طریق مشاهدات میدانی، تهیهٔ عکس از مقاطع و نمونه‌گیری، ثبت و بررسی کرد. قوس رود نیز از طریق تصاویر گوگل ارث مشخص و محاسبه شد.



شکل ۲: نقشه‌برداری از بازه‌های منطقهٔ مورد مطالعه

برای مشخص کردن عامل مؤثر بر فرسایش کناره‌ای و پایداری کنارهٔ رود، از میانگین نسبی امتیازات ــ که از تقسیم امتیاز هر متغیر بر حداکثر امتیاز آن متغیر به دست می‌آید ــ استفاده شد. برای تحلیل آماری بازه‌های مورد مطالعه، از دو روش آماری نمودار باکس ویسکر پلات به منظور بررسی میزان تغییرات هر متغیر در هر مدل و ضریب

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

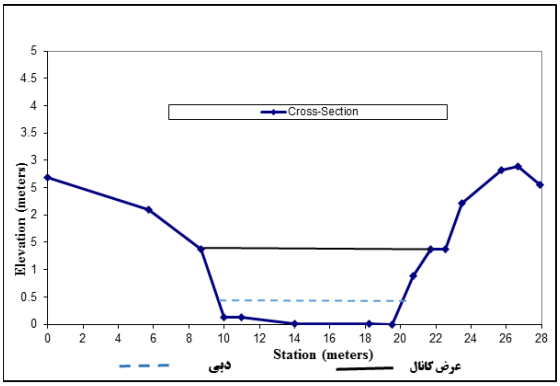
همبستگی به همراه نمودار رگرسیون که به منظور بررسی میزان همبستگی کرانهٔ راست و چپ در شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه‌رود استفاده شده‌است.

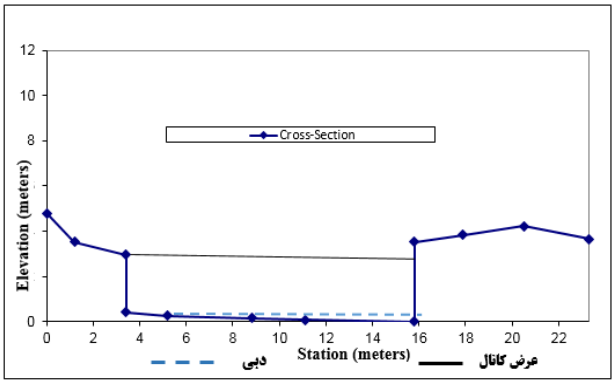
جدول ۱: امتیازات روش شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود اکلاهما اوزاراک (Heeren et al, 2012)

۱	**ارتفاع کرانه (متر)**	مقادیر	۱-۰/۵	۱/۳-۵	۴-۳/۵	۴/۶-۵	۶+
		امتیاز	۰	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
۲	**زاویهٔ کرانه(°)BH/FL**	مقادیر	°۰-۲۰	۶۰° -۲۱	۶۱-۸۰°	°۸۱-۹۰	۹۱-۱۱۹°	> ۱۱۹°
		امتیاز	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰
۳	**درصد ارتفاع کرانه با زاویهٔ بیش از ۸۰ درجه (نزدیک به قائم)**	مقادیر	۰-۱۰٪	۱۱٪-۲۵٪	٪ ۲۶-۵۰	٪ ۵۱-۷۵	۷۶-۱۰۰٪	
		امتیاز	۰	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰	
۴	**شواهد حرکات توده‌ای جدید (برحسب درصد در طول کرانه)**	مقادیر	٪۰ -۱۰	٪۱۱-۲۵	٪ ۲۶-۵۰	۷۵-۵۱٪	٪۷۶-۱۰۰	
		امتیاز	۰	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰	
۵	**رسوبات منفصل(درصد کرانه)**	مقادیر	۰-۱۰٪	۱۱-۲۵٪	۵۰-۲۶٪	۵۱-۷۵٪	۷۶-۱۰۰٪	
		امتیاز	۰	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰	
۶	**حفاظت کرانه رود (درصد کرانه رود پوشیده از ریشهٔ گیاهان، گیاهان، شاخه‌ها و سنگ‌ها)**	مقادیر	۰-۱۰٪	۱۱-۲۵٪	٪۲۶-۵۰	۵۱-۷۰٪	۷۱-۹۰٪	۹۱-۱۰۰٪
		امتیاز	۱۵	۱۲/۵	۱۰	۷/۵	۲/۵	۰
۷	**پوشش گیاهی درختی حاشیهٔ رود**	مقادیر	۰-۱۰٪	۱۱-۲۵٪	٪۲۶-۵۰	۵۱-۷۰٪	۷۱-۹۰٪	
		امتیاز	۱۵	۱۲ /۵	۱۰	۴/۵	۰	
۸	**قوس رود**	مقادیر	مئاندر	انحنای کم	مستقیم			
		امتیاز	۵	۲/۵	۰			

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

بازه یک و دو: کانال رودخانه از لحاظ شکل، از نوع کانال‌های نامنظم و الگوی رودخانه، از نوع مستقیم است. رسوبات بستر در این بازه نیز گراولی، پوشش گیاهی غالب در کناره‌های رودخانه، علفزار همراه با تک درختان حاشیهٔ رودخانه و کاربری اراضی نیز کشاورزی و مراتع چرای دام است. از اشکال ژئومورفیک متصل به کرانه، موانع متناوب جانبی است. در این بازه، حرکات توده‌ای از نوع لغزش انتقالی مشاهده شد. در این بازه از شواهد انسانی دخیل بر فرم رودخانه می‌توان به پل تخریب شده در بالادست بازه اشاره کرد (شکل ۳، ۴، ۵ و ۶).





