

## ژئومورفولوژی و عوامل موثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان

مجتبی یمانی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران \*  
سیامک شرفی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۸۹/۴/۲۸ پذیرش: ۱۳۹۰/۱/۲۷، صص ۳۲-۱۵

### چکیده

رودخانه‌ها تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های زمین شناسی، هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی و نحوه بهره برداری از آنها در معرض تغییر و تحول می باشند. در این مطالعه، عوامل موثر در ناپایداری و فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان مورد مطالعه قرار گرفته است. عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصویر ماهواره ای IRS سال ۱۳۸۶ ابزار مقایسه زمانی تغییرات بوده اند. مسیر رودخانه در محیط نرم افزاری دیجیتالی شده و پارامترهای هندسی مورد نیاز برای نشان دادن تغییرات مورفولوژی رودخانه ترسیم، اندازه گیری و محاسبه شده است. همچنین نمونه رسوباتی که از مسیر رودخانه برداشت شده است در آزمایشگاه دانه سنجی شده و پس از تطبیق با نقشه زمین شناسی مسیر رودخانه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. با توجه به عوامل هیدرولوژیکی موثر در تغییرات و وجوه اشتراک هندسی، مسیر رودخانه به ۳ بازه معین تقسیم گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پارامترهای موثر نشان می دهد که علی رغم کاهش قطر ذرات و افزایش دبی و رسوب از بازه ۱ به طرف بازه ۳، بیشترین تغییرات در بازه اول رخ داده است. کمترین تغییرات در بازه سوم و بالاخره در بازه دوم نیز تغییرات، بیشتر از بازه سوم و کمتر از بازه اول می باشد. بر این اساس، نتایج کلی نشان می دهد که بر خلاف معمول، تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه مورد مطالعه از بالادست به طرف پایین دست کاهش یافته است. همچنین یافته‌ها نیز نشان داد که ساختمان زمین شناسی و لیتولوژی بستر و کناره رودخانه، مهمترین عوامل تغییر پایداری بستر به شمار می روند.

واژه‌های کلیدی: ژئومورفولوژی، فرسایش رودخانه ای، هررود، هیدرولوژی

### مقدمه

(۲۲۷). به طور کلی، رودخانه‌ها تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های زمین شناسی، هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی، مورفولوژیکی و نحوه بهره برداری از آنها در معرض تغییر و تحول هستند (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۰، ۱۶۳). تغییرات رودخانه ای به صورت فرسایش یا

فرسایش کناری در رودخانه‌ها هر ساله خسارات زیادی را به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌ها، سازه‌های کنار رودخانه، جاده‌ها، پلها و ... وارد می کند و به علاوه باعث انتقال مقادیر قابل توجهی رسوب به مخازن سدها می شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۲،

قبال آن ۱۰ هکتار رسوبگذاری مشاهده شده است (غریب نیا، ۱۳۸۵، ۶).

در مطالعه و بررسی رسوبگذاری و فرسایش پذیری رودخانه‌ها و مسیل‌های عمده استان اصفهان با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و اطلاعات مورفولوژی، لیتولوژی، فرسایش کناری و بستر، رژیم رودخانه، پوشش گیاهی و غیره نتیجه گرفته شد که ارتباط معنی داری در سطح ۰/۰۹۵ بین پارامترهای پوشش گیاهی، زمین شناسی، سازندهای حساس به فرسایش و برداشت منابع شن و ماسه با تشکیل گسترش پیچان رودها و مورفولوژی رودخانه وجود دارد که حاکی از تاثیر مستقیم و غیر مستقیم عوامل فوق الذکر بر تشکیل پیچان رودهاست (شیرانی و همکاران، ۱۳۸۵، ۱). هم چنین از بین محققان خارجی می توان به تورن<sup>۱</sup> (۲۰۰۲)، کریس پارکر<sup>۲</sup> (۲۰۰۸)، گابریل<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) اشاره کرد که بر اساس مشخصه‌های هندسی، تعداد سدهای میان کانالی، میزان دبی جریان و آورد رسوب مورفولوژی رودخانه و غیره، تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها را مورد بررسی قرار داده اند.

در این پژوهش نیز رودخانه هررود به عنوان موردی و با این هدف مورد بررسی قرار گرفته است. این رودخانه بین ۱۵° ۴۸ تا ۴۹° درجه طول شرقی و ۲۲° ۳۲ الی ۵۲° ۳۳ درجه عرض شمالی و در استان لرستان و شرق شهرستان خرم آباد واقع شده است (شکل ۱) و قسمتی از سرشاخه‌های رودخانه کرخه را در زاگرس تشکیل می‌دهد (مهندسین مشاور آبدان فراز، ۱۳۸۰، ۱۰). هررود یک رودخانه کوهستانی است

رسوبگذاری در بستر، تخریب دیواره‌ها، تغییر راستای جریان، تغییر و جابجایی مائدرها و تغییر در فرم رودخانه نمودار می‌شوند (فروغی و همکاران، ۱۳۸۰، ۱).

در رابطه با تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه‌ها کارهای متعددی در ایران و جهان صورت گرفته است که این تحقیقات عمدتاً<sup>۱</sup> به مسائل مهندسی رودخانه پرداخته اند و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودخانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. فاطمی عقدا در سال ۱۳۸۰ با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۷۲، نمونه برداری از رسوبات بستر رودخانه و انجام کارهای آزمایشگاهی بر روی آنها در رودخانه کرخه نتیجه گرفت که پایین بودن درجه تراکم و سستی رسوبات کناره‌ها به علت جدید بودن آنها، متفاوت بودن جنس لایه‌ها، چسبندگی کم بعضی از لایه‌های رسوبی در معرض فرسایش و وجود املاح پراکنده کننده در بعضی از لایه‌ها، عمده ترین دلایل فرسایش کناری رودخانه کرخه (روستای عبدالخان تا الهایی) بوده اند. در سال ۱۳۸۵ با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۶، تصاویر ماهواره ای Land sat TM سال ۱۹۸۹ و Land sat ETM سال ۲۰۰۰، واحدهای رسوبی و خصوصیات هندسی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه گیری شد که از سال ۱۳۴۶ تا کنون ۲ مورد قطع شدگی در کانال رودخانه رخ داده و تعداد پیچش‌ها از ۴۳ به ۴۶ مورد افزایش پیدا کرده است، هم چنین طی بازه زمانی یاد شده سالانه ۱۵/۳ هکتار از اراضی پیرامون رودخانه فرسایش یافته و در

