بررسی پوشش گیاهی در پایدارسازی کنارۀ رودخانه، فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه‌آبخیز پسیخان (گیلان)

علیرضا قدرتی*: *مربی پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان، گیلان، سازمان تحقیقات، آموز ش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران*

علیرضا حبیبی: *دکترای مورفولوژی، پژوهشکدۀ حفاظت خاک وآبخیزداری، بخش تحقیقات مهندسی رودخانه و سواحل ایران*

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچۀ مقاله (تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۶)

چکیده

گونه‌های گیاهی و الگوی کاشت در تلفیق با روش‌های مکانیکی غیر سازه‌ای، در کاهش فرسایش کناری رودخانه مؤثر است. شرایط هیدرولیک مرزی جریان و تنش برشی، با استفاده از مدل‌هایی نظیر HEC-RAS قابل ارزیابی است. در این تحقق، پوشش گیاهی در قالب چهار واحد پیش‌بینی شد. واحدهای کاری شامل درخت با فاصلۀ ۲×۲ متر، درختچه با فاصلۀ ۱×۱ متر، بوته، و ترکیب درخت و درختچه با فواصل ۱×۱ متر، در کنارۀ رودخانه اجرا شد. هر تیمار دارای سه تکرار بود و در هر تیمار و تکرارهای آن از تراز کم آبی تا لبۀ بالایی دیواره، پین‌هایی عمود بر جهت جریان کوبیده شد. تفسیر و تحلیل آماری در این تحقیق نیز به صورت طرح کاملاً تصادفی و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار محاسبۀ SPSS انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که واحد کاری با پوشش علفی در قسمت سطحی، فرسایش کمی داشت و توانست به خوبی از دیواره‌ها در برابر فرسایش محافظت کند. در این مطالعه افزایش فرسایش را در پوشش درختی مشاهده کردیم که دلیل این امر، قرار گرفتن در برابر جریان آب رودخانه است. در هنگام بروز سیلاب شدید، دیواره‌هایی که پوشش علفی داشت به صورت بلوکی تخریب شد؛ در صورتی که پوشش درختی و درختچه‌ای پایداری خود را حفظ کرد. نتایج نشان داد که اقدامات بیولوژیکی در رودخانه‌های سیل‌گیر امری ضروری است و از طریق افزایش مقاومت دیواره‌ها به روش‌های بیولوژیکی، مکانیکی و مهندسی، به پایدارسازی موقت در دیوارۀ ناپایدار منجر خواهد شد.

واژگان کلیدی: تثبیت دیوارۀ رودخانه، روش بیومهندسی، روش بیولوژیکی، روش مکانیکی، سیل و فرسایش.

۱ـ مقدمه

مسئله اساسی در مهندسی رودخانه، بررسی تأثیرهای متقابل آب، خاک و گیاه در رودخانه، شناسایی و معرفی گونه‌های درختی سازگار و الگوهای مناسب تثبیت آن برای شرایط اقلیمی مختلف رودخانه از جهت کیفیت و کمیت آب، جنس حاشیۀ رودخانه و خصوصیات هیدرولیکی آن است. جلوگیری از فرسایش رودخانه‌ای، به کاهش رسوب و بالا بردن بازده مفید مخازن آب سطحی منجر می‌شود و تثبیت اراضی حاشیۀ رودخانه، به ایجاد امنیت کاری و اجتماعی

* نویسنده مسئول: Ghodrati_2000.@yahoo.com

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

نسبت به جابه‌جایی رودخانه. پوشش‌های گیاهی در حاشیه و صفحات پهن رودخانه‌ها نیز به کاهش سرعت جریان منجر می‌شود. از نظر هیدرولیکی، میزان کندی جریان ناشی از پوشش گیاهی در کانال‌های طبیعی، عاملی مهم در طراحی سیلاب دشت و مدیریت حریم رودخانه و کانال‌های طبیعی است. در اقصی نقاط جهان، محققان به طور گسترده به مطالعهٔ نقش پوشش گیاهی در حفاظت و تثبیت دیوارهٔ رودخانه و سواحل آن پرداختند و آن را گزینه‌ای اقتصادی و زیست محیطی می‌دانند. این روش، دارای قدرت و قابلیت تجدید حیات و بازسازی به صورت طبیعی است.

Agha Razi (2002)، تأثیر پوشش گیاهی را در حفاظت ازکناره‌های رودخانهٔ قره‌چای استان مرکزی بررسی و طرحی در این خصوص اجرا کرد. نتایج حاصل شده نشان داد که میزان فرسایش و تخریب کنارهٔ رودخانه ـــ چه در مسیر مستقیم و چه در مسیر پیچانرودی ـــ در نقاط فاقد پوشش گیاهی به مراتب زیادتر از نقاط دارای پوشش گیاهی است. Morgan (1999) برای شناخت بهتر فرسایش، عوامل مؤثر بر وقوع آن و روش‌های کاربردی بیولوژیکی به منظور کنترل فرسایش در کناره راه‌های آبی مطالب بسیار سودمندی ارائه کرد. Lazejewski (1995) در کتاب تکنیک‌های ساماندهی رودخانه، ضمن مطالعهٔ تأثیر پوشش بر زبری مانینگ جریان و توزیع سرعت جریان، توصیه‌هایی دربارهٔ نوع و موقعیت مکانی کاشت انواع گونه‌ها بیان کرده‌است (Schiechtl، 1997). در خصوص فرسایش کناره ای رودحانه به توصیهٔ موقعیت کاشت گونه‌ها، واریته‌های سازگار را برای پایداری دیواره معرفی می‌کند و روش‌های استقرار آنان را به بحث می‌گذارد. در کتاب Gore (1989) به روش‌های تنظیم و تثبیت مقطع جریان سیلابی با استفاده از روش‌های مختلف از جمله روش پوشش گیاهی اشاره شده‌است و با تنظیم مقطع سیلابی، الگوی جریان سیلابی به صورت هدایت شده‌ای انتقال می‌یابد. در مقالهٔ Beeson (1995) با مقایسهٔ ۷۴۷ پیچ رودخانه‌ای در چهار بازه، این نتیجه حاصل شد که فرسایش در پیچ رودخانه‌های بدون پوشش، حدود پنج برابر فرسایش در سواحل پوشش‌دار است. Stephen (1999)، با اجرای سه مدل کاشت پوشش گیاهی (تراکم وارتفاع) درپایدار سازی دیواره سه رودخانه ،عملکرد پوشش را بررژیم جریان سیلابی و تغییرات دبی ـــ اشل رودخانه بررسی نمود. Ominaga (1999) نیز تأثیر پوشش‌های مختلف گیاهی را در قوس خارجی پیچ رودخانه بررسی کرد. در این مطالعه ملاحظه شد که تأثیر جریان چرخشی ناشی از جریان‌های ثانویه با وجود پوشش گیاهی کاهش یافت و جریان اصلی رودخانه متأثر از رفتارهای ترکیبی (تنش جانبی، نیروی‌گریز از مرکز، گرادیان فشار و ممنتم انتقال) جریان ثانویه بود. Robbin (2000) نیز رشد گیاه را در شیب مؤثر می‌داند و شیب کنارهٔ رودخانه و استقرار گیاه، در مقابل آب‌شستگی و حذف فشار هیدرو استاتیکی مؤثر است. Fathimoghdam (1997) نشان داد که با افزایش سرعت در استغراق نسبی ثابت، ضریب زبری کاهش می‌یابد. در مطالعات Kouwen (1997)، مقادیر مانینگ تخمین‌زده شده با استفاده از مدل پیشنهادی، با مقادیر مانینگ گزارش شده توسط Arcement و Chow مطابقت داشت. مقدار ضریب زبری مانینگ با ریشهٔ دوم عمق استغراق افزایش می‌یابد و به طور معکوس در شرایط نامستغرق، با افزایش سرعت کاهش می‌یابد (Telvari, 2013).

اصولاً روش‌های طبیعی حفاظت از دیواره‌ها، نوعی مهندسی زیستی تلقی می‌شود که طی آن، استفاده از پوشش گیاهی در عملیات مهندسی مورد نظر است (Davoodi, 2013). عمل ریشه به تحکیم خاکدانه، بهبود ساختمان خاک و افزایش مقاومت دیواره منجر می‌شود. Tsukamota (1984) بیان کرد که گیاهان در کنترل فرسایش سطحی و زمین‌لغزش‌های کم عمق نقش اساسی دارند. همچنین برای معرفی تأثیر ریشهٔ درختان در پایدارسازی شیروانی‌های

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

خاکی، چهار نوع لغزش را معرفی کرد. George (1981) بر روی رودخانهٔ اوهایو نوع استفاده از اراضی و مورفولوژی رودخانه، تغییر زهکش و استفاده از اراضی ـــــ که به افزایش نفوذ آب در دیوارهٔ رودخانه منجر می‌شود، مکانیسم فرسایش درونی را افزایش می‌دهد و در حمل ذرات زبر و خشن خاک‌های آبرفتی، در فرسایش دیواره‌ای تأثیر مثبت دارد ـ بررسی کرد. Sharif Darsay (2002) در کتابی تحت عنوان پوشش گیاهی برای شیب‌ها و دیواره‌های شهرداری تهران، به گونه‌های گیاهی مختلفی مانند پیچ‌آناری، نسترن، ارغوان، شیرخشت، شمشاد و یاسمن ـــ از نظر حفظ خاک و زیبایی می‌تواند در اراضی شیب‌دار کاربرد داشته باشد ـ اشاره کرده‌است.