[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

شکل ۳: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه یک



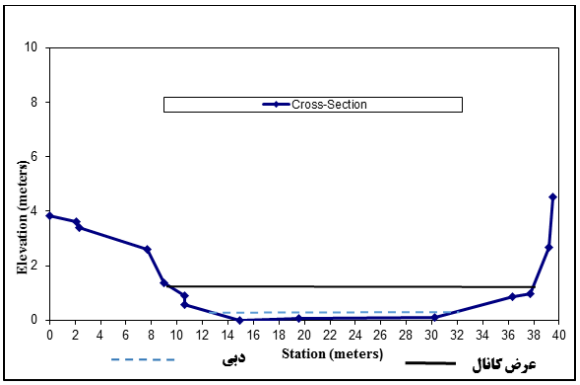
شکل ۴: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه دو



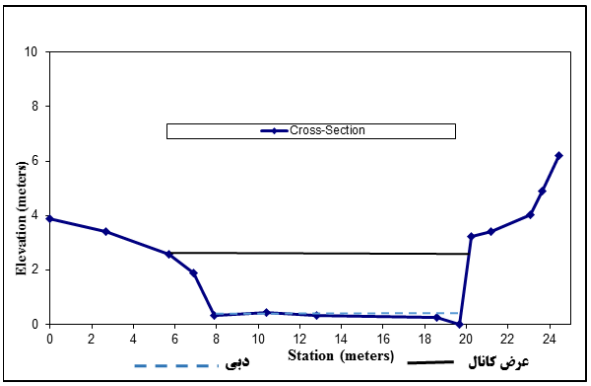
شکل ۵: تصویر راستای رودخانه و پل تخریب شده

شکل ۶: تصویر موانع جانبی و لغزش‌های کرانهٔ کانال

بازه سه، چهار و پنج: رودخانه همانند بازهٔ قبلی، از نوع کانال‌های نامنظم و الگوی رودخانه از نوع مستقیم است و رسوبات بستر در این بازه نیز گراولی، پوشش گیاهی غالب در کناره‌های رودخانه، علفزار همراه با تک درختان حاشیهٔ رودخانه و کاربری اراضی نیز کشاورزی و مراتع چرای دام است. از اشکال ژئومورفیک متصل به کرانه، موانع متناوب جانبی و موانع نقطه‌ای مشاهده شده‌است. در این سه بازه، می‌توان حرکات توده‌ای از نوع لغزش انتقالی را در حاشیهٔ کانال به صورت متناوب است. مهم‌ترین عارضهٔ دست‌ساخت بازهٔ سه، پل تخریب شده در بالادست بازه است (شکل ۷). در بازهٔ چهار و پنج، از شواهد انسانی دخیل بر فرم رودخانه می‌توان به برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه در پایین‌دست بازه اشاره کرد (شکل ۸ و ۹).



شکل ۷: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه سه

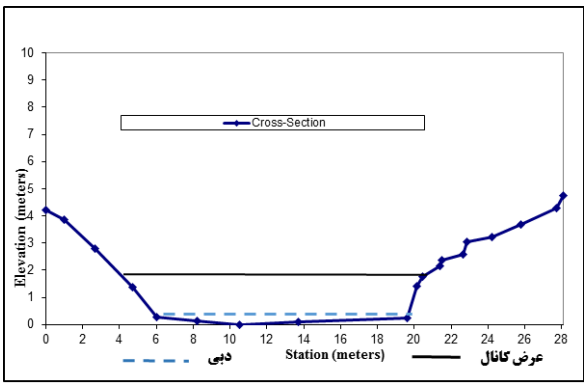


شکل ۸: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه چهار

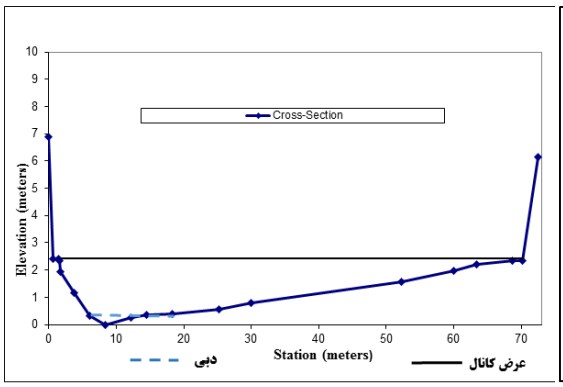
بازهٔ شش: کانال رودخانه از لحاظ شکل، از نوع کانال‌های نامتقارن و الگوی رودخانه از نوع سینوسی است. رسوبات بستر در این بازه نیز گراولی، پوشش گیاهی غالب در کناره‌های رودخانه، علفزار و کاربری اراضی نیز کشاورزی و

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

مراتع چرای دام است. از اشکال ژئومورفیک متصل به کرانه، موانع متناوب جانبی و موانع نقطه‌ای است. در این بازه، حرکات توده‌ای از نوع لغزش چرخشی و جریان واریزه‌ای در حاشیهٔ کانال است (شکل ۱۰).