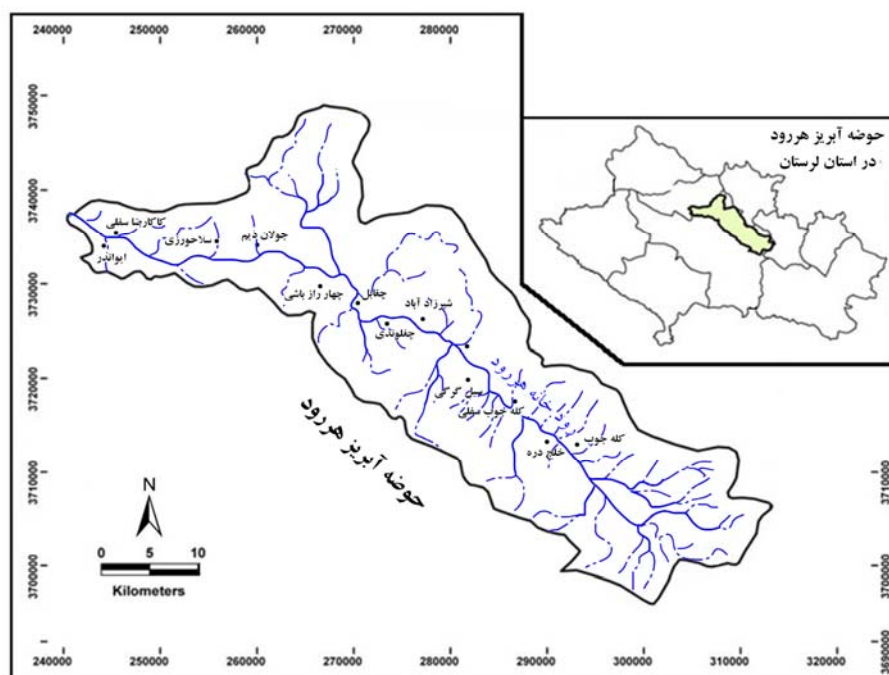
1 Thorne

2 Chris Parker

3 Gabrielle

موجب ناپایداری بستر رودخانه و کناره‌های آن شده و به تدریج این سازه‌ها را تهدید می‌کنند. از این رو هدف، بررسی این ناپایداری‌ها و دامنه تغییرات زمانی و مکانی آنها در ۳ بازه رودخانه‌ای است.

و در روی پادگانه‌های آن سازه‌های انسانی، نظیر راه‌های ارتباطی، اراضی زراعی و سکونتگاه‌های روستایی استقرار یافته است. مسأله تحقیق آن است که خصوصیات دبی بسیار متغیر و سایر عوامل،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز هرود در استان لرستان

منطبق گردید (شکل ۲). در ادامه با استفاده از نرم افزار اتوکد<sup>۴</sup> پارامترهای هندسی مورد نیاز مانند شعاع قوس‌ها، طول موج، ضریب خمیدگی، عرض بستر و نسبت عرض به عمق برای بررسی تغییرات مسیر رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه استخراج گردید. در ادامه نقشه زمین شناسی مسیر رودخانه با استفاده از روشی که شرح داده شد، استخراج و بر روی مسیر رودخانه انطباق داده شد و از طریق آن، جنس سازندهای بستر و کناره‌ها در هر بازه مشخص گردید. سپس با محاسبه داده‌های فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی

## داده‌ها و روش‌ها

روش تحقیق عمدتاً بر پایه روش تحلیلی و تجربی و نیز مقایسه تاریخی استوار بوده است. برای بررسی میزان تغییرات رودخانه مورد مطالعه، ابتدا با توجه به شکل آبراهه و تفاوت‌های مورفومتریک، مسیر رودخانه به ۳ بازه مستقیم، شریانی و پیچان رودی تقسیم شده است. برای بررسی تغییرات با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۳۸۶ مسیر رودخانه در محیط نرم افزاری Arc GIS زمین مرجع گردید. سپس مسیر رودخانه بر روی آنها دیجیتایز شد و برای نشان دادن تغییرات بر هم

<sup>۴</sup> Auto cad



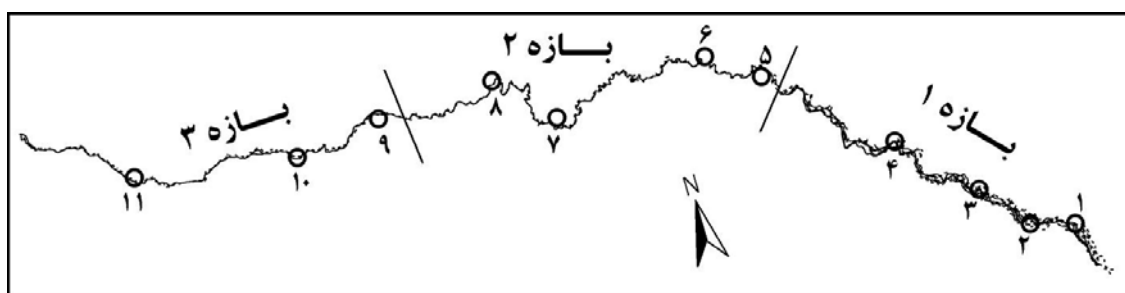
شستگی عمل کرده و میزان بار کف را محدود می‌کند (هی (Hey)، ۱۳۶۵ ص ۴۵). این پدیده سبب ایجاد فرسایش در دیواره‌های کانال جریان و افزایش نسبت عرض به عمق رودخانه شده و تغییرات عرضی رودخانه افزایش می‌یابد.