Rajabi and Dastarani (2012)، اثر پوشش گیاهی را بر پایداری خاک کناره بررسی کردند. استفاده از روش بیولوژیکی به صورت استقرار پوشش گیاهی، روشی مناسب برای مبارزه با فرسایش است. فرسایش کناری رودخانه‌ای از اشکال فرسایش آبی است و از اثرات نامطلوب آن می‌توان به افزایش گل‌آلودگی آب‌ها، تخریب اراضی حاشیهٔ رودخانه‌ها و مشکلات ناشی از رسوبات حاصل از آن در پایین دست اشاره کرد.

Church and Reid (2015) در حالت طبیعی به بررسی پوشش گیاهی حاشیهٔ رودخانه‌ها ـــ که با نوسان‌های مکرر سطح آب و اختلالات ناشی از سیلاب‌ها (رژیم اختلال طبیعی) همراه است و برای مقابله با این شرایط، به تثبیت با گونه‌های خاص گیاهی نیاز دارد ـ پرداختند.

Pilotto and Tonkin (2019)، تحقیقی به مدت دوسال اثر پوشش گیاهی وسازه ریپ راپ بر روی رودخانه مولد در المان انجام داد واین رودخانه را با حوضه بدون سازه وپوشش گیاهی مقایسه نمود وبه این نتیجه رسید ، پوشش گیاهی در دیواره‌های کاشته شده به همراه سازهٔ به کار برده شده، در شدت و سرعت جریان نقش اساسی دارد، سبب کاهش فرسایش می‌شود و شاخص مهمی در جلوگیری از تغییرات دیواره‌ها است.

Huxel and Hastings (1999) در بررسی فرسایش دیوارهٔ رودخانه بر این نکته تأکید کردند که در بالا دست حوضه آبخیز، رژیم هیدرولوژیکی در فرسایش و رسوب قسمت پایین‌دست نقشی اساسی دارد. پس باید از پوشش گیاهی به همراه سازه‌های مشخص شده استفاده کرد. روش مناسب برای مدیریت و کنترل فرسایش، استفاده از پوشش گیاهی غنی در رویشگاه محدودهٔ مورد مطالعه در همان بالا دست به صورت فشرده است تا بتواند به کاهش فرکانس تغییرات فرسایش در پایین‌دست منجر شود.

۲ـ موقعیت جغرافیایی

حوضه آبخیز پسیخان با مساحتی بالغ بر ۸۲۹۱۵/۴۷ هکتار، یکی از حوضه‌های مهم بخش مرکزی گیلان (منطقهٔ فومنات) است که از سمت غرب، به حوضه آبخیز ماسوله رودخان و از سمت شرق، به حوضهٔ سیاهرود رشت محدود می‌شود. این حوضه در موقعیت جغرافیایی بین ۳۳۳۵۴۷.۸ تا ۳۷۲۱۱۰.۴ متر طول شرقی و عرض ۴۱۴۱۳۲۱.۹ تا ۴۰۸۴۴۲۴.۵ متر شمالی واقع شده‌است. مرتفع‌ترین نقطه ، ۲۸۱۷ متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطهٔ آن، ۴۲ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. طول رودخانهٔ سیاه مزگی ـــ که طولانی تر از بقیهٔ رودخانه‌ها است ـــ از سرچشمه تا محل الحاق به چوبر، برابر با ۵۴ کیلومتر و از این نقطه تا تالاب نیز حدود چهارده کیلومتر است. برای بررسی دقیق‌تر، حوضه به دو زیرحوضهٔ هیدرولوژیک به نام‌های P1 و P2 و یک زیرحوضهٔ غیر هیدرولوژیک به نام P-int تقسیم شد. شکل یک، نقشهٔ پایهٔ

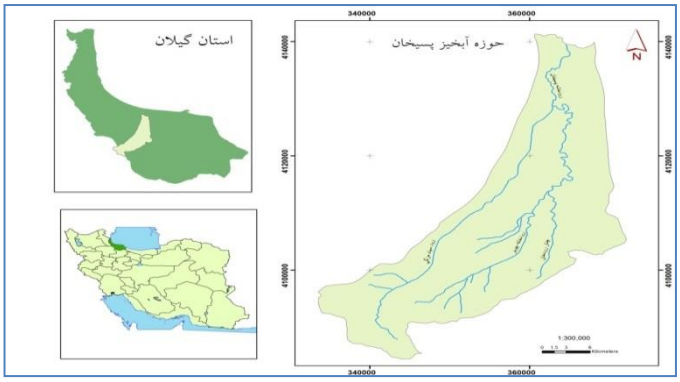
[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

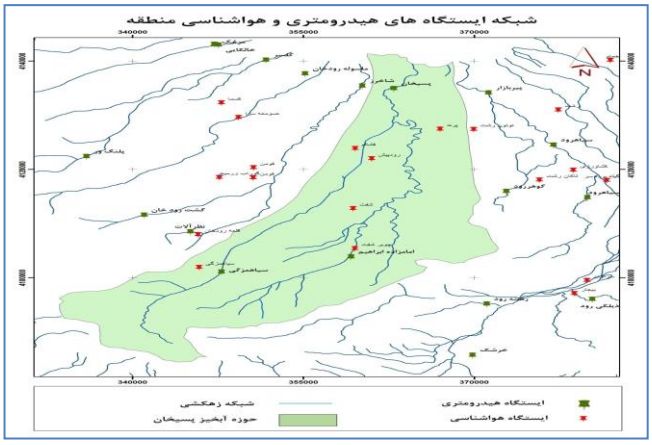
حوضه آبخیز پسیخان را نشان می‌دهد. منطقهٔ طرح نیز در زیرحوضهٔ P1 واقع است. همچنین برخی مشخصات فیزیکی زیرحوضه‌ها در جدول ۱ آمده‌است.

جدول ۱: مشخصات زیرحوضه‌های حوضه آبخیز پسیخان

نام زیر حوضه	نام رودخانه	مساحت	حداکثر ارتفاع (متر)
P1	چوبر- پسیخان	۴۵۱.۵	۲۷۵۶
P2	سیاه‌مزگی	۲۸۵.۵	۲۸۱۷
P-int	پسیخان	۹۲.۷	۱۰۰
کل حوضه	-	۸۲۹.۲	۲۸۱۷

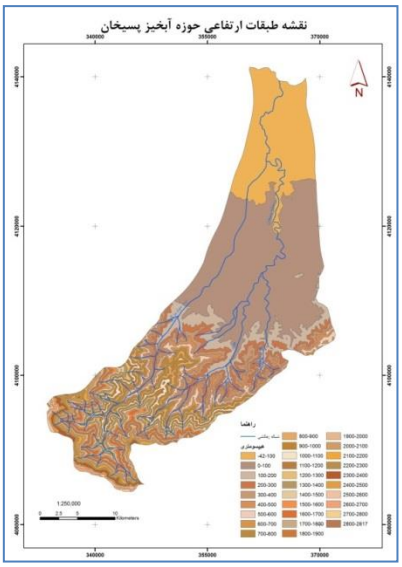


شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز پسیخان در استان گیلان و ایران

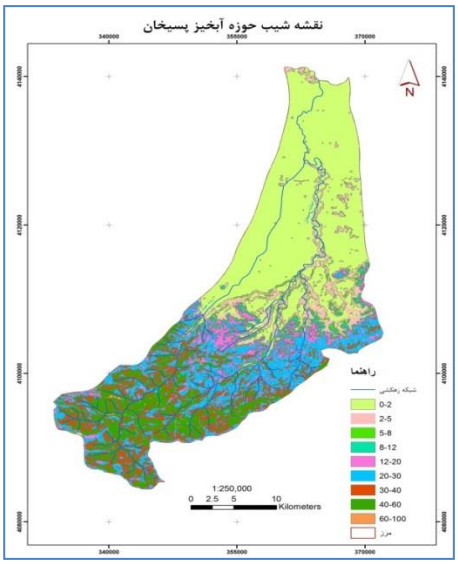


شکل ۲: نقشهٔ پایهٔ هیدرومتری حوضه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]



شکل ۳: نقشهٔ طبقات ارتفاعی حوضه آبخیز پسیخان



شکل ۴: نقشهٔ شیب حوضه آبخیز پسیخان

ارتفاع، در مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر و تعرق و وضعیت پوشش گیاهی حوضه نقش مهمی دارد و درنتیجه، بر ضریب رواناب اثر می‌گذارد. شیب حوضه نیز در میزان رواناب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش نقش اساسی دارد. شیب زیاد یک حوضه به کاهش نفوذ آب و شدت سرعت آن منجر می‌شود. برای تعیین و محاسبهٔ شیب حوضهٔ چشمه غلامعلی، در ابتدا DEM از منحنی‌های تراز و نقاط ارتفاعی حوضه تهیه و در ۹ کلاس طبقه‌بندی شد. سپس مساحت مربوط به هر یک از طبقات شیب به تفکیک زیرحوضه‌ها محاسبه و نتایج در جدول ۳ ذکر شد. شکل ۴، نقشهٔ طبقات شیب حوضه را نشان می‌دهد.