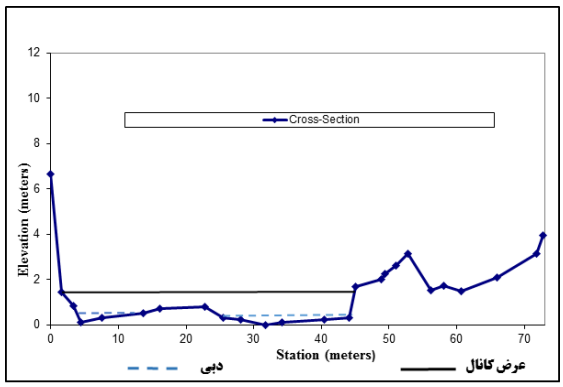


شکل ۹: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه پنج

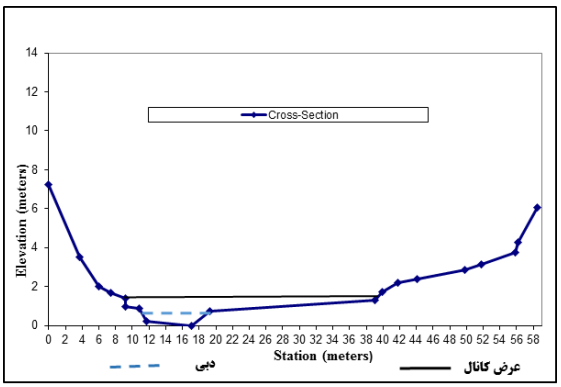


شکل ۱۰: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه شش

بازه هفت و هشت: کانال رودخانه در این دو بازه از لحاظ شکل، از نوع کانال‌های نامتقارن و الگوی رودخانه از نوع پیچان‌رودی است. رسوبات بستر در این بازه نیز گراولی، پوشش گیاهی غالب در کناره‌های رودخانه، علفزار و کاربری اراضی نیز کشاورزی و مراتع چرای دام است. از اشکال ژئومورفیک متصل به کرانه در بازهٔ هفت، موانع متناوب جانبی، موانع نقطه‌ای و کانال فرعی است. در این بازه، حرکات توده‌ای از نوع لغزش انتقالی است (شکل ۱۱). در بازهٔ هشت از اشکال ژئومورفیک متصل به کرانه، موانع متناوب جانبی و در بالا دست رودخانه نیز موانع متناوب جانبی مشاهده شد. در این بازه، حرکات توده‌ای از نوع واریزه‌ای غلبه دارد (شکل ۱۲، ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۱: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه هفت



شکل ۱۲: نیمرخ عرضی رودخانه در بازه هشت

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]



شکل ۱۳: تصویر راستای رودخانه در بازهٔ هفت



شکل ۱۴: تصویر راستای رودخانه در بازهٔ هشت

در جدول ۳ و جدول ۴، به ترتیب خلاصه امتیازات ثبت شده از شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود (OSEPI) در کرانهٔ چپ و میانگین نسبی امتیازات و رتبهٔ هر پارامتر ذکر شده‌است.

جدول ۳: خلاصه‌ای از امتیازات شاخص‌های فرسایش بالقوهٔ کرانه رود (OSEPI) در کرانهٔ چپ

متغیر / بازه	ارتفاع کرانه	زاویهٔ کرانه	درصد ارتفاع کرانه با زاویهٔ بیش از ۸۰°	شواهد حرکات توده‌ای	رسوبات منفصل	حفاظت کرانه رود	پوشش گیاهی چوبی حاشیهٔ رود	قوس رود	امتیازها	طبقه‌بندی
بازهٔ ۱	۵	۶	۱۰	۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۶	ناپایدار
بازهٔ ۲	۲/۵	۲	۲/۵	۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۴۲	پایدار
بازهٔ ۳	۵	۲	۱۰	۲/۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۴۹/۵	پایدار
بازهٔ ۴	۵	۰	۷/۵	۷/۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۰	پایدار
بازهٔ ۵	۵	۲	۷/۵	۱۰	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۴/۵	ناپایدار
بازهٔ ۶	۱۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۵	۱۵	۲/۵	۶۲/۵	پایدار
بازهٔ ۷	۱۰	۲	۱۰	۱۰	۰	۱۵	۱۵	۵	۶۷	ناپایداری متوسط
بازهٔ ۸	۱۰	۰	۱۰	۷/۵	۰	۱۵	۱۵	۵	۶۲/۵	ناپایدار

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

جدول ۴: میانگین نسبی امتیازات و رتبهٔ هر متغیر در شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود (OSEPI) در کرانهٔ چپ

ردیف	شاخص‌ها	میانگین امتیازات نسبی	رتبه
۱	ارتفاع کرانه	۰/۷۵	۲
۲	زاویهٔ کرانه	۰/۳۳	۴
۳	درصد زاویهٔ بیش از ۸۰ درجه	۰/۷۵	۲
۴	شواهد حرکات توده‌ای	۰/۳۷	۳
۵	رسوبات منفصل	۰/۲۱	۶
۶	حفاظت از کرانه رودخانه	۱	۱
۷	پوشش گیاهی ریپارین	۱	۱
۸	قوس رود	۰/۳۱	۵

در جدول ۵ و ۶، به ترتیب خلاصه‌ای از امتیازات شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود (OSEPI) در کرانهٔ راست و میانگین نسبی امتیازات و رتبهٔ هر پارامتر ذکر شده‌است (شکل ۱۵).