با این هدف، برای مطالعه فرسایش کناره‌ها و بستر رودخانه هررود نیز دستیابی به اطلاعات مربوط به جنس مواد بستر در طول رودخانه ضروری بوده و از جمله پارامترهایی هستند که در بررسی متغیرهای

موثر بر الگوی رودخانه مورد مطالعه قرار گرفته اند. در این راستا، ۱۱ مقطع در حد فاصل بازه‌های شماره ۱ تا ۳ (شکل ۳) انتخاب و از بستر، دیواره‌های طرفین رودخانه نمونه برداری شد. این نمونه‌ها عمدتاً از قوس‌های مئاندری برداشت شده و سپس در آزمایشگاه قلهو سنگها تفکیک و مورفومتري شده و ساير نمونه‌های ریزدانه تر نیز با دستگاه شیکر، گرانولومتري شدند. جدول ۱ نتایج حاصل اندازه گیری‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقادیر اندازه گیری شده از نمونه رسوب‌های مسیر هررود با استفاده از نرم افزار GRADE STAT

شماره نمونه	محل برداشت	D10 مدیان	D50 مدیان	D90(gr) مدیان	میانگین قطر ذرات (میکرون)	ملاحظات میانگین	توزیع اندازه بافت نمونه‌ها		
							شن	ماسه	سیلت
۱	کناره شمالی	۱۴۲۸/۵	۱۴۹۵/۶	-۰/۵	۱۴۹۵/۶	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۹/۸	۰/۲
۲	کناره شمالی	۱۱۶۷/۴	۱۵۰۷/۵	-۰/۲	۱۵۰۷/۵	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۹/۸	۰/۲
۳	کناره شمالی	۳۸۴/۴	۱۸۰۷/۲	۱/۳	۱۰۸۱/۱	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۹/۲	۰/۸
۴	کناره شمالی	۱۵۳/۴	۱۷۷۰/۶	۲/۷	۱۰۳۷/۷	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۸	۲
۵	کناره شمالی	۱۱۵۰/۹	۱۵۳۹/۷	-۰/۲	۱۴۲۰	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۹/۳	۰/۷
۶	کناره شمالی	۹۶۸/۵	۱۵۷۰	۰/۰	۱۳۵۲/۳	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۸/۴	۱/۶
۷	کناره جنوبی	۷۶۲/۴	۱۵۶۷/۵	۰/۴	۱۳۲۴/۷	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۸/۴	۱/۶
۸	کناره شمالی	۳۵۷/۴	۱۵۷۸/۴	۱/۴	۱۱۸۳/۲	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۸/۳	۱/۷
۹	کناره جنوبی	۲۳۲/۲	۱۵۵۰/۷	۲/۱	۱۲۹۵/۷	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۶/۳	۳/۷
۱۰	بستر کم آبی	۸۹۶/۲	۱۶۷۱	۰/۲	۱۳۲۲/۳	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۹/۳	۰/۷
۱۱	بستر کم آبی	۴۹۵/۷	۱۶۱۶/۵	۱	۱۱۳۸/۳	ماسه خیلی درشت	۰/۰	۹۹/۵	۰/۵



شکل ۳- بازه‌های تفکیک شده و محل نمونه برداری‌ها

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود طبق معمول، میانگین قطر ذرات از قسمت علیای رودخانه به طرف سفلی کاهش می‌یابد (به استثنای نمونه‌های ۳

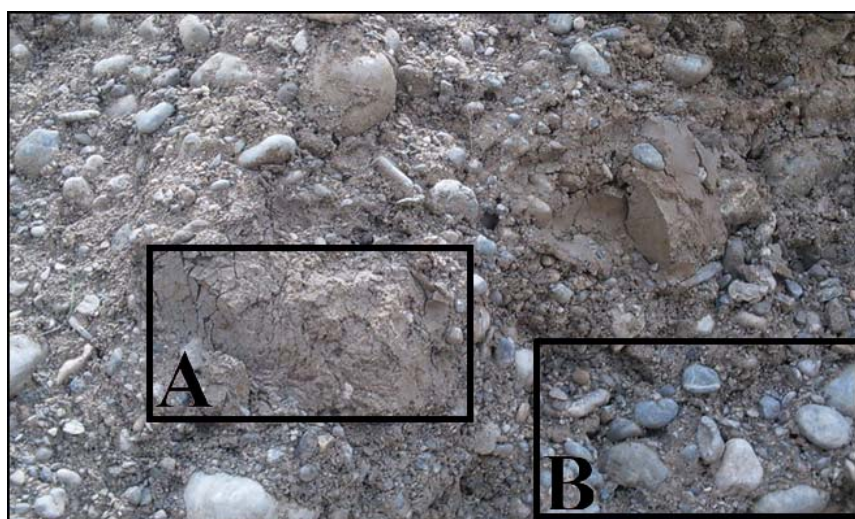
و ۴ که به نظر می‌رسد شرایط نمونه برداری تاثیر گذار بوده است). بدیهی است، علت آن کاهش نیروی جریان رودخانه برای حمل رسوبات به طرف پایین

گرفته به تدریج اندازه ذرات بستر از بالا دست به طرف پایین دست از مواد بستری درشت دانه که عموماً "قلوه سنگ، شن، ماسه و سیلت و به میزان کم رس تشکیل شده به مواد بستری ریز دانه تغییر می‌یابد. رسوبات کف بستر رودخانه از پل هررود تا روستای چقابل (شکل ۲)، شامل شن، ماسه و قلوه سنگ بوده و بعضاً سرشاخه‌های بخش شمالی آبراهه اصلی نیز در بعضی نقاط با تخته سنگ همراه هستند و عمدتاً از بخش‌های بالادست حوضه و سرشاخه‌های فرعی به رودخانه هررود وارد می‌شوند. از این محل تا انتهای بازه ۳ رسوبات بستر از شن و ماسه که در مواردی سیلت نیز در آنها دیده می‌شود، تشکیل شده است. در ادامه عمدتاً در بستر رسوبات ریز دانه رسی و سیلتی به همراه مواد ارگانیک دیده می‌شود. شکل مقطع عرضی رودخانه در این بخش به صورت مقطع عرضی مستطیل شکل با دیواره‌های عمودی به ارتفاع ۲ تا ۵ متر است و ترکیب مواد ریز دانه و درشت دانه به خوبی دیده می‌شود (شکل ۴).

دست و رسوبگذاری در بستر و ساییدگی و کاهش قطر رسوبات می‌باشد. از طرف دیگر در تمام نمونه‌ها بیش از ۹۸ درصد رسوبات درشت دانه می‌باشد که علت آن نیز دبی رودخانه و وجود سازندهای کنگلومرا است. این سازند از قطعات قلوه سنگ تشکیل شده و منشا رسوبات درشت دانه است. علاوه بر این، شواهد نشان می‌دهد که در بازه ۱ وجود مواد آبرفتی درشت دانه و تخته سنگ در بستر رودخانه موجب می‌شود که در شرایط پرآبی، این قطعات به حالت سدّی سبب انباشت بار کف شده و انحراف جریان به سوی کناره‌ها را به دنبال دارد. این فرایند، موجب شستشو و فرسایش دیواره‌های کانال شده و افزایش نسبت عرض به عمق رودخانه و در نهایت تغییرات عرضی رودخانه را افزایش می‌دهد. اندازه‌گیری‌های انجام شده نیز موید این امر است.