جدول ۲: توزیع مساحت شیب حوضهٔ پسیخان

طبقات شیب به درصد	مساحت به هکتار	درصد مساحت
۰-۲	۳۵۱۹۳.۹	۴۲.۴۵
۱۲-۲۰	۶۷۸۸.۴	۸.۱۹
۲-۵	۵۲۴۱.۱	۶.۳۲
۲۰-۳۰	۱۱۰۴۸.۳	۱۳.۳۳
۳۰-۴۰	۱۰۶۵۲.۴	۱۲.۸۵
۴۰-۶۰	۸۹۳۶.۵	۱۰.۷۸
۵-۸	۲۲۸۹.۴	۲.۷۶
۶۰-۱۰۰	۲۴۵.۴	۰.۳۰
۸-۱۲	۲۵۱۴.۳	۳.۰۵
کل	۸۲۹۱۵.۵	۱۰۰

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

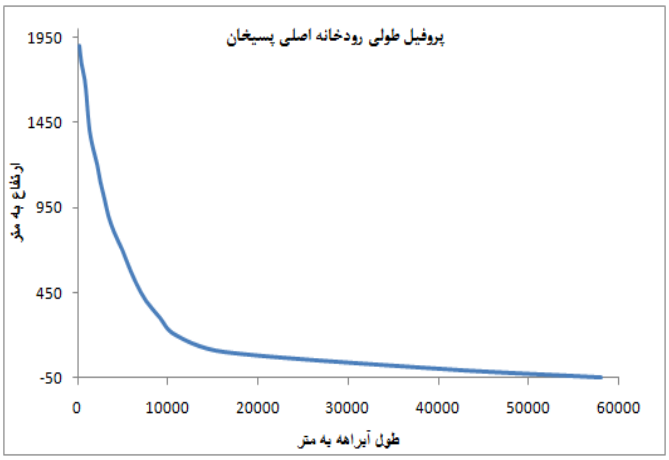
جدول ۳: مقادیرضرایب شکل زیرحوضه و کل حوضه

زیر حوضه	طول بزرگ‌ترین آبراهه	مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	محیط حوضه (کیلومتر مربع)	ضریب هورتن	ضریب گراویلیوس	نسبت گردی
P1	۵۸.۲	۴۵۱.۰	۱۱۳.۲۴	۰.۲۷	۱.۴۹	۰.۴۴
P2	۵۴.۲	۲۸۵.۵	۱۲۰.۸۶	۰.۲۸	۲.۰۰	۰.۲۵
P-int	۱۴.۰	۹۲.۷	۴۸.۶۳	۰.۲۶	۱.۴۴	۰.۴۹
کل حوضه	۷۲.۲	۸۲۹.۱۶	۱۶۶.۲۶	۰.۶۹	۱.۶۲	۰.۳۸

تمامی ضرایب بالا، کشیدگی حوضه را نشان می‌دهد که این امر در مقدار ضریب تمرکز و دبی اوج سیلاب مؤثر است.

جدول۴ :تراکم زهکشی زیرحوضه ها و کل حوضه:

نام زیر حوضه	مساحت به کیلومترمربع	مجموع طول آبراهه‌ها کیلومتر	تراکم آبراهه‌ها (کیلومتر بر کیلومتر مربع)
P1	۴۵۱.۰	۱۵۳.۴۷	۰.۳۴
P2	۲۸۵.۵	۱۴۶.۲۷	۰.۵۱
P-int	۹۲.۷	۱۳.۹۸	۰.۱۵
کل حوضه	۸۲۹.۲	۳۱۳.۷۲	۰.۳۸



شکل ۵: پروفیل طولی شاخه چوبر ـ پسیخان حوضه آبخیز پسیخان

همان گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، رودخانه در قسمت بالادست (منطقهٔ کوهستانی) شیب زیادی دارد و در بیشتر مسیر خود (هشتاد درصد) در قسمت دشتی با شیب ملایم جاری است.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

جدول ۵: محاسبهٔ زمان تمرکز هر یک از زیرحوضه‌ها به روش کرپیچ و چاو

زیر حوضه	زمان تمرکز به ساعت	
	چاو	کرپیچ
P1	۴.۴۱	۴.۹۸
P2	۴.۳۰	۴.۵۵
P-int	۲.۷۶	۲.۹۰
کل حوضه	۵.۹۱	۶.۲

۳ـ مواد و روش

الف: انتخاب بازهٔ مناسب بر اساس معیارهای زیر از طریق اجرای بازدیدهای صحرایی

ـــــ بازه دارای حداقل تموج مورفولوژی (فاقد پیچانرودی شدید یا پیچ‌های (چم‌های) متعدد تحت‌تأثیر فرسایش کناره‌ای)؛

ـ فقدان جاده، کانال آب‌رسانی و سایر تأسیسات زیربنایی در فاصلهٔ کمتر از سی تا چهل متر از حاشیهٔ رودخانه‌ها و تا حد ممکن فقدان اراضی زراعی حاشیهٔ رودخانه‌ای؛

ـ استعداد تخریب و فرسایش دیواره؛

ـ عریض بودن بستر رودخانه (نسبت عرض به عمق کانال بیش از ده باشد)؛

ـ داشتن بستر با زبری متوسط و تا حد ممکن فاقد قلوه‌سنگ و تخته‌سنگ؛

ـ تا حد ممکن وجود ایستگاه هیدرومتری در پایین‌دست بازهٔ انتخاب شده؛

ـ وجود انواع پوشش گیاهی مورد نیاز شامل گونه‌های مناسب و غالب درختی، درختچه‌ای و علفی.

ب: شناسایی و ثبت موقعیت جغرافیایی نقاط مناسب و به تعداد کافی برای هر یک از تیمارهای طرح، شامل تودهٔ درختی، درختچه‌ای، بوته‌ای و قطعات فاقد پوشش گیاهی در مسیر رودخانهٔ معرف و در ساحل راست و چپ آن.

برای شناسایی این توده‌ها باید موارد زیر رعایت شود:

ـــــ اصول همگنی تا حد ممکن رعایت شود؛ چه به لحاظ نوع گونهٔ گیاهی، شیب زمین و جنس خاک و چه به لحاظ دفعات و میزان آبگیری رودخانه.

ـ پوشش گیاهی در محل‌های انتخابی می‌بایست منحصراً تحت‌تأثیر رطوبت ناشی از جریان آبی رودخانه باشد و منبع آبی دیگری در تأمین آب مورد نیاز گیاهان دخالت نداشته باشد.

ـــ پوشش گیاهی درختی (توسکا)، پوشش درختچه‌ای (بید) و پوشش علفی (سه چکه واش وارزن باتلاقی) که اکثر کناره‌های رودخانه‌های گیلان را پوشش داده‌است.

ـــ در عملیات میدانی در هر نقطهٔ انتخاب شده از مرحلهٔ بالا، شش پین فلزی به فاصله‌های دو متر از یکدیگر و عمود بر جهت جریان کوبیده شد. این پین‌ها می‌بایستی طی مدت اجرای طرح ثابت باشد و هیچ گونه جابه‌جایی در آن صورت نگیرد. سپس هر ماهه از آغاز فصل رویش (پانزده فروردین ماه) گیاهان تا پایان فصل رویش (پانزده مهر ماه)، اندازه‌گیری‌ها هر سی روز یک بار در سایت‌های اندازه‌گیری انجام می‌شود. اندازه‌گیری میزان فرسایش و عمق خاک فرسایش‌یافته، از روی پین‌ها به طور جداگانه قرائت و در طول دورهٔ طرح ثبت می‌شود. قرائت و ثبت وضعیت فرسایش