جدول ۵: خلاصه‌ای از امتیازات شاخص‌های فرسایش بالقوهٔ کرانه رود (OSEPI) در کرانهٔ راست

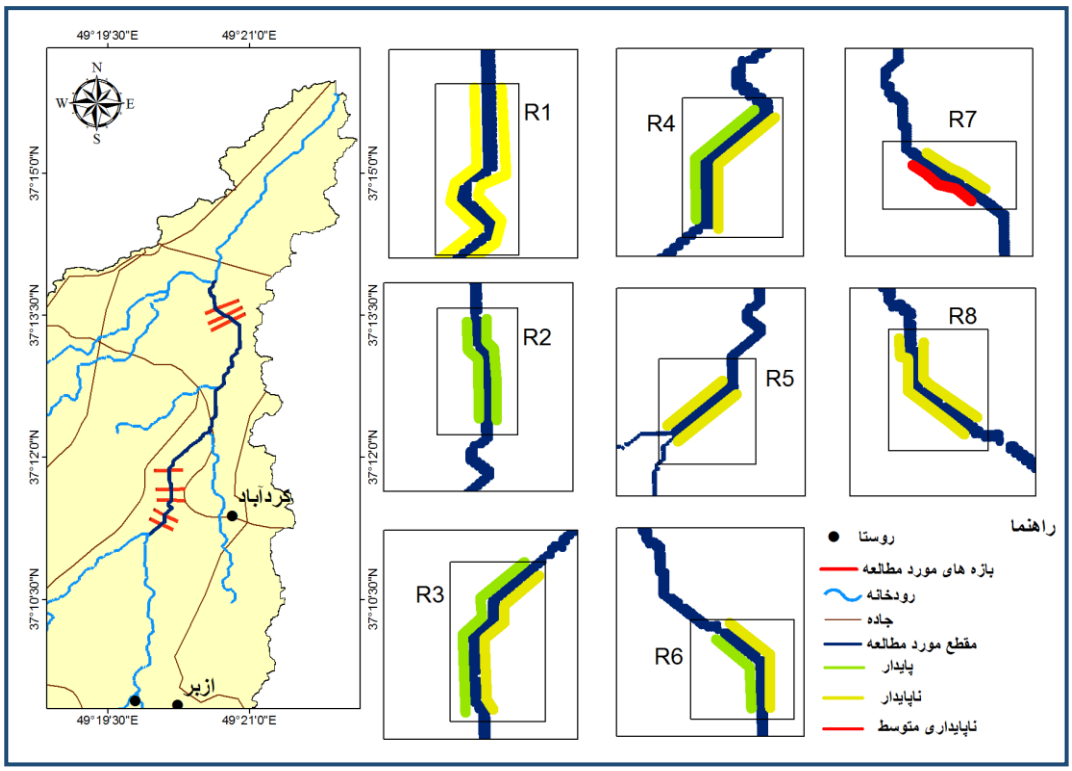
متغیر / بازه	ارتفاع کرانه	زاویهٔ کرانه	درصد ارتفاع کرانه با زاویه بیش از ۸۰°	شواهد حرکات توده‌ای	رسوبات منفصل	حفاظت کرانهٔ رود	پوشش گیاهی چوبی حاشیهٔ رود	قوس رود	امتیازها	طبقه‌بندی
بازهٔ ۱	۲/۵	۶	۱۰	۲/۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۱	ناپایدار
بازهٔ ۲	۲/۵	۲	۲/۵	۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۴۲	پایدار
بازهٔ ۳	۷/۵	۴	۱۰	۲/۵	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۴	ناپایدار
بازهٔ ۴	۵	۰	۷/۵	۱۰	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۲/۵	ناپایدار
بازهٔ ۵	۵	۲	۱۰	۱۰	۰	۱۵	۱۵	۰	۵۷	ناپایدار
بازهٔ ۶	۷/۵	۰	۰	۰	۱۰	۱۵	۱۵	۲/۵	۵۰	ناپایدار
بازهٔ ۷	۵	۲	۱۰	۰	۰	۱۵	۱۵	۵	۵۲	ناپایدار
بازهٔ ۸	۷/۵	۰	۱۰	۰	۷/۵	۱۵	۱۵	۵	۶۰	ناپایدار

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

جدول ۶: میانگین نسبی امتیازات و رتبهٔ هر متغیر در شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود (OSEPI) در کرانهٔ راست

ردیف	شاخص‌ها	میانگین امتیازات نسبی	رتبه
۱	ارتفاع کرانه	۰/۷۵	۲
۲	زاویهٔ کرانه	۰/۳۳	۴
۳	درصد زاویهٔ بیش از ۸۰ درجه	۰/۷۵	۲
۴	شواهد حرکات توده‌ای	۰/۳۷	۳
۵	رسوبات منفصل	۰/۲۱	۶
۶	حفاظت از کرانهٔ رودخانه	۱	۱
۷	پوشش گیاهی ریپارین	۱	۱
۸	قوس رود	۰/۳۱	۵

به طور کلی، کرانهٔ راست رودخانه به جز بازهٔ دوم در حالت ناپایدار ثبت و طبقه‌بندی شده؛ در حالی که کرانهٔ چپ در بازه‌های مختلف، طبقه‌بندی متفاوتی داشته‌است؛ به طوری که بازهٔ یک، پنج و هشت ناپایدار، بازهٔ دو، سه، چهار و شش پایدار و در بازهٔ هفت ناپایداری متوسط ثبت شده‌است (جدول ۲ و شکل ۱۵).