#### مواد کف

بر اساس نمونه رسوبات برداشت شده در مسیر رودخانه که در فواصل تقریبی ۵ تا ۶ کیلومتری از یکدیگر و از پل هررود تا انتهای بازه ۳ صورت



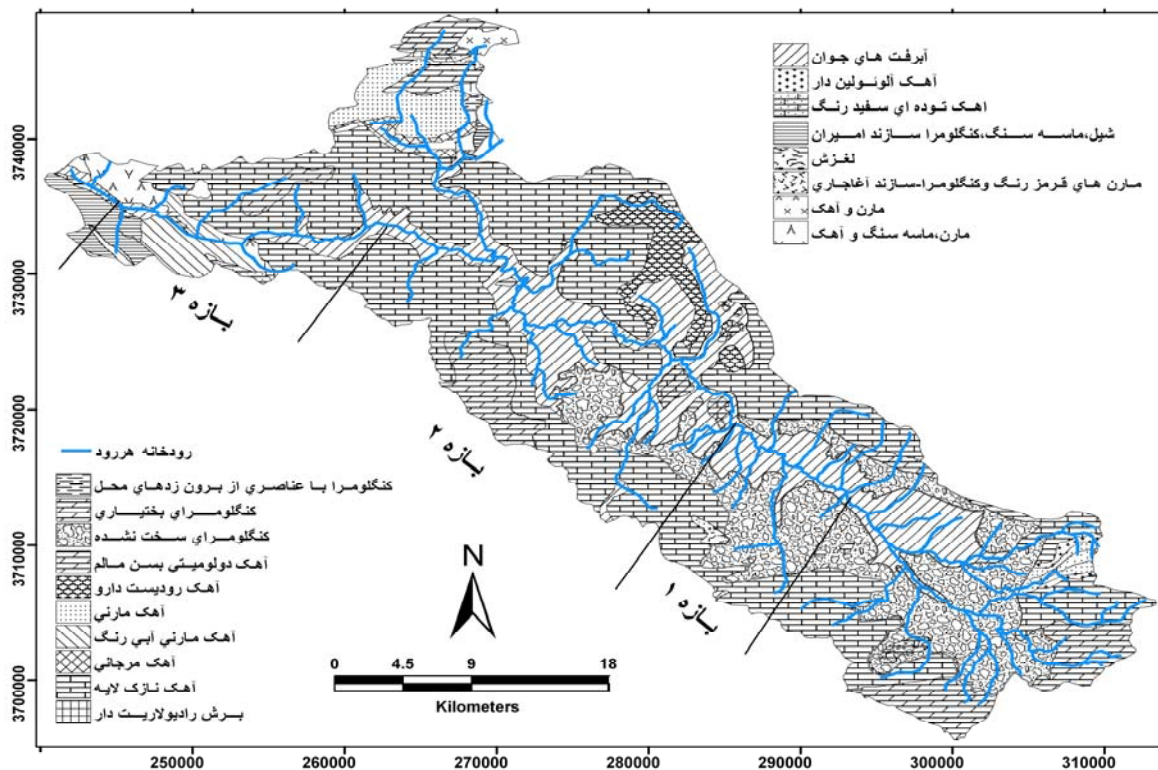
شکل ۴- بافت ریز و درشت (به ترتیب A و B) در کناره رودخانه حد فاصل پل هررود تا چغلوندی

بین نوع سازندهای بستر و کناره و تغییرات مورفولوژیکی رودخانه در محدوده تحت بررسی، جدول ۲ تهیه شده است. برای بررسی دقیق تر سازندهای تشکیل دهنده بستر و کناره های رودخانه با استفاده از نقشه زمین شناسی رقومی شده، نوع سازندها و رسوبات مسیر رودخانه در ۳ بازه مورد مطالعه تفکیک شده که در شکل ۵ نشان داده شده است.

هم چنین بر اساس اندازه گیری های به عمل آمده اندازه (مد) قطر بزرگ قلوه سنگ های تشکیل دهنده بستر خشک رودخانه هررود که عمدتاً در مواقع سیلابی به زیر آب می رود، بین ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر می باشد. اندازه (مد) قلوه سنگ های موجود در بستر فعلی رودخانه نیز ضخامتی بین ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر دارند. بررسی ارتباط بین تغییرات مورفولوژی رودخانه و جنس بستر و کناره برای بررسی ارتباط

جدول ۲- بررسی ارتباط بین تغییرات مورفولوژی رودخانه و نوع سازندهای بستر و کناره رودخانه هررود

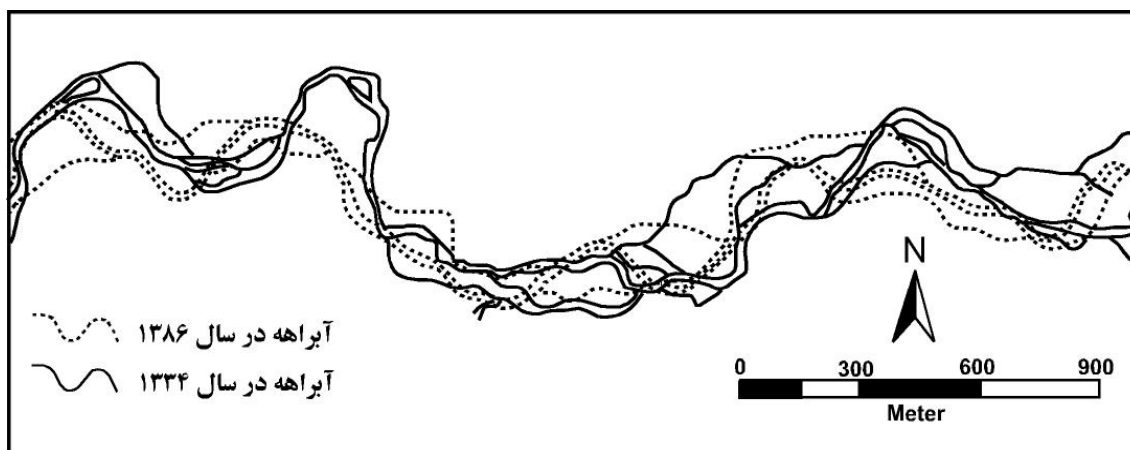
جنس مواد بستر و کناره ها		نوع تغییرات رخ داده بین سالهای		میانگین تغییرات عرض (متر) رودخانه بین سالهای		موقعیت مقطع	
رخساره	کناره ها	بستر	جایجایی محور رودخانه بین سالهای ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶	از ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۶	۱۳۸۶		
آواری	شیل، کنگلومرا، ماسه سنگ	آبرفت	کناره جنوبی	کناره شمالی	۳۷	۴۴	کله جوب تادهنو
آواری دگرگونی منطقه ای و غیر آتشفشانی-آواری و غیر	آهک شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا	آبرفت	چپ و در انتها بدون تغییر	کناره شمالی	۲۰/۲	۵۲	دهنو تا چهار راز پاشی
غیر آواری، آتشفشانی، آواری	کنگلومرا، ماسه سنگ	آبرفت	بدون جایجایی	بدون جایجایی	۱	۲۹	چهار رازپاشی تا ایوان در