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

در طول دوازده متر مسیر پین‌ها، شامل درصد خاک لخت و تعداد شیارهای ناشی از فرسایش است. اندازه‌گیری پوشش گیاهی به روش ترانسکت خطی صورت می‌گیرد. طول ترانسکت، دوازده متر و از نقطهٔ اول پین تا نقطه پایانی آن در هر سایت اندازه‌گیری است. معیارهای اندازه‌گیری‌شده شامل نوع گونهٔ گیاهی، تعداد و قطر تنهٔ آنها (برای گونه‌های درختی و درختچه‌ای) در طول ترانسکت نوع گونهٔ گیاهی، تعداد و درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی (برای گونه‌های علفی، درختچه‌ای و بوته‌ای) است. در عملیات میدانی، بازدیدهای صحرایی به‌طور مکرر صورت گرفت و گونه‌های درختی و درختچه‌ای غالب رودخانه شناسایی شد. بازه‌ها بر اساس پارامترهایی چون حداقل تموج، فقدان پیچان‌رود شدید، متعدد و تحت فرسایش کناری انتخاب شد. تیمارها شامل تودهٔ درختی، درختچه‌ای و علفی، در مسیر رودخانه و در ساحل راست و چپ آن انتخاب و پروفیل عرضی تیمارها برداشت شد. تیمارها از لحاظ نوع گونهٔ گیاهی، شیب زمین، جنس خاک و دفعات و میزان آبگیری همگن بودند. پوشش گیاهی نیز تحت‌تأثیر رطوبت ناشی از جریان آبی رودخانه بود. هر تیمار دارای تکرار بود و آنهایی که شرایط بهتری داشت، انتخاب شد. پین‌ها طی مدت اجرای طرح ثابت بود و هیچ‌گونه جابه‌جایی در آن صورت نگرفت.. هر ماهه از آغاز فصل رویش تا پایان این فصل (مهرماه)، هر ماه یک‌بار و در زمان وقوع سیل، پارامترهای زیر اندازه‌گیری شد. توضیح این امر لازم است که در این تحقیق از قبل، کنارهٔ رودخانه در سه بازه از پوشش گیاهی (درختی، درختچه‌ای وعلفی) ـــ که کاشت آن به حدود پانزده سال می‌رسد ـــ در حوضهٔ پسیخان انتخاب شد. معیارهای مورد اندازه‌گیری در پوشش گیاهی شامل نوع گونه، تعداد و قطر تنهٔ آنها برای گونه‌های درختی، درصد تاج پوشش برای گونه‌های علفی و بوته‌ای و تعداد و تاج پوشش برای گونه‌های درختچه‌ای است. سپس منابع علمی و پژوهشی در زمینهٔ اطلاعات هیدرولیکی مورد نیاز نظیر عمق و دبی جریان رودخانه، و اطلاعات هندسی کانال نظیر پروفیل‌های طولی و عرضی بازهٔ مورد مطالعه، اطلاعات فرسایش کناری و ویژگی‌های رودخانه و تأثیر پوشش گیاهی در حفاظت از حاشیهٔ آن جمع‌آوری و بررسی شد. تجزیه و تحلیل نیز با استفاده از کمیت‌های عددی به دست آمده از وضعیت پوشش گیاهی (درختی، درختچه‌ای، بوته‌ای و علفی) صورت می‌گیرد که از ترانسکت‌گذاری و میزان و وضعیت فرسایش حاصل از تغییرات سطح خاک در محل پین‌ها در هر یک از سایت‌های اندازه‌گیری در تیمارهای مختلف طرح حاصل می‌شود که هم به صورت عددی (تعداد گونه‌ها) و هم به صورت درصد (درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی) است و از طریق آزمون (t) مقایسه می‌شود. درنهایت، رابطهٔ پوشش‌گیاهی (درختی، درختچه‌ای، بوته‌ای و علفی) با فرسایش، از طریق معادلات رگرسیونی دومتغیره بررسی می‌شود.

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]



شکل ۶: پین‌گذاری در مقطع پوشش درختی



شکل ۷: پین‌گذاری پوشش درختچه‌ای



شکل ۸: پین‌گذاری در پوشش علفی

٤ـ یافته‌ها (نتایج)

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود در طول آماربرداری و اجرای طرح، در تمامی سال سیلاب رخ داده‌است. فرسایش ناشی از این رخداد سیلاب در رودخانه در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ اندازه‌گیری شد، اما پس از این دو سال با سیل ۱۳۹۳، تمام پین‌های به کار برده شده فرسایش یافت و دیواره‌ها در معرض شست و شوی جریان آب قرار گرفت.

جدول ۶: دبی حداکثر در رودخانهٔ پسیخان در دوره اجرای طرح

سال	دبی حداکثر (مترمکعب بر ثانیه)	تاریخ
۱۳۹۰	۳۰۳	۹۰/۷/۵
۱۳۹۱	۳۰۷	۹۱/۱/۳۱
۱۳۹۲	۳۹۱	۹۲/۸/۲۹
۱۳۹۳	۱۹۳	۹۳/۹/۵
۹۵-۹۴	۳۱۴	۹۴/۱/۲۴

گرچه در مسیر رودخانه نقاط قابل توجهی از سه تیمار مورد نظر، پین‌گذاری و داده‌های آن ثبت شد؛ برای استفاده از نرم‌افزار آماری، سه تکرار از هر کدام در نظر گرفته شد. از نرم‌افزار SPSS نیز استفاده شد. قالب پروژه، «طرح بلوک‌های کاملا تصادفی» بود و از آمار توصیفی، آزمون (t) و دانکن برای مقایسهٔ تیمارها استفاده شد. برای تحلیل میزان فرسایش نیز از آمار توصیفی و Anova یک‌طرفه در نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

جدول ۷: میزان فرسایش از پین‌های مستقردر تیمارها و تکرارها (سانتیمتر) جهت رودخانه به پایین

		تراز دیواره											
		تراز پایین				تراز متوسط				تراز بالا			
پوشش	تکرار / سال	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴
علفی	۱	۱.۱۶	۲.۰۰	۴۰	–	۱.۵۰	۱.۲۰	۴۰	–	۱.۱۶	۱.۰۰	۴۰	–
	۲	۱.۲۰	۱.۵۰	۴۰	–	۱.۲۰	۱.۱۰	۴۰	–	۱.۱۰	۱.۰۰	۴۰	–
درختچه‌ای	۱	۱.۲۰	۳.۰۰	۴۰	–	۱.۳۳	۱.۸۰	۴۰	–	۱.۰۰	۳.۰۰	۴۰	–
	۲	۲.۰۰	۳.۰۰	۴۰	–	۱.۲۰	۱.۰۰	۴۰	–	۱.۲۰	۲.۱۰	۴۰	–
درختی	۱	۱.۳۳	۳.۰۰	۴۰	–	۱.۵۰	۱.۲۰	۴۰	–	۱.۰۲	۱.۰۰	۴۰	–
	۲	۱.۸۳	۲.۵۰	۴۰	–	۱.۹۰	۱.۳۷	۴۰	–	۱.۰۰	۱.۸۰	۴۰	–

جدول ۸: آنالیز تجزیه واریانس میزان فرسایش در پوشش گیاهی دیوارهٔ رودخانه

منبع خطا	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
مدل	۱۲.۲۲[a]	۱۷	۰.۷۱۹	۶.۷۵۴	۰.۰۰
ریشهٔ مدل	۸۸.۳۶	۱	۸۸.۳۶	۸۳۰.۲۳۴	۰.۰۰
نوع.پوشش	۱.۲۹	۲	۰.۹۶۴	۹.۰۶۲	۰.۰۲
تراز.دیواره	۳.۰۲۶	۲	۱.۵۱۳	۱۴.۲۱۷	۰.۰۰
سال.اندازه.گیری	۲.۱۲۲	۲	۲.۱۲۲	۱۹.۹۳۷	۰.۰۰۰
نوع.پوشش * تراز.دیواره	۱.۱۰۹	۴	۰.۲۷۷	۲.۶۰۵	۰.۰۷۱
نوع.پوشش * سال.اندازه.گیری	۱.۳۰۴	۲	۰.۶۵۲	۶.۱۲۸	۰.۰۰۹
تراز.دیواره * سال.اندازه.گیری	۲.۲۱۶	۲	۱.۱۰۸	۱۰۴۱۲	۰.۰۰۱
نوع.پوشش * تراز.دیواره *	۰.۵۱۳	۴	۰.۱۲۸	۱.۲۰۶	۰.۳۴۳
خطا	۱.۹۱۶	۱۸	۰.۱۰۶		
مجموع	۱۰۲.۴۹۶	۳۶			
تصحیح مدل	۱۴.۱۳۵	۳۵			