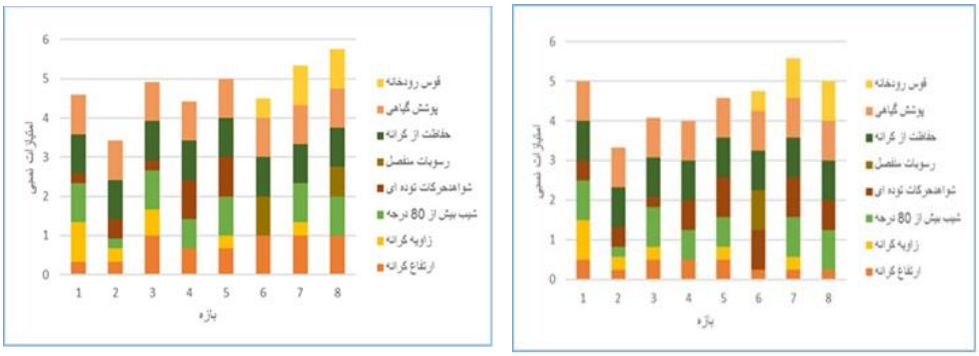


شکل ۱۵: وضعیت فرسایش کرانهٔ رودخانهٔ قلعه رودخان در کرانهٔ راست و کرانهٔ چپ

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

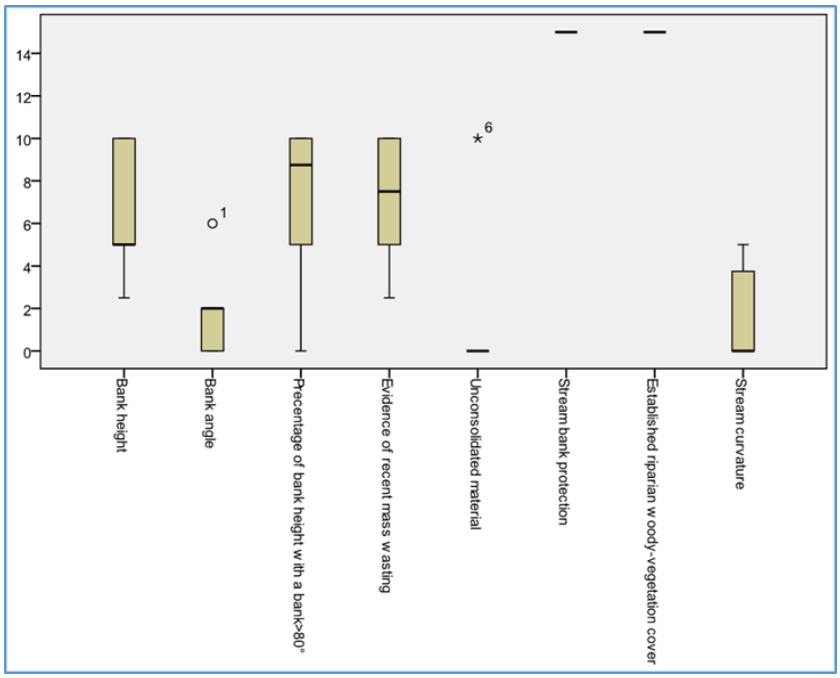
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

براساس محاسبهٔ امتیاز نسبی عوامل مؤثر بر فرسایش کرانه رودخانهٔ قلعه رودخان، عوامل حفاظت از کرانه و پوشش گیاهی ریپارین در هر دو کرانهٔ چپ و راست، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بود و در وقوع خطر فرسایش کناره‌ای بیشترین نقش را داشت (شکل ۱۶).



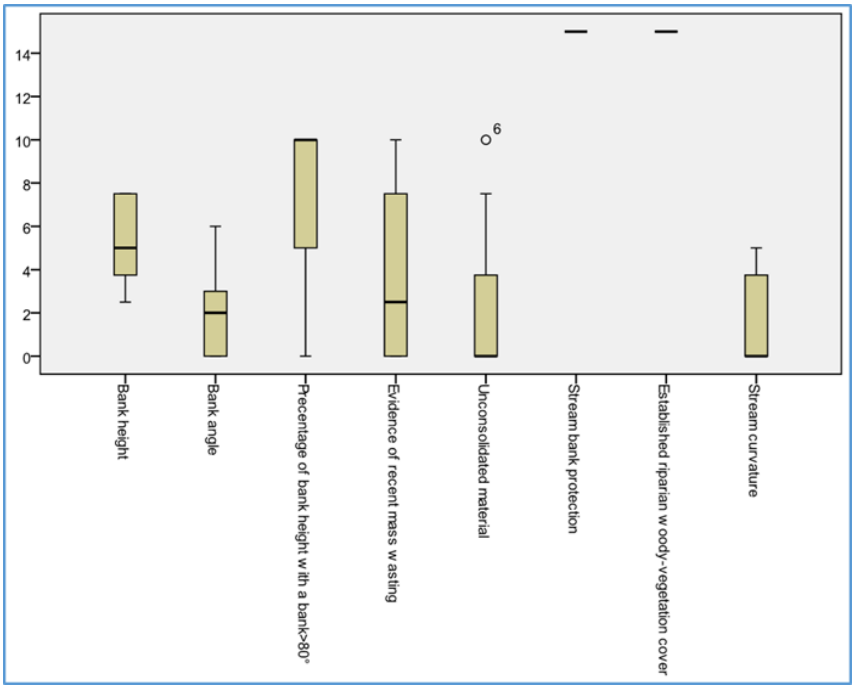
شکل ۱۶: امتیاز نسبی عوامل مؤثر در فرسایش کرانهٔ رودخانهٔ قلعه رودخان در کرانهٔ راست (نمودار سمت راست) و کرانهٔ چپ (نمودار سمت چپ)

نمودار باکس پلات عوامل مؤثر در ناپایداری کرانه نشان می‌دهد که مقادیر برخی پارامترها همچون دو پارامتر پوشش گیاهی ریپارین و حفاظت از کرانه رود در کرانهٔ چپ و راست، در بازه‌های مختلف تغییری نکرده و مقادیر یکسانی ثبت شده‌است؛ در حالی که در پارامترهای دیگر به خصوص در پارامتر درصد زاویهٔ بیش از هشتاد درجه، میزان تغییرات زیاد بود (شکل ۱۷ و ۱۸).