شکل ۵- زمین شناسی مسیر رودخانه در موقعیت بازه های مورد مطالعه

برخوردار بوده و تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری در این قسمت از رودخانه بیشتر است (شکل ۶). علت عریض بودن دره در بازه ۱ و گسترده بودن مقطع عرضی آن نیز، نتیجه همین عوامل است.

داده‌های جدول ۲ و مقاومت نسبی و مقایسه ای سازندهای زمین شناسی (شکل ۵) نشان می دهند که بین فرسایش کناری رودخانه و ویژگی‌های مذکور رابطه مستقیم وجود دارد. به طوری که مناطق فرسایش پذیر آبراهه (بازه ۱) از پایداری کمتری



شکل ۶- شریانی بودن الگوی آبراهه در بازه ۱ نتیجه فرسایش پذیر بودن سازندها است

تغییرات بسیار کمتر بوده یا به کلی وجود نداشته است. مقایسه عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر سال ۱۳۸۶ نشان می دهد که به دلیل مقاومت بیشتر سازندها دره کوهستانی محاط بوده و مورفولوژی آبراهه تغییر چندانی را نداشته است. از طرفی به دلیل سست تر بودن سازندها، مقدار تغییرات بستر در بازه ۲ بسیار بیشتر بوده است. با این وجود تغییرات دامنه قوسها ارقام قابل توجهی را نشان نمی دهد (شکل ۷). در این بازه کناره‌های رودخانه در یک فاصله زمانی ۵۲ ساله بعضاً حدود ۲۰ متر جابجایی داشته است.

در مقطعی که جنس رسوبات بستر و کناره و دره ای که رودخانه در آن جریان دارد از نوع فرسایش پذیر است (عمدتاً آبرفت، کنگلومرا و شیل) و عرض بستر نیز زیاد است. در بازه ۱ محور رودخانه در بیشتر قوس‌ها در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ از کناره شمالی به سوی کناره جنوبی جابجا شده است. به طوری که در بیشتر طول مسیر این بازه حدود ۲۰ تا ۳۰ متر جابجایی دیده می شود. در مقطعی که جنس مصالح بستر و کناره رودخانه از نوع سازندهای مقاوم به فرسایش بوده است (نظیر سازندهای آهکی در بازه ۳)



شکل ۷- فرسایش کناری در نتیجه سست بودن رسوب در بازه ۲

این بخش زیاد تر است. از این رو، آبراهه به سوی پایین دست در حال عمیق شدن می باشد. در بازه ۲ که شیب قدری کاهش می یابد، حالت پیچانرودی جریان افزایش یافته است. در این بازه، شاخه‌های فرعی مهمی نیز به رودخانه پیوسته و فرسایش کناری را در این بازه افزایش داده‌اند. در بازه ۳ آبراهه بسیار کم شیب شده و انتظار می رود آبراهه مورفولوژی پیچان رودی داشته باشد، اما به علت اینکه مسیر جریان کوهستانی است، وجود سازندهای سخت، توسعه پیچان رودی را بسیار محدود نموده است. در این بخش آبراهه مسیر مستقیمی داشته و فرسایش کناری جزء در نقاط معدودی دیده نمی‌شود.

### متغیرهای هیدرولوژیکی موثر در تغییرات مورفولوژی آبراهه

از عوامل مهم و موثر تاثیر گذار در مورفولوژی یک رودخانه شیب آن است. عواملی مانند، سرعت جریان، تعیین کننده نیروی فرسایشی یک رود است (علیزاده، ۱۳۸۵، ص ۴۷۷). به همین منظور، شیب آبراهه با استفاده از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور در محیط نرم افزار Arc GIS به دست آمده است (جدول ۳).

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول ۳ مانند هر آبراهه ای، شیب عمومی از بالادست به سوی پایین دست کاهش می یابد. به همین سبب در هررود نیز در بازه ۱ شیب عمومی تندتر بوده و سرعت جریان در

جدول ۳- نتایج مشخصات شیب و طول رودخانه هررود

شیب متوسط حوضه (درصد)	طول رودخانه (کیلومتر)	شیب متوسط رودخانه (درصد)	شیب ناخالص رودخانه (درصد)	مولفه فیزیوگرافی حوضه آبریز
۱۶/۷	۲۳/۵	۱/۶	۲/۶	هررود- دهنو
۲۰/۰۳	۸۳	۰/۳۶	۱	هررود- کاکارضا

سالانه برای تعیین فرسایش سواحل و بستر رودخانه هررود است. در این مطالعه برای بررسی رژیم آبدهی و رسوبی رودخانه مورد مطالعه از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری دهنو و کاکارضا در یک بازه

### رژیم آبدهی رودخانه

هدف از مطالعه رژیم آبدهی و برآورد رواناب سطحی در محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های هیدرومتری، بررسی پتانسیل آبی و دبی دراز مدت

تهیه شده، برای محاسبه آبدهی و رسوب دهی در محل ایستگاههای محدوده مورد مطالعه به کار رفته‌اند (جداول ۴ و ۵).

زمانی ۵۰ ساله که آمار آنها توسط سازمان آب منطقه‌ای لرستان ثبت گردیده، استفاده شده است. همچنین از آمارهایی که در گزارش‌های هیدرولوژی و رسوب سد مخزنی ایوشان و تونل انتقال آب کاکارضا

جدول ۴- دبی متوسط ماهیانه و سالیانه درازمدت رودخانه هررود- ایستگاه هیدرومتری دهنو (دبی به متر مکعب بر ثانیه).