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

۵ـ تجزیه و تحلیل

با استفاده از کمیت‌های عددی به‌دست‌آمده از وضعیت پوشش گیاهی (درختی، درختچه‌ای و علفی)، وضعیت فرسایش حاصل از تغییرات سطح خاک در محل پین‌ها در هر یک از تیمارهای مختلف پروژه ـــــ که هم به‌صورت عددی (تعداد گونه‌ها) و هم به‌صورت درصد (درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی) است ـ از طریق آزمون (t) و دانکن مقایسه شد و درنهایت، رابطهٔ پوشش نیز بررسی شد. در این تحقیق از پوشش درختی، درختچه‌ای و علفی در سه بازهٔ کنارهٔ رودخانه و از هر پوشش گیاهی، سه نمونه در مسیر رودخانه نمونه‌برداری آماری ـــــ که به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی بود ـــ انجام شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و برای مقایسهٔ تیمارها با یکدیگر نیز از آزمون دانکن و سطح معنی‌داری $P\leq ۰/۰۵$ استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شاخص نوع پوشش، تراز دیواره و زمان اندازه‌گیری به طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) در میزان فرسایش مؤثر بود؛ پوشش علفی نسبت به پوشش‌های درختچه‌ای و درختی از میزان فرسایش کاسته بود ($P\leq ۰/۰۵$)، ولی تفاوت در میزان فرسایش با پوشش‌های درختی و درختچه‌ای فاقد معنی‌داری بود ($P>۰/۰۵$). همچنین نتایج نشان داد که میزان فرسایش در تراز پایین نسبت به تراز متوسط و بالا، به طور معنی‌داری بیشتر بود ($P\leq ۰/۰۵$) که البته این تفاوت در تراز بالا و متوسط فاقد معنی‌داری بود ($P>۰/۰۵$). تفاوت در میزان فرسایش در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ نیز معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$)؛ در سال ۱۳۹۱، هر سه نوع پوشش گیاهی در میزان فرسایش تأثیر نداشتند ($P>۰/۰۵$)، ولی در سال ۱۳۹۲ به ترتیب پوشش علفی و به دنبال آن پوشش‌های درختی و درختچه‌ای از میزان فرسایش کاستند ($P\leq ۰/۰۵$). در سال ۱۳۹۱، فرسایش در تراز بالا نسبت به تراز متوسط و پایین کمتر بود ($P\leq ۰/۰۵$)، اما این مقدار فرسایش در تراز متوسط و پایین تفاوت چندانی نداشت ($P>۰/۰۵$). در سال ۱۳۹۲، میزان فرسایش در تراز پایین نسبت به تراز بالا و متوسط به طور چشمگیری افزایش یافت ($P\leq ۰/۰۵$)؛ در همین سال میزان فرسایش تراز بالا بیش از تراز متوسط بود ولی این مقدار تفاوت معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). مقدار فرسایش در پوشش علفی در تراز بالا به طور معنی‌داری کمتر از تراز پایین بود ($P\leq ۰/۰۵$)، اما این تفاوت در تراز متوسط معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). مقدار فرسایش در پوشش‌های علفی در هر دو سال اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). مقدار فرسایش در پوشش درختچه‌ای در تراز متوسط به طور معنی‌داری کمتر از تراز پایین بود ($P\leq ۰/۰۵$) که این تفاوت در تراز بالا معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). اما برخلاف پوشش علفی، در پوشش درختچه‌ای فرسایش در سال ۱۳۹۲ بیش از سال ۱۳۹۱ بود ($P\leq ۰/۰۵$). میزان فرسایش در پوشش درختی در تراز پایین نیز بیش از دو تراز بعدی بود ($P\leq ۰/۰۵$) که البته تراز بالا و متوسط تفاوت معنی‌داری را در میزان فرسایش نشان نداد ($P>۰/۰۵$). در پوشش درختی، میزان فرسایش در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ تفاوت معنی‌داری نداشت ($P\leq ۰/۰۵$)، اما در سال ۱۳۹۳ به علت بارندگی بالا و ارتفاع دبی حداکثر و رسیدن به دورهٔ پر آبی صد ساله حداکثر دبی پیک آماری و رابطهٔ مستقیم با بارش، فرسایش در حدی بود که دیوارهای رودخانه کاملاً به صورت بلوکی فرسایش یافت و پین‌ها رو کاملاً از جا کند و فرسایش داد.

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف

برای تعیین پارامتر دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف، ابتدا داده‌های ساعتی سیلاب ایستگاه هیدرومتری نوخله استخراج، سپس براساس بهترین برازش (لوگ پیرسون III) دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله محاسبه شد. آمار دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانهٔ پسیخان، و دبی روزانه با دوره بازگشت‌های مختلف، به‌ترتیب در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است.

تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف رودخانهٔ پسیخان

برای تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف، می‌بایست بهترین برازش را براساس سری داده انتخاب کرد که این عمل با تعیین مناسب‌ترین توزیع آماری انجام می‌شود. هیدرولوژیست‌ها از توزیع‌های آماری بسیاری برای این منظور استفاده می‌کنند که از مهم‌ترین این توزیع‌ها، توزیع نرمال، لوگ نرمال، پیرسون II، پیرسون III، لوگ پیرسون III و توزیع گمبل است. یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهایی که برای تعیین بهترین برازش توزیع‌های آماری به کار می‌رود، نرم‌افزار SMADA است. این نرم‌افزار با استفاده از سری داده‌ها می‌تواند با استفاده از هر یک از توزیع‌های آماری ذکر شده، مقادیر تخمین‌زده شده را در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال محاسبه کند.

برای تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای حوضهٔ پسیخان، ابتدا داده‌های ساعتی سیلاب ایستگاه هیدرومتری نوخاله جمع آوری شد. سپس از بین آنها، دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه برای سال‌های آماری موجود استخراج شد. در ادامه، سری داده‌ها به نرم‌افزار وارد و تمامی توزیع‌های آماری موجود در نرم‌افزار آزموده شد. براساس روش مشاهده‌ای یعنی با استفاده از نمودار مقادیر مشاهده‌ای و تخمین‌زده شده، می‌توان بهترین آزمون آماری را انتخاب کرد و از مقادیر محاسبه شدهٔ آن توزیع در دوره بازگشت‌های مختلف استفاده کرد. در آمارهای ثبت شده و برداشت از ایستگاه هیدرومتری رودخانهٔ پسیخان در دورهٔ ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ دورهٔ اجرای طرح، دو دوره پیک در دبی حداکثر لحظه‌ای و سیل اتفاق افتاده مشاهده می‌شود که دبی اوج رژیم بارانی ـــ که با شدت بارش در ماه شهریور، مهر و آبان همراه است ـــ همچنین دبی پیک لحظه‌ای ـــ که بر اثر ذوب برفی که در فصل بهار اتفاق افتاده به سیل منجر می‌شود ـــ در طول دوره آماری دیده می‌شود. در هر دو حالت، بین شدت و دوام بارش با میزان آب‌دهی و اتفاق افتادن سیل رابطهٔ مستقیمی وجود دارد. در بررسی حداکثر بارندگی نیز زمان بارندگی شدید و تاریخ بررسی سیل، کاملاً با هم همخوانی ورابطهٔ مستقیمی داشت. رخداد سیل در سال ۱۳۹۲ در فصل ۲۹ آبان و بارش ۱۱۷ میلی‌متر در ۲۹ آبان، این رابطهٔ بسیار تأثیرگذار را نشان می‌دهد. نکتهٔ جالب در مورد دوره بازگشت سیل در این حوضه این است که در تاریخ ۱۳۹۲/۸/۲۹، دبی حداکثر به ۳۹۱ متر مکعب می‌رسد که با برآورد آماری و دوره بازگشت صد ساله، بسیار نزدیک است و بنا به نقل قول و مصاحبهٔ محلی، چنین سیلی دیده نشده است. در همین سال، سطح آب بسیاری از استخرهای پرورش ماهی ـــ که تعدادی از آنها در حاشیهٔ این رودخانه تأسیس شده و تعدادشان نیز زیاد بود ـــ همگی دچار سیل‌گرفتگی شد و خسارت بالایی را در پی داشت. در همهٔ تیمارها و تکرارها، مقاطع عرضی ترسیم شد که در ادامه، نمونه‌ای از آنها قابل‌مشاهده است.

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

جدول ٦: نتایج حاصل از تکمیل جدول راسگن

		ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
نسبت ارتفاع کناره به ارتفاع کنارهٔ پرآب	مقدار	۱.۲	۲	۱.۹۰	۱.۹۰	۱.۶۰
	شاخص	۳	۴	۲	۳	۱
نسبت عمق ریشه به ارتفاع کناره	مقدار	۰.۲۶(زیاد)	۰۲۰.	۰.۳۰	۰.۴۵	۰.۶۰
	شاخص	۶	۲	۳	۳	۱
تراکم ریشه	مقدار	۹۰(خیلی کم)	۹۰	۱۰۰	۷۵	۷۵
	شاخص	۱.۹	۱.۹	۲.۲	۲.۲	۲.۲
زاویه کناره	مقدار	۰.۳	۰.۵۰	۰.۳۰	۵	۰.۵۰
	شاخص	۲.۱	۴	۲	۱	۳
حفاظت سطحی	مقدار	۴۰	۵۰	۶۰	۴۰	۵۵
	شاخص	۳	۴	۲	۳	۱

با توجه به مقطع تهیه شده از بازهٔ پوشش علفی، درختی و درختچه‌ای دیوارهٔ رودخانه بعد نصب پین و وقوع سیل، میزان تخریب دیواره در طی دورهٔ آماری کاملاً مشهود بود. در کلیهٔ مقاطع، پین‌هایی نصب شد. در تکرار سیل به‌خصوص سیل ۱۳۹۳، دیوارها تخریب و بیش از چهل سانتیمتر ــ که طول هر پین بود ــ از دیوارهای رودخانه شسته و کنده شد. تراز متوسط و تراز بالایی آن آبگیری شد و فرسایش در دیواره اتفاق افتاد.