شکل ۱۷: نمودار باکس پلات امتیازهای هر یک از متغیرها به صورت مجزا برای کرانهٔ چپ در شاخص پتانسیل فرسایش کنارهٔ رودخانهٔ پایداری کانال (OSEPI)

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]



شکل ۱۸: نمودار باکس پلات امتیازهای هر یک از متغیرها به صورت مجزا برای کرانهٔ راست در شاخص پتانسیل فرسایش کنارهٔ رودخانهٔ پایداری کانال (OSEPI)

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف تعیین وضعیت کناره‌های رودخانهٔ قلعه رودخان فومن از نظر پایداری و ناپایداری و شناسایی مؤثرترین عامل در پایداری کناره‌های رودخانهٔ مذکور در بازه‌های مورد مطالعه انجام شد. به منظور دستیابی به این هدف، از شاخص پتانسیل فرسایش رود اکلاهما اوزارک یکی از روش‌های ارزیابی سریع ژئومورفیک استفاده شد. نتایج به دست آمده از امتیازهای پارامترهای مورد مطالعه در شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانهٔ رود اکلاهما ـ اوزاراک نشان داد که در کرانهٔ چپ، بازه‌های ۱، ۵ و ۸ ناپایدار، بازه‌های ۲، ۳، ۴ و ۶ پایدار و بازهٔ ۷ ناپایداری متوسط دارد؛ در حالی که در کرانهٔ راست، همهٔ بازه‌ها به جز بازهٔ ۲ ناپایدار است.

با توجه به نتایج امتیاز نسبی، پوشش گیاهی ریپارین و حفاظت از کرانه مؤثرترین عوامل در ناپایداری کرانه‌های چپ و راست در رودخانهٔ قلعه رودخان است و بعد از آن، ارتفاع کرانه و درصد زاویهٔ بیش از هشتاد درجه در مرتبهٔ دوم قرار دارد. به طورکلی، می‌توان گفت درکرانه‌های رودخانهٔ قلعه رودخان وضعیت ناپایداری غلبه دارد که این مسئله از دخل و تصرف انسان در این بخش از رودخانه سرچشمه می‌گیرد. در واقع، کرانه‌هایی که فاقد پوشش درختی و کرانه‌هایی که دارای شیب زیاد است و حفاظتی از آن به عمل نمی‌آید، مستعد فرسایش کناره‌ای است. بنابراین، با اجرای اقدامات غیرسازه‌ای از جمله تقویت پوشش گیاهی و کم کردن دخالت‌های انسانی، می‌توان به کم کردن فرسایش کناره‌ای کمک کرد.

در واقع، پوشش گیاهی هر سه فرایند فرسایشی کناره ـ فرسایش هیدرولیک رودخانه، حرکات توده‌ای و تنش برشی مکانیکی و هیدرولیکی مواد کناره که توسط لاولر (1995) بیان شده‌است ـ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. وین و

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

مستقیمی (2006) مشخص کردند که تراکم ریشه، تأثیر قابل‌توجهی بر فرسایش کناره در جنوب غربی ویرجینیای آمریکا داشته‌است.

ضریب همبستگی به دست آمده بین کنارهٔ راست و چپ در مدل فرسایش بالقوهٔ کرانه رود اکلاهما اوزاراک، ۰/۲۵۹ است که همبستگی ضعیفی را نشان می‌دهد؛ یعنی تغییر در مقادیر پارامتر در یک کرانه، مشابه مقادیر اندازه-گیری شده در کرانهٔ مقابل نیست. بنابراین، وجود ناپایداری در یک کرانه با ناپایداری در کرانهٔ مقابل همراه نیست؛ به ویژه اگر ویژگی‌های مؤثر در ناپایداری به دلیل مورفومتری کانال (مانند تفاوت مورفوومتری کانال در قوس پیچانرودی در دو کرانهٔ کاملاً متفاوت) و شرایط محیطی تغییر کند. بررسی مقادیر در هشت بازهٔ مورد مطالعه نشان داد که مقادیر به دست آمده و حساسیت به فرسایش در طول محدودهٔ مورد مطالعه، در کرانه‌های مقابل متفاوت است.

بر اساس نتایج مطالعهٔ Heeren و همکاران (2012)، اگر در بررسی وضعیت خطر فرسایش کناره‌ای از شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود مورد استفاده همزمان با تکنیک و روش‌های دیگر تعیین پایداری استفاده شود، نتایج مطمئن-تری به دست می‌آید.

مطالعهٔ Esmaili و همکاران (2019)، در خصوص تحلیل پایداری کرانهٔ رودخانهٔ سیمره با استفاده از روش شاخص پایداری کانال رود (CSI) و شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود اکلاهما- اوزاراک (OSPEI) نشان داد که روش OSEPI شاخص‌های مناسب‌تری را ارائه می‌کند و تقسیم‌بندی توصیفی آن بهتر از روش CSI قابلیت تفکیک دارد.

یافته‌های Najafzadeh و همکاران (2021) در مطالعهٔ حساسیت کرانه‌ای رودخانهٔ حاجی عرب ـ بویین زهرا به فرسایش نیز نشان داد که شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود می‌تواند ارزیابی سریعی از وضعیت خطر فرسایش کنارهٔ رودخانه ارائه دهد.