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	پارامتر / ماه
۲۷/۶۸۶	۴/۲۰۰	۵/۵۲۰	۶/۴۷۰	۱۷/۶۲۰	۷۳/۷۲۰	۱۲۵/۹۷۰	۸۶/۵۹۰	۳۶/۹۰۰	۲۷/۷۳۰	۵۰/۵۳۰	۲۰/۰۶۰	۳/۸۱۰	میانگین حداکثر
۱۱/۹۲۷	۲/۲۱۵	۲/۸۸۷	۳/۶۳۶	۶/۹۹۸	۲۴/۷۲۴	۳۸/۸۹۶	۲۸/۹۲۸	۱۳/۰۹۴	۷/۶۷۸	۷/۵۱۴	۴/۳۲۲	۲/۲۳۴	میانگین
۲/۹۸۳	۰/۸۷۰	۱/۱۳۰	۱/۵۹۰	۳/۷۸۰	۵/۲۳۰	۹/۰۳۰	۴/۸۰۰	۲/۳۵۰	۲/۵۱۰	۲/۳۳۰	۱/۱۵۰	۱/۰۲۰	میانگین حداقل
۱۰۰	۱/۵۴۸	۲/۰۱۷	۲/۵۴۰	۴/۸۸۹	۱۷/۲۷۴	۲۷/۱۷۶	۲۰/۲۱۲	۹/۱۴۸	۵/۳۶۴	۵/۲۵۰	۳/۰۲۰	۱/۵۶۱	درصد

جدول ۵- دبی متوسط ماهانه و سالیانه درازمدت رودخانه هررود. ایستگاه هیدرومتری کاکارضا (متر مکعب بر ثانیه)

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	پارامتر / ماه
۶/۷۵۸	۰/۶۰۲	۰/۹۰۴	۲/۲۶۰	۸/۸۹۰	۲۵/۱۴۷	۲۷/۳۳۰	۱۹/۹۱۰	۷/۲۳۰	۷/۳۵۰	۱۸/۵۰۳	۸/۲۰۴	۱/۲۵۹	میانگین حداکثر
۲/۵۳۳	۰/۲۱۴	۰/۳۸۴	۰/۶۰۶	۲/۰۲۳	۶/۲۰۵	۸/۶۹۰	۵/۵۰۲	۲/۴۵۱	۱/۵۴۱	۱/۶۶۸	۰/۸۳۷	۰/۲۷۵	میانگین
۰/۸۳۷	۰/۰۲۸	۰/۰۵۲	۰/۰۸۸	۰/۲۱۲	۰/۷۶۴	۰/۸۳۰	۰/۳۸۰	۰/۱۵۸	۰/۱۹۰	۰/۰	۰/۰۴۶	۰/۰	میانگین حداقل
۱۰۰	۰/۷۰۳	۱/۲۶۴	۱/۹۹۴	۶/۶۵۶	۲۰/۴۱۵	۲۸/۵۹۰	۱۸/۱۰۱	۸/۰۶۴	۵/۰۶۹	۵/۴۸۷	۲/۷۵۳	۰/۹۰۴	درصد

(سازمان آب منطقه‌ای لرستان، ۱۳۸۷)

بدین ترتیب با توجه به وسعت حوضه هررود و هم چنین آبدهی آن، مقادیر کمی از داده‌های رسوب در دبی‌های بالا ملاحظه می‌گردد. هم چنین مقایسه تاثیر گذاری دبی‌های بالا (رژیم سیلابی) در آورد رسوب رودخانه هررود نشان می‌دهد که در ایستگاه دهنو ۶۷ درصد رسوبات در دبی بالای ۱۰ متر مکعب بر ثانیه و در ایستگاه کاکارضا ۹۸ درصد رسوب بالای ۱۰ متر مکعب بر ثانیه تامین می‌شود. با استناد به همین داده‌هاست که می‌توان نقش سیلاب را در میزان رسوب استنباط نمود (سازمان آب منطقه‌ای لرستان، ۲۷۹، ۱۳۸۰).

### بررسی مواد جامد

با استناد به داده‌های آماری ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه، نمونه‌های برداشت شده از مواد رسوبی (جدول شماره ۶)، مشخص شد که ۹۶ درصد از داده‌های رسوبی رودخانه هررود (ایستگاه دهنو) در دبی‌های کمتر از ۱۰ متر مکعب بر ثانیه بوده است. در ایستگاه کاکارضا ۶۳ الی ۶۹ درصد داده‌های رسوب متعلق به دبی‌های کمتر از ۱۰ متر مکعب بر ثانیه و ۰ تا ۳۵ درصد آنها در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ متر مکعب قرار دارند و تنها ۱/۴ الی ۱/۱ درصد رسوب در دبی‌های بالای ۱۰۰ متر مکعب اندازه‌گیری شده است.

جدول ۶- وضعیت نمونه‌های رسوبی برداشت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

حدود دسته‌بندی دبی (متر مکعب در ثانیه)				تعداد کل نمونه‌های در دسترس	نام رودخانه نام ایستگاه
۱۰۰- >۱۰۰	۱۰-۱۰۰	۱-۱۰	۰-		
-	۱۱	۹۷	۱۵۲	۲۶۰	هررود- دهنو
۵	۱۰۶	۲۴۴	۱	۳۵۶	هررود- کاکارضا

اساس با توجه به وضعیت مورفولوژی و هیدرولوژیکی رودخانه مورد مطالعه، میزان بار بستر ۰/۰۲۰ بار معلق حمل شده توسط جریان‌های آن در نظر گرفته شده است (جدول ۷).

بار کف رودخانه (Bed Load) یکی از دو پارامتر اثرگذار در میزان کل بار رسوبی هر رودخانه است. برای تطبیق نتایج و با توجه به نزدیکی و شباهت‌های موجود به گزارش هیدرولوژی سد ایوشان نیز استناد شده است (مهندسین مشاور آبدانان، ۱۳۸۰). بر این

جدول ۷- دبی رسوب ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه (سازمان آب منطقه ای لرستان، ۱۳۸۰)

نام ایستگاه	متوسط بار رسوبی (تن در سال)	بار مواد معلق در سال (تن در سال)	بار بستر (تن در سال)
هررود-ایستگاه دهنو	۵۵۵۴۲/۷۸	۴۶۲۸۵/۶۵	۹۲۵۷/۱۳
هررود-ایستگاه کاکارضا	۵۶۱۶۷۸/۰۶	۴۶۸۰۶۵/۰۵	۹۳۶۱۳/۰۱

#### پارامترهای هندسی رودخانه

برای طبقه‌بندی و شناسایی خصوصیات هیدرولیکی و هیدروفیزیکی رودخانه هررود؛ پارامترهای هندسی که نشان دهنده تغییرات این رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه هستند، بررسی شده است. میانگین این پارامترها در جدول ۸ نشان داده شده است.