شکل ۹: اندازه‌گیری پوشش علفی قبل از سیل



شکل ۱۰: تراکم پوشش علفی بعد از سیل



شکل ۱۱: تیمار پوشش درختچه‌ای در سال ۱۳۹۲



شکل ۱۲: تیمار پوشش درختچه‌ای در سال ۱۳۹۵

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]





شکل۱۳ : تیمار پوشش درختی قبل از سیل شکل۱۴: تیمار پوشش درختی بعد از سیل برداشت آمار در سال ۱۳۹۵

در زمینهٔ نقش مهم پوشش گیاهی درختی در انسجام خاکدانه و افزایش مقاومت آن نسبت به عوامل محیطی خارجی مطالعات مختلفی انجام شده‌است. Davoodi (2013)، عملکرد ریشه را در بهبود ساختمان خاک و افزایش مقاومت دیواره بررسی کرد. نتیجهٔ این پژوهش نشان داد که ریشهٔ درختان به مسلح شدن خاک منجر می‌شود و قدرت تحمل آن را در شرایط بحرانی افزایش می‌دهد. Smith and Morgan (1999)، اثر پوشش‌گیاهی را بر نیروهای وارد شده بر زمین بررسی و اعلام کردند که پوشش‌گیاهی با جذب مستقیم نیروهای وارد شده از سطح خاک که به وسیلهٔ عابران، احشام و وسایل نقلیه ایجاد می‌شود، اثر تخریبی نیروهای مخرب را کاهش و انسجام خاک را افزایش می‌دهد. Bioshop and Stevander (1964) نشان دادند که درختان بزرگ می‌توانند فشار معمول بر روی یک شیب را تا پنج کیلونیوتن بر متر مربع افزایش دهند، اما بیش از نصف آن، برای افزایش در مقاومت برشی خاک شرکت نمی‌کنند. در تحقیق به عمل آمده، بایستی به این نتایج دقت کرد و در کارهای اجرایی مهندسی رودخانه به‌خصوص در استان گیلان در شرایط آب و هوایی موجود، دقت شود. شرایط استان گیلان در زمینهٔ پایداری دیواره‌های رودخانه، با استان‌های مناطق خشک و نیمه خشک متفاوت است؛ چون رژیم آبی در دو فصل بهار و پاییز بسیار بالاست و تکرار آن نیز با حجم زیاد آب همراه می‌باشد. بنابراین نهال‌های کشت شده، در مقابل حجم عظیمی از آب مقاومت چندانی نخواهند داشت و اکثر نهال‌ها در سال اول از بین خواهند رفت. همچنین فرصت مناسب در سال اول آن قدر نیست که ریشه بتواند به تحکیم دیواره‌ها و پایدارسازی حداقل ۵۰ ٪ منجر شود؛ از این رو، توصیه می‌شود پس از کشت گونه‌های مورد نظر حتماً از روش پایدارسازی دیواره‌ها با سازه‌های طبیعی (دیواره‌های چپری) و سازه‌های مکانیکی غیر طبیعی مانند ریپ راپ (به شرط) در پاشنهٔ دیواره و از گابیون‌ها و سایر سازه‌ها استفاده شود. اکثر رودخانه‌های استان گیلان به‌خصوص در محل اجرای طرح، از دشت‌های آبرفتی عبور می‌کنند و تقریباً ساختار خاک شبیه به هم دارند که از خاک‌های سبک و بسیار فرسایش‌پذیر تشکیل شده‌است. نوع فرسایش و تخریب دیواره‌ها در این استان، بسیار شدید است و ضریب زبری در پایهٔ دیواره‌ای، پایین و سرعت جریان در دیواره‌ها نیز شدید است و فرسایش اتفاق می‌افتد. در اکثر حاشیه رودخانه‌های استان گیلان، از زمان‌های طولانی زادآوری گیاهانی از قبیل توسکا، بید، تمشک، شیرخشت و پوشش علفی سه چکه واش، دیواره‌های رودخانه‌ها رابه طور کامل حفظ کرده‌اند؛ اما در دهه‌های اخیر به علت تغییرات در بستر و حاشیهٔ رودخانه از قبیل برداشت شن و ماسه، تغییر کاربری در دامنه‌های این رودخانه‌ها به تغییر شکل مورفولوژی منجر می‌شود و فرسایش شدیدی را در اکثر حوضه‌های پایین دست و دیوارهای رودخانه به وجود می‌آورد. تغییرات بستر اصلی حوضه‌ها و برداشت شن و ماسه، تعادل کف را از نظر سرعت جریان و ضریب زبری در رودخانه‌ها بر هم می‌زند و این مسئله، فشار هیدرولیکی وسیع و بسیار شدیدی را به پاشنه‌های دیوارهٔ رودخانه و دیواره‌های آن وارد می‌سازد؛ به طوری

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

که فرسایش و رسوب فراوانی را تولید می‌کند. برای پایدارسازی دیوارهٔ رودخانه‌ها در استان گیلان، اکثراً پوشش گیاهی از نوع خودرو است و عملیات مهندسی بیولوژی چندانی از طرف سازمان‌ها انجام نشده‌است. در جاهایی که فرسایش شدید بود، به وسیلهٔ سیستم‌های گابیون‌بندی و مکانیکی به‌عنوان پانسمان ترمیم شده، این اصل نمی‌تواند به پایداری خاک و جلوگیری از فرسایش منجر شود. در صورت کشت نهال و گسترش این روش به همراه پایدارسازی و ایجاد مقاومت نهال‌ها در مقابل جریان‌های شدید که در پاییز و بهار اتفاق می‌افتد، با استفاده از سیستم‌های حفاظتی مانند چپر کردن، میله‌کوبی، بافت حصیری دیواره‌ها و گاه استفاده از مصالح توری و گابیون، می‌توان استفاده از آن را برای اکثر حوضه‌ها تجویز کرد تا اینکه مدت زمان نهال‌ها و پوشش ایجاد شده سپری شود. اگر سه سال از کاشت بگذرد، این نهال‌ها و پوشش ایجاد شده به تحکیم و پایدارسازی دیواره‌های خاک رودخانه منجر خواهند شد و بعد از مدتی می‌توانیم زادآوری آنها را به صورت طبیعی مشاهده کنیم؛ در غیر این صورت، نمی‌توان موفقیتی را در تثبیت بیولوژی حاصل کرد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که شاخص نوع پوشش، تراز دیواره و زمان اندازه‌گیری، در میزان فرسایش به طور معنی‌داری مؤثر است. پوشش علفی نسبت به پوشش‌های درختچه‌ای و درختی از میزان فرسایش کاسته، ولی تفاوت در میزان فرسایش با پوشش‌های درختی و درختچه‌ای فاقد معنی‌داری است. همچنین میزان فرسایش در تراز پایین نسبت به تراز متوسط و بالا بیشتر است. تفاوت در میزان فرسایش در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ نیز معنی‌دار است که فرسایش کناره در هر سال را نشان می‌دهد. مقدار فرسایش در پوشش علفی در تراز بالا به طور معنی‌داری کمتر از تراز پایین است؛ این در حالتی اندازه‌گیری شده‌است که دبی پیک در حد بالاست، ولی نه به شدتی که فرسایش شدید را در پی داشته باشد. اما این تفاوت در تراز متوسط فاقد معنی‌داری است. اما در سال ۱۳۹۳ به علت بارندگی بالا، ارتفاع دبی حداکثر و رسیدن به دورهٔ پر آبی صد ساله حداکثر دبی پیک آماری و رابطهٔ مستقیم با بارش، فرسایش در حدی بود که دیوارهای رودخانه کاملاً به صورت بلوکی فرسایش یافت و پین‌ها را به طور کامل از جا کند و فرسایش داد. در خصوص تثبیت دیواره‌های رودخانه با استفاده از عملیات بیولوژیکی در رودخانهٔ پسیخان، سه گونه پوشش گیاهی کاشته شد و بررسی فرسایش در ترازهای مختلف دیواره‌ها صورت گرفت. در سال‌های نمونه‌برداری شده در شرایط دبی‌های متوسط به بالای طول زمانی سی سالهٔ دبی پیک، در روند تخریب و فرسایش دیواره از تراز پایین ــ که تحت تنش حرکت جریان آب و شدت جریان هیدرولیکی واقع است ـــ نسبت به ترازهای متوسط و بالا، فرسایش زیادی را مشاهده می‌کنیم. سال‌های آمارگیری شده و آنالیز آماری صورت گرفته در این تحقیق نشان داد که پوشش علفی در قسمت سطحی، فرسایش کمی دارد. این امر بدین معنی نیست که وجود پوشش علفی توانسته حفاظت خوبی در مقابل فرسایش داشته باشد؛ چون دبی پیک و دورهٔ سیلابی گذراست و گاه به ندرت به سطح دیواره می‌رسد. بنابراین، فرسایش نیز کمتر است ولی در پوشش درختی و درختچه‌ای، ریشهٔ گیاهان و گاه تنهٔ آنها در دیواره‌ها و حتی در تراز پایین مستقر می‌شود و پوشش گیاهی درختی بیشتر در معرض جریان آب است؛ به همین دلیل آمارهای ثبت شده، فرسایش عدد بالایی را نشان می‌دهد. اما در هنگام بروز سیلاب شدید ــ که به جاری شدن سیل منجر می‌شود ــ در دوره آماری برداشته شده، مشاهده شد که در هنگام سیلابی شدن رودخانه ،پوشش علفی به دلیل عمق کم ریشه‌دوانی که دارد دیواره رودخانه کاملاً به صورت بلوکی تخریب می‌شود و حجم زیادی از دیواره، از نوع پوشش علفی تخریب شده‌است. اما در پوشش درختی و درختچه‌ای، دیواره‌ها پایداری خود را حفظ می‌کنند و حجم زیادی از خاک فرسایش می‌یابد،

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

اما پوشش درختی پایداری خود را حفظ می‌کند. در مجموع، حفاظت از دیوارهای رودخانه که در تمامی منطقه جریان دارد، تابع تغییرات کاربری‌های اراضی تخریب بالا دست، تغییر مورفولوژی بستر رودخانه و برش پوشش درختی دیوارهٔ کنارهٔ رودخانه‌ها همگی در فرسایش کناری نقش داشتند. بنابراین، مسئولان بایستی برای ایجاد پایداری دیواره‌ای رودخانه به نکات مهم آبخیزداری و مهندسی رودخانه توجه کنند تا بتوان از فرسایش جلوگیری کرد.