شاخص فرسایش بالقوهٔ کرانه رود مورد استفاده در این مطالعه نسبت به روش‌های دیگر ارزیابی، کم هزینه است و شناسایی خطر در زمان کوتاه‌تری انجام شده‌است. برای همین در این مطالعه، امکان ارزیابی سریع ژئومورفیک در خصوص رودخانهٔ قلعه رودخان فومن فراهم شد. بر اساس یافته‌های این مدل، مناطق حساس به فرسایش رودخانهٔ قلعه رودخان شناسایی و در زمینهٔ مدیریت رودخانه، اقدامات اجرایی و عملیاتی زیر پیشنهاد شد. براساس شرایط بازه‌ها می‌توان از روش‌های تلفیقی متعددی برای تثبیت و حفاظت دیوارهٔ رودخانه استفاده کرد که شامل روش‌های سازه‌ای (سازه‌های مقاوم به شکل روکش)، روش‌های طبیعی (نظیر پوشش گیاهی و تنه درختان) و روش‌های تلفیقی طبیعی و ساختمانی (استفادهٔ همزمان از گابیون، مصالح ساختمانی با پوشش گیاهی) است. ذکر این امر لازم است که در خصوص رودخانهٔ قلعه رودخان با توجه به مورفولوژی و جنس رسوبات کرانه (رسوبات ریزدانه و حساس به فرسایش)، استفاده از روش‌های حفاظت مستقیم دیواره‌ها نسبت به روش‌های نامستقیم (انحراف جریان یا سازه‌های آرام‌کننده) کارایی بیشتری دارد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

منابع

1 .Coryat, M., 2014. Analysis of the Bank Assessment for Non-point Source Consequences of Sediment (BANCS) Approach for the Prediction of Streambank Stability and Erosion along Stony Clove Creek in the Catskills, Master of Science Thesis, Syracuse University.175 p.
2 .De Rose, R. C., & L. R. Basher., (2011). Measurement of river bank and cliff erosion from sequential LIDAR and historical aerial photography. Geomorphology. 126, 132–147. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.037.
3 .Esmaili, R.; Yarmohammadian, R.; & G. Lorestani, 2019. Streambank stability analysis using geomorphic rapid assessment techniques, case study: Saymareh river, Ilam province, Darreh Shar county, Quantitative Geomorphological Research, 7(3), 57-70. (in Persian).
4 .Esmaili, R., & S. Moalemi., (2021). Zonation and analysis of stream bank erodiability in upstream of Neka River, Mazandaran. Researches in Earth Sciences. 12(3), 131-143. doi: 10.52547/esrj.12.3.131. (in Persian).
5 .Gregory, k. j., 2006. the Human role in changing River Channels, Geomorphology, 84, 277-296.
6 .Heeren, D. M.; Mittelstet, A. R.; Fox, G. A.; Storm, D. E.; Al -Madhhachi, A.T.; Midgley, T. L.; Stringer, A. F.; Stunkel, K. B.; & R. D. Tejral, 2012. Using rapid geomorphic assessments to assess stream bank stabililty in Okkahmoma Ozarak streams, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 55(3), 957-968.
7 .Hosseinzadeh, M. M., & R. Esmaili., (2018). Estimation of stream bank erosion by BSTEM model. Iranian Journal of Geology. 11(45), 53-70. (in Persian).
8 .Hosseinzadeh, M. M., & S. Pasha., (2021). Investigating the Erosion of the Haft Cheshmeh River Banks in Qazvin Using the Near Bank Stress Model (NBS). Geography and Environmental Planning. 32(2), 103-118. doi: 10.22108/gep.2021.123702.1319. (in Persian).
9 .Hosseinzadeh, M. M.; Shayan, S.; & F. Najafzadeh, 2022. potential of bank erosion and channel instability in Haji Arab river in Qazvin, Journal of Geography and Environmental Hazards, 11(1), -. doi: 10.22067/geoeh.2021.71397.1087. (in Persian).
10 .Janes, V. J. J.; Nicholas, A. P.; Collins, A. L.; & T. A. Quine, 2017. Analysis of fundamental physical factors influencing channel bank erosion: results for contrasting catchments in England and Wales, Environ Earth Sci, 76. DOI 10.1007/s12665-017-6593-x.
11 .Johnson, P. A.; Gleason, G. L.; & R. D. Hey, 1999. Rapid assessment of channel stability in Vivtiny of road crossing, Journal of Hydraulic Engineering, 125(6), 645-651.
12 .Lawler, D. M., 1995. The impact of scale on the processes of channel-side sediment supply: a conceptual model, Effects of Scale on Interpretation and Management of Sediment and Water Quality, 226, 175-184.
13 .Najafzadeh, F.; Hosseinzadeh, M. M.; & S. Shayan, 2021. Streambank Sensitivity of Haji arab River to Erosion and It's risks, Environmental Management Hazards, 8(2), 137-155. doi: 10.22059/jhsci.2021.322479.646. (in Persian).
14 .Qholami, P., & M. M. Hosseinzadeh., (2019). Assessment of the sustainability and instability of bank and bed of the Masil-Muchan river (Astaneh city - Markazi province). E.E.R.. 8(4), 41-64 (in Persian).
15 .Rezaei Moghaddam, M.; Sarvati, M.; & S. Asghari Sareskanrood, 2012. Investigation of geometric alterations of Gezel Ozan River considering Geomorphologic and Geologic parameters, Geography and Environmental Planning, 23(2), 1-14. (in Persian).
16 .Rosgen, D. L., 2001. A stream channel stability assessment methodology, In Proceedings of the seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, 1, 18 -26.
17 .Simon, A., & L. Klimetz., (2008). Magnitude, frequency and duration relations for suspended sediment in stable (reference) southeastern streams. Journal of the American Water Resources Association. 44(5), 1270-1283.
18 .Wynn, T. M., & S. Mostaghimi., (2006). The effects of vegetation and soil type on streambank erosion, Southwestern Virginia, USA. Journal of the American Water Resources Association. 42 (1), 69-82.
19 .Zainal Abidin, R.; Sulaiman, M. S.; & N. Yusoff, 2017. Erosion risk assessment: A case study of the Langat River bank in Malaysia, International Soil and Water Conservation Research, 5, 26-35. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.01.002.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