پس از انجام محاسبات فوق و برآورد مقادیر بار رسوبی و بار کف رودخانه از حاصل جمع دو پارامتر فوق متوسط مقدار کل بار رسوبی سالیانه برای رودخانه هررود تا محل ایستگاه هیدرومتری دهنو ۵۵۵۴۲/۷۸ تن در سال و برای این رودخانه تا محل ایستگاه کاکارضا ۵۶۱۶۷۸/۰۶ تن در سال برآورد شده است. بر اساس داده‌های جداول ۶ و ۷ دبی آب و رسوب از بازه ۱ به طرف بازه ۳ افزایش می‌یابد.

جدول ۸- تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه هررود در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶

سال ۱۳۸۶			سال ۱۳۳۴			موقعیت محدوده پارامترهای هندسی
چهاررازشی تا ایوان در	دهنو تا چهاررازشی	کله جوب تا دهنو	چهاررازشی تا ایوان در	دهنو تا چهاررازشی	کله جوب تا دهنو	
۱/۱	۱/۵	۱/۳	۱/۱	۱/۴	۱/۲	ضریب خمیدگی
۲۹	۵۲	۸۱	۲۸	۳۱/۷۵	۴۴	میانگین عرض رودخانه (متر)
۷۲۳	۴۹۹/۵	۵۶۹	۷۹۳	۵۲۰	۲۱۱	میانگین طول موج
۲/۶	۶/۸	۲۰/۲۵	۲/۸	۴/۱	۱۱	نسبت عرض به عمق

## الف) ضریب خمیدگی

با استفاده از فرمول  $S = \frac{L}{\lambda \cdot 2}$  اندازه ضریب خمیدگی برای هر قوس محاسبه گردیده است (پیروان و

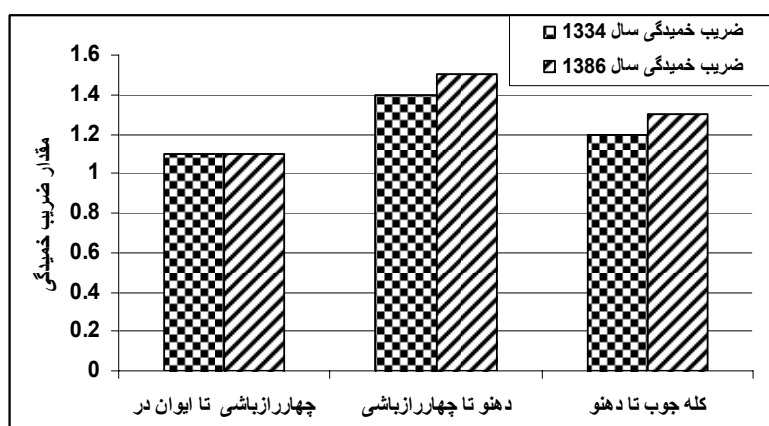
همکاران، ۱۳۷۶، ۲۲۰). پیتز (Pitts) نیز بر حسب میزان ضریب خمیدگی ۴ نوع رودخانه را به شرح جدول زیر تقسیم‌بندی نموده است (جدول ۹).

جدول ۹- تقسیم بندی رودخانه‌ها بر حسب ضریب خمیدگی (پیتز، ۱۳۶۵، ۲۵۱)

۳-۲	۱/۲۵-۲	۱/۰۶-۱/۲۵	۱-۱/۰۵	ضریب پیچشی
پیچانرودی شدید	پیچانرودی	سینوسی	مستقیم	نوع رودخانه

کوهستانی بودن مسیر رودخانه است. هم چنین میزان ضریب خمیدگی بازه‌های ۲ و ۳ در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ افزایش پیدا کرده است که نشان دهنده پیچ و خم دار بودن مسیر رودخانه در این دو بازه می باشد، اما در بازه ۳ با توجه به مستقیم بودن مسیر رودخانه میزان ضریب خمیدگی کاهش یافته است (شکل ۸).

با توجه به جدول ۹، رودخانه هررود در دو دوره زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ در طبقه رودخانه پیچان رودی و سینوسی قرار دارد، به طوری که در سال ۱۳۳۴ بازه ۲ در گروه رودخانه‌های پیچان رودی و بازه‌های ۳ و ۴ در گروه رودخانه‌های سینوسی قرار داشته اند. اما در سال ۱۳۸۶ بازه ۱ نیز حالت پیچان رودی پیدا کرده و بازه ۳ در همان حالت سینوسی باقی مانده است. که علت آن



شکل ۸- تغییرات ضریب خمیدگی رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ در ۳ بازه مورد مطالعه

برای به دست آوردن عرض قوس‌ها در سال ۱۳۸۶ با استفاده از تصاویر گوگل ارث که دارای قدرت تفکیک بسیار بالایی هستند، عرض بستر اندازه‌گیری شده است. مقایسه عرض بستر در دوسری زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ در رودخانه مورد مطالعه نشان می‌دهد که عرض بستر در سال ۱۳۸۶ در بازه اول تقریباً

## ب) عرض رودخانه در راس قوس‌ها

برای به دست آوردن عرض رودخانه در راس قوس‌ها، سواحل رودخانه بر روی عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ با قدرت تفکیک بالا در محیط نرم افزاری Arc GIS رقومی گردید و سپس در محیط همین نرم افزار عرض رودخانه برای هر قوس اندازه‌گیری شد.

و این نشان دهنده این نکته است که میزان تغییرات در این دو بازه کمتر بوده و فاصله پیچانرودهای متوالی از هم بیشتر شده است.