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

قبل از هر چیزی باید به این نکته توجه کرد که در حفظ سواحل رودخانه و پایداری دیوارهٔ آن، باید تا حد ممکن از فشار وارد شده بر دیواره کاسته شود. داشتن درختان بلند قامت و سنگین می‌تواند، نیروی وارده را به شکل اهرم زیاد کند و فشار وارد شده بر بستر دیواره را بیفزاید؛ بنابراین، تا حد ممکن باید از درختان کوتاه قد با وزن بسیارکم در این نقاط استفاده شود (Tockner and Stanford, 2002).

تثبیت کرانهٔ رودخانه، به ایجاد تغییرات در عملکردهای ساختاری مانند فرایندهای فرسایش و رسوب در یک حوضه منجر می‌شود و تکامل مورفولوژیکی را به همراه دارد. این مسئله در بلند مدت می‌تواند در حفاظت از کرانهٔ رودخانه نقش مهمی داشته باشد که باید آن را به عنوان اساس اولیه و مهم در کنترل فرسایش در یک حوضه در نظر گرفت (Davoodi, 2004). .

نیاز اکولوژیکی توسکا قشلاقی و بید معمولی بسیار شبیه هم است. این گیاهان، نور پسند و دوست‌دار آب هستند و در مناطق باتلاقی و جلگه‌ای و در سواحل رودخانه‌ها و مانداب‌ها به خوبی رشد می‌کنند. سیستم ریشه‌ای آنها، سطحی و عمیق است و در فرسایش خاک کناره و حاشیهٔ رودخانه مناسب می‌باشد. با توجه به ویژگی‌هایی که این گونه‌ها دارند، برای کشت در کنارهٔ رودخانه‌ها، نهرها و حواشی جویبارها مناسب هستند، ولی از نظر برخی از ویژگی‌های فیزیونومی یا مورفولوژیکی و نقشی که می‌توانند در نگهداری و ثبات دیوارهٔ رودخانه و جلوگیری از فرسایش خاک داشته باشند، می‌توان بررسی کرد (Ghobadian,1984). با توجه به ویژگی‌های مناسب این دو گونه برای سواحل ماندابی و حاشیهٔ رودخانه‌ها، بهتر است شیوه پرورش این درختان در این مناطق به صورت شاخه‌زاد باشد؛ چرا که شیوهٔ پرورش درختان بلیدبا توجه‌به اهداف مورد نظر تعیین شود (Majnoonian,1990). اگر از دیدگاه مورفولوژی و ریخت‌شناسی، گونه‌های توسکا و بید را بررسی کنیم و بر مبنای این اهداف، تأثیری را که در برتری نسبی به یکدیگر دارند ارزیابی کنیم تا حدودی می‌توان مزیت گونهٔ مناسب‌تر را مشخص کرد. هر چند هر دو گونه تاج باز هستند، تاج پوشش توسکا به مراتب سنگین‌تر و حجیم‌تر از بیدها است و این امر سبب می‌شود میزان برگاب[1] آن به مراتب بیش از بید باشد. هر چند پوست تنهٔ درختان بید ناصاف و تا حدودی شیاردار است، میزان ناصافی و شیار درختان توسکا به مراتب بیشتر است و موجب می‌شود جذب ساقهٔ آبی در آنها بیشتر باشد و از میزان رواناب و در نتیجه فرسایش خاک کاسته می‌شود. بیدها همانند توسکا پا جوش دارد، ولی بررسی‌ها و تجربهٔ حاصل از اجرای این پروژه نشان می‌دهد که تعداد و تراکم پاجوش‌ها در توسکا به مراتب بیش از بید است که خود به نسبت، مانع از برخورد مستقیم قطرات باران به خاک می‌شود (Majnoonian, 1990).با توجه‌به اطلاعاتی که از دلفداران منطقه‌به‌دست آمد، دام‌های از برگ‌های جوان بید برای تغذیه استفاده می‌کنند؛ ولی با گذشت زمان، برگ‌ها خشبی‌تر و از لحاظ مزه تلخ می‌شوند و دام‌ها از آن برای چرا

[1] interception

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

استفاده نمی‌کنند. در نتیجه، عرصه‌هایی که به کشت بیدها اختصاص داده شده‌است، باید در سنین پایین محصور باشد و شاید به همین دلیل در اجرای این پروژه، بیدها زنده‌مانی پایینی (تخریب چپرها در چند مرحله) داشتند. پس از کشت نهال‌های مورد نظر، از گیاهان علفی پوآپیازدار، شبدر زیرزمینی و یونجه‌زرد (باغی) برای کنترل فرسایش سطحی استفاده شد، ولی گیاهان علفی مانند سه چکه‌واش[1]، ارزن باتلاقی[2] و مرغ[3] ــ که در دشت گیلان به طور وسیعی پراکنش دارند ـــ بر گیاهان کشت شده غالب شدند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در این منطقه یا در مناطقی با شرایط اکولوژیکی مشابه، به منظور کنترل فرسایش سطحی در کنارهٔ رودخانه‌ها از گیاهانی نظیر سه‌چکه‌واش، مرغ و ارزن باتلاقی استفاده شود. مسئله مهمی که در این طرح به دست آمده این است که شیوهٔ پرورش شاخه‌زاد، برای استقرار گونه‌های درختی در دیواره و حاشیهٔ رودخانه‌ها مناسب خواهد بود و در بعضی از مناطق، دیواره‌ها بایستی در پنج سال اول محافظت دیواره با عملیات مکانیکی توأم باشد. استفاده از گیاهان بومی غیرخشبی (علفی) مانند سه‌چکه‌واش، مرغ و ارزن باتلاقی به منظور حفاظت خاک سطحی در مقابل فرسایش آبی می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

شرایط استان گیلان با مناطق خشک و نیمه خشک در زمینهٔ پایداری دیواره‌های رودخانه فرق می‌کند؛ چون رژیم آبی در دو فصل بهار و پاییز بسیار بالاست و تکرار آن نیز با حجم زیاد آب همراه است. بنابراین نهال‌های کشت شده، در مقابل حجم عظیم آب مقاومت چندانی نخواهند داشت و اکثر این نهال‌ها در سال اول از بین خواهند رفت. همچنین در سال اول آن قدر فرصت مناسب نیست که ریشه بتواند به تحکیم دیواره‌ها و پایدارساری حداقل ۵۰٪ منجر شود. بنابراین، پس از کشت گونه‌های مورد نظر توصیه می‌شود حتماً از روش پایدارسازی دیواره‌ها با سازه‌های طبیعی (دیواره‌های چپری) و سازه‌های مکانیکی غیر طبیعی مانند ریپ راپ (به شرط) در پاشنهٔ دیواره و گابیون و سایر سازه‌ها استفاده شود. اگر سه سال از کاشت بگذرد، دیواره‌ها به وسیلهٔ این نهال‌ها و پوشش ایجاد شده به تحکیم و پایدارسازی دیواره‌های خاک رودخانه منجر خواهد شد. در خصوص تثبیت دیواره‌های رودخانه با استفاده از عملیات بیولوژیکی در رودخانهٔ پسیخان، سه گونه پوشش گیاهی کاشته شد و فرسایش در ترازهای مختلف دیواره‌ها بررسی شد. در سال‌های نمونه‌برداری شده، در جریان عادی فرسایش در کف ابراهه بالا میباشد و در صورت بروز سیل، فرسایش در قسمت بالای دیواره ــ که از پوشش علفی است ــ افزایش می‌یابد.

۶ ـ سپاس‌گزاری

از همکاران محترم بخش تحقیقات آبخیزداری مرکز که ما را در اجرای این پروژه یاری کردند، تشکر می‌کنیم. از پژوهشکدهٔ حفاظت خاک وآبخیزداری کشور نیز در تأمین اعتبار این پروژه سپاس‌گزاریم.

منابع

1. Beeson, C. E., & P. F. Doyle., (1995). Comparison Of Bank Erosion At Vegetated And Non-Vegetated Channel Bends 1. *Jawra Journal Of The American Water Resources Association*. 31(6), 983-990.