Investigation of Lateral Erosion of Qaleh Rudkhan River in Guilan Using Streambank Erosion Potential Index

Mohammad Mahdi Hosseinzadeh[1]: *Associate Professor, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran*
Manijheh Sartipzadeh Namin : *MSc. in Geomorphology, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran*

Article History (Received: 2022/06/29 Accepted: 2022/09/22)

Extended abstract

1- Introduction

River canal changes are natural river processes and part of the systematic functioning of rivers that cause the destruction of agricultural land around the river and damage to human facilities and roads. Due to the frequent occurrence of lateral erosion risk in Qaleh Rudkhan Fooman river in Guilan province, identification and determination of stable and unstable shores and the degree of this stability can play an effective role in controlling erodible river environments, and preventing environmental hazards. The purpose of this study is to investigate riverbank erosion using Oklahoma Ozark streambank erosion potential index (OSEP).

2- Methodology

Qaleh Rudkhan watershed is located in the west of Guilan province in Fooman city. This river originates from the northern slopes of the Talesh Mountains and after leaving the mountains in the Fooman region, enters the Guilan Plain and finally flows into the Caspian Sea. The study area is approximately 5 km long, upstream of the river and near the city of Fooman.

In order to investigate the erosion of the river bank, a part of the river with an approximate length of 5 km near Fooman was identified and in 8 reaches, the parameters in the Oklahoma Ozark streambank erosion potential index (OSEP) were examined. In this method, eight factors of bank height, bank angle, percentage of bank height with a bank angle greater than 80 degrees, evidence of recent mass wasting (percentage of bank), unconsolidated material (percentage of bank), streambank protection (percentage of streambank covered by plant roots, vegetation, downed logs and branches, rocks, etc.), established beneficial riparian woody-vegetation cover, and stream curvature are scored. In this method, based on the scores calculated for each reach, the stability situation is as follows: 0-25: highly stable, 26-35: moderately stable, 36-45: stable, 46-55: unstable, 56-65: moderately unstable, 66-85: highly unstable. The relative average of the scores has been used to determine the factor affecting lateral erosion and river bank stability. For statistical analysis of the studied intervals, two statistical methods of Box Whisker plot diagram and correlation coefficient with regression have been used.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]

3- Results

Based on the available findings, in the reaches 1 to 5, the river canal is an irregular one in shape and the river pattern is straight. Bed sediments in this reaches are gravel; the predominant vegetation along the river is grassland along with single trees across the river, and land uses are also agriculture and grazing pastures. One of the geomorphic forms connected to the river bank is intermittent lateral barriers. Along these reaches, massive movements of the transition slip type have been observed. The human evidence influencing the shape of the river includes the destroyed bridge and the sand and gravel resulted from mining operations from the riverbed. In reach 6, the river channel is an asymmetrical channel in shape and the river pattern is sinusoidal. The properties of bed sediments, vegetation and geomorphic forms are similar to previous periods.

In the seventh and eighth reaches, the river channel is asymmetric in terms of shape and the river pattern is of the meandering form. The condition of bed sediments and vegetation is similar to previous reaches. Among the geomorphic forms connected to the river bank in the reach of seven and eight are alternating lateral barriers, point barriers and paleochannel. Along these reaches, mass movements of transfer slip and debris type have been observed.

Based on the results obtained from the eight reaches, in general, the right bank of the river, except for the second reach, has been recorded and classified in an unstable state, while the left bank has had different classifications in different reaches. Therefore, the results of one, five and eight reaches are unstable, the results of two, three, four and six are stable and the results of seven show moderate instabilities. Based on the calculation of the relative scores of effective factors in the erosion of Qaleh Rudkhan river bank, in both left and right banks, streambank protection and established beneficial riparian woody-vegetation cover are the most important influential factors and have the most important role in the occurrence of lateral erosion risk. The Box plot diagram of effective factors in shore instability shows that the values of some parameters such as two parameters of riparian vegetation and riparian protection on the left and right banks did not change at different intervals and the same values were recorded.

The correlation coefficient obtained between the right and left sides of the Oklahoma Ozark streambank erosion potential index (OSEP) is 0.259, which indicates a weak correlation, which means the change in parameter values at one edge is not the same as the values measured at the opposite edge. Therefore, if there is instability on one shore, it is not associated with instability on the other shore. Examination of the values in the 8 studied reaches showed that the values obtained and the sensitivity to erosion varied along the study area on the opposite shores.

4- Discussion & Conclusions

The results obtained from the scores of the studied parameters in the Oklahoma Ozark streambank erosion potential index (OSEP) showed that in the left bank, the reaches 1, 5 and 8 were unstable, the reaches 2, 3, 4 and 6 were stable and the reach 7 was moderately unstable, while on the right bank, all the reaches except reach 2 were unstable.

According to the results of relative scores, the streambank protection and established beneficial riparian woody-vegetation cover have been the most effective factors in the instability of the left and right shores of Qaleh Rudkhan river. In general, it can be said that instability has prevailed in the banks of Qaleh Rudkhan River, which is due to human intrusion and occupation in this part of the river.

Keywords: Qaleh Rudkhan river, streambank erosion potential index (OSEP), streambank erosion, Fooman city, Guilan province**.**

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.2.4]