#### د) نسبت عرض به عمق

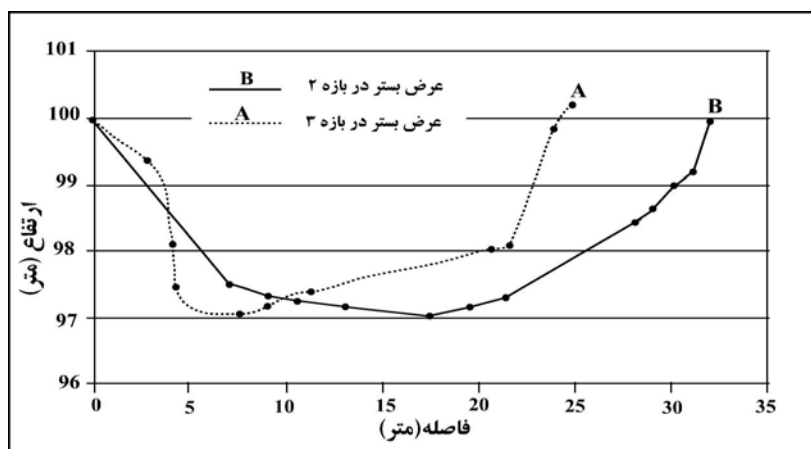
مقایسه متوسط عمق رودخانه در بازه‌های زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که عمق رودخانه تغییرات چشمگیری نداشته است، اما مقایسه تغییرات عرض بستر نشان می‌دهد که در بازه ۱ عرض بستر حدود دو برابر شده و در بازه ۲ نیز حدود ۲۰ متر نسبت به سال ۱۳۳۴ افزایش یافته است. در بازه ۳ تغییرات عرض بستر جزئی بوده (حدود ۱ متر) که علت آن محاط شدن دره رودخانه بین سازندهای سخت و همچنین کوهستانی بودن مسیر رودخانه در این بازه بوده و رودخانه فقط بستر را حفر کرده است. رابطه نسبت عرض به عمق در رودخانه هررود در بازه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که نسبت عرض به عمق در بازه ۳ در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ کاهش یافته است اما در ۲ بازه دیگر این نسبت افزایش یافته است (شکل ۹).

دوبرابر شده و در بازه ۳ تغییر عرض بستر بسیار جزئی بوده است (حدود ۱ متر). در بازه ۲ نیز به دلایلی که در بالا تشریح شد تغییرات عرضی بستر رودخانه چشمگیر بوده است.

#### ج) طول موج

برای به دست آوردن طول موج روی نقشه محور مسیر رودخانه، ابتدا نقاط عطف یا نقاط تغییر انحنای محور رودخانه با دقت زیاد مشخص گردید و هر دو نقاط عطف مربوط به یک قوس به یکدیگر متصل شد و طول پاره خط حاصله (وتر مقابل به قوس محور رودخانه) با دقت زیاد با استفاده از نرم افزار اتوکد اندازه گیری شد. این طول معادل نصف طول موج  $(\frac{\lambda}{2})$  هر قوس رودخانه است.

بررسی تغییرات طول موج در دو دوره زمانی مورد مطالعه در رودخانه هررود نشان می‌دهد که در محدوده کله جوب تا دهنو (بازه ۱) میانگین تغییرات طول موج در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ بیش از دو برابر شده، اما در بازه‌های ۲ و ۳ میانگین طول موج در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ کاهش یافته است



شکل ۹- نسبت عرض به عمق در نیمرخ عرضی رودخانه هررود در دو پروفیل نمونه

## دبی و رسوب و تاثیر آن در ناپایداری آبراهه و مشخصات هندسی آن

نقش هیدرولوژی (دبی و رسوب) در تغییرات و ناپایداری آبراهه و مشخصات هندسی آن، رواناب حاصل از زهکشی حوضه همراه با بار و نوع رسوبی که با خود به آبراهه رودخانه می‌رساند، یکی از متغیرهای عمده‌ای است که در تعیین اندازه و ویژگی‌های شکل آبراهه‌ها اهمیت دارد (تلوری، ۱۳۷۳، ص ۲۱). اگر بار رسوبی یا مقدار تخلیه‌ای که توسط آبراهه انجام می‌شود در معرض کاهش و تقلیل قرار گیرد، پاسخ آبراهه به این پدیده به صورت رسوبگذاری یا فرسایش منعکس می‌شود و آبراهه به این ترتیب ناپایدار می‌گردد. اما چون آبراهه از ترکیب رسوباتی با درجه پایداری متفاوتی تشکیل

شده، بنابراین میزان فرسایش و حمل و نقل و رسوبگذاری در آن یکسان نیست و از این رو آبراهه‌ها به نسبت دارای پاسخ‌های متفاوتی هستند (چورلی، ۱۹۸۵، ص ۱۶۸).

هر چند در طبیعت تغییر در مقدار تخلیه آب یا بار رسوبی به تنهایی اتفاق نمی‌افتد، ولی معمولاً هر تغییری که در مقدار تخلیه حاصل می‌شود، با تغییر بار رسوبی همراه است و بر عکس. بنابراین در معادله‌ها استفاده از علامت‌های مثبت و منفی، تغییرات مربوط به افزایش یا کاهش میزان تخلیه و بار رسوبی به چهار حالت می‌تواند عرضه شود که متغیرهای تعیین‌کننده این واکنش‌ها با فرمول مربوطه در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰- متغیرهای هیدرولوژیکی موثر در تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها با فرمول مربوطه (چورلی، ۱۹۸۵)

متغیرها	نوع واکنش	معادلات
Q = مقدار تخلیه	افزایش مقدار تخلیه آب و بار رسوبی بستر	
L = بار بستری		
W = پهنای کانال	کاهش مقدار تخلیه آب و بار رسوبی بستر	۲) Q- L- = W- D-+ I- S- + P+ F-
D = عمق		
I = طول موج مئاندری	افزایش مقدار تخلیه آب و کاهش بار رسوبی بستر	۳) Q+ L- = W-+ D+ I-+ S- P+ F-
S = شیب		
P = ضریب خمیدگی	کاهش مقدار تخلیه آب و افزایش بار رسوبی بستر	۴) Q- L+ = W-+ D- I-+ S+ P- F+
F = نسبت عرض به عمق		

معادله ۱ نشان می‌دهد که با افزایش توام مقدار تخلیه بار رسوبی بستر، عرض آبراهه، طول موج مئاندری و نسبت عرض به عمق آبراهه باید افزایش و درجه پیچ و خم دار شدن آن کاهش یابد.

معادله شماره ۱-  $Q+ L+ = W+ D-+ I+ S-+ p-$  آثار افزایش مقدار تخلیه و بار مواد بستری در مورد عمق و شیب کاملاً متفاوت است و ارتباط

تغییر عمق و شیب با همدیگر مشخص نیست. در هر حال با در نظر گرفتن نسبت عرض آبراهه به عمق آن با تخمین می‌توان به نسبت تغییرات عمقی پی برد. نسبت عرض آبراهه به عمق آن بیش از همه تحت تاثیر بار رسوبی است. لازم به