2. Blazejewski. R.; Pilarczyk, K. W.; & B. Przedwojski, 1995. River training techniques, 414-435.

[1] Paspalom distichum
[2] Paspalom dilatum
[3] cynedom dactylon

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

3. Davoodi, M. H., 2004. Application of bioengineering in stabilization of river banks. The first scientific-specialized workshop of bioengineering in organizing the Homsil river. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI) of the Agricultural Research and Education Organization (AREOO). Report.
4. Davoodi, M. H.; Nik Kami, D.; & S. R. Imam Juma, 2013. The effect of tree roots on soil shear strength using large scale experiments. Final report of the research project, former soil protection center and watershed management.
5. Fathi Moghadam, M., 2004. Roughness coefficients of submerged and semi-submerged vegetation in riverbeds and banks.
6. Fathi-Moghadam, M.; Masjidi, A.; & B. Shamal Nesab, 2016. Investigating the flow resistance of grass vegetation on the river bank. The third international conference on watershed management and water and soil resources p. 20 and 21.
7. Ghobadian, A., 1984. Pedology of arid and semi-arid regions, Amidi Publications, 653.
8. Gore, J. A., & G. E. Petts., (1989). Alternatives in Regulated River Management, CRC Press, USA.
9. Gorge, J., 1981. Engineering geology, Erosion on the Ohio River no3 (141-158).
10. Huxel, G. R., & A. Hastings., (1999). Habitat loss, fragmentation, and restoration. *Restoration Ecology*. 7(3), 309-315.
11. Jarvela, J., 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants, *Joumal of Hydrology*, 269(1-2), 44-54.
12. Kouwen, N., & M. Fathi-Moghadam., (2000). Friction Factors for Coniferous Trees Along Rivers, Journal of Hydraulic Engineering. *Journal of hydraulic engineering*. 126(10), 732-740.
13. Majnoonian, H., 1990. Trees and the environment, Publications of the Environment and Protection Organization, 582.
14. Morgan, R. P. C.; Collins, A. J.; & M. J. Hann, 1999. Waterway Bank Protection, Environment Agency.
15. Pilotto, F.; Tonkin, J. D.; Januschke, K.; Lorenz, A. W.; Jourdan, J.; Sundermann, A.; Hering, D.; Stoll, S.; & P. Haase, 2019. Diverging response patterns of terrestrial and aquatic species to hydromorphological restoration, *Conservation Biology*, 33(1), 132-141.
16. Pirvan, H. R., & A. Hosseini., (2005). The role of vegetation in the stabilization of Qarachai river. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI) of the Agricultural Research and Education Organization (AREOO). Report.
17. Refaei, H., 1375. Water erosion and its control. First Edition. University of Tehran.
18. Reid, D., & M. Church., (2015). Geomorphic and ecological consequences of riprap placement in river systems. *Journal of the American Water Resources Association*. 51(4), 1043-1059.
19. Robbin, B. S., & T. John., (2013). Partnering geosynthetics & for erosion control. Difini and Andrew F. McKown.
20. Sharif, D., 1992. Vegetation for slopes and walls of Tehran Municipality, Tehran municipality.
21. Samani, M. V. J., & N. Kouwen., (2000). Stability and erosion in grassed channels. *Journal of Hydraulic Engineering*. 128(1), 40-45.
22. Schiechtl, H., & M. R. Stern., (1997). Water bioengineering techniques. Wiley-Blackwell. USA.
23. Stephen, R. D., 1999. Effect of Riparian Vegetation on Flow Resistance & Flood Potential, *Journal of Hydraulic Engeenerig*, 125(5), 443.
24. Talvri, A. R., 2004. Mechanical Behavior of Vegetation in Wall Protection, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI) of the Agricultural Research and Education Organization (AREOO), Report.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

25. Talvri, A. R., 2016. Study of changes in river plan in a part of Karun river, Pajohesh and Sazandeghi, 30, 15-19.
26. Tockner, K., & J. A. Stanford., (2002). Riverine flood plains: Present state and future trends. *Environmental Conservation*. 29(3), 308-330.
27. Tominaga, A.; Nagao, M.; & I. Nezu, 1999. Flow Structures and Momentum Transport Processes in curved open channels with vegetation, IAHR - XXV111 Congress GRAZ.
28. Tsukamoto, Y., 1987. Evaluation of the effect of tree roots on slope stability, *Tokyo University of Agriculture and Technology*, 23, 65-124.
29. Yasi, M., 1988. Modification of route and protection of flood river walls by construction and biological methods, Master Thesis, Shiraz University.

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

Investigation of Vegetation in River Bank Stabilization, Soil Erosion and Sediment Production in Pesikhan Watershed (Guilan)

Alireza Ghodrati[1]: *Research Instructor, Forests, Rangelands and Watershed Management Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Guilan Province, Agricultural Research, Training and Extension Organization, Rasht, Iran .*

Alireza Habibi: *Doctor of Morphology, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, River and Coastal Engineering Research Department, Iran.*

Article History (Received: 2021/11/8 Accepted: 2022/09/ 7)

Extended abstract

1-Introduction

The main problem in river engineering is to investigate the mutual effects of water, soil and plants in the river and to identify and introduce compatible tree species and the appropriate patterns of its stabilization for different climatic conditions of the river in terms of water quality and quantity, the type of river bank and its hydraulic characteristics. River erosion reduces sedimentation and increases the efficiency of surface water reservoirs, and the stabilization of riverside lands creates social and work security in relation to the displacement of the river. Vegetation on the margins and wide plates of rivers slows down the flow. From the hydraulic point of view, the slowness of the flow caused by vegetation in natural channels is an important factor in the flood design of the plain and the management of the river and natural channels. The role of vegetation in the protection and stabilization of river walls and banks has been widely studied by researchers in all parts of the world and they have all recognized it as an economic and environmental option. This method has the power and capability for regeneration in a natural way (Agha Razi, 2002). The results of a study that investigated the effect of vegetation on the protection of the banks of the Qara Chai River in the central provinces showed that the amount of erosion and destruction of the river bank, in the direct route and in the winding route, is far more in places without vegetation cover than in places with vegetation (Morgan, 1999). For a better understanding of erosion, effective factors in its occurrence have been identified and the practical natural and biological methods for controlling erosion along waterways have. In the book on river management techniques, while studying the effect of vegetation cover on manning flow roughness and flow speed distribution, the author has provided recommendations about the type and location of planting various tree species (Schiechtl, 1997).

2- Methodology

The purpose of the present study was to identify and record the geographical locations of suitable points and the required numbers for each of the design treatments, including tree stands, shrub stands, bush stands and parts without vegetation along the river. Tree vegetation (alder), shrub cover (willow), and grass cover (three drip washes and swamps) have covered most of the rivers of Guilan. At each selected point in the field operation, 6 metal pins are hammered at distances of 2 meters from each other and perpendicular to the direction of flow. These pins must be fixed during the execution of the design and no movements must be made in them. The numerical analyses conducted based on vegetation conditions (tree, shrub, and herbaceous) indicated the amount and extent of erosion resulting from changes in soil surface at the location of pins in each layer at different temperatures. Based on the design of the study, the collected data, which are both numerical (i.e., number of species) and in the form of percentage (i.e., percentage of canopy cover of plant species) are compared by t-test, and the relationship of vegetation (trees, shrubs, and grasses) with erosion had been examined by using bivariate regression equations.

[1] **Corresponding Author:** ghodrati_2000@yahoo.com

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]

3- Results

The executive works of river engineering, especially in Gilan province, should be carefully considered in the current weather conditions. The conditions of Gilan province in terms of the stability of river walls are different from the provinces of arid and semi-arid regions; Because the water regime is very high in spring and autumn, and its frequency is also associated with a large volume of water. Therefore, the cultivated seedlings will not have much resistance against a huge amount of water and most of the seedlings will die in the first year. Also, the right opportunity in the first year is not enough for the root to strengthen the walls and stabilize at least 50%; Therefore, it is recommended to stabilize the walls with natural structures and unnatural mechanical structures such as rip-rap at the base of the wall and gabions and other structures after planting the desired species. The research showed that the grass cover in the surface part has little erosion. This does not mean that the presence of grass cover has been able to provide good protection against erosion; Because there was no flood. Therefore, the erosion is also less, but in the tree and shrub cover, the roots of the plants are exposed to the washing of the lower floor, therefore, the recorded statistics show a high number of erosion. But during severe flooding - during the removed statistical period, it was observed that the grassy cover is destroyed in a blocky way, but in the tree and shrub cover, the walls maintain their stability, and in general, the protection of the river walls that It flows in the whole region, subject to changes in land use, upstream destruction, changes in the morphology of the river bed, and the cutting of tree cover along the river's walls, all played a role in lateral erosion. Therefore, the authorities should pay attention to the important points of watershed management and river engineering in order to create stability of the river walls in order to prevent erosion.

4- Discussion & Conclusions

First of all, it should be noted that in order to maintain the river bank and its On both sides of the river stability, the pressure on the wall should be reduced as much as possible. Having tall and heavy trees can increase the force in the form of a lever and thereby can increase the pressure on the wall bed. Therefore, it is possible to use short stature with very low weight in these places (Davoodi, 2013) grass cover and alder roots are shallow and deep and are suitable for preventing soil erosion along the river (Ghobadian,1989). It is suggested that in this area or in areas with similar ecological conditions, in order to control surface erosion along the rivers, plants such as watercress, grass should be used. The important issue in this project is that the method of breeding branches will be suitable for the establishment of tree species in the walls and along rivers. And in some areas, the walls must be accompanied by mechanical operations in the first 5 years of wall protection. The use of non-woody (herbaceous) native plants such as watercress, grass cover to protect topsoil from water erosion can be very effective.

Keywords: River wall stabilization, Biomechanical method, Biological method, Mechanical method, Flood and erosion

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

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.1.5.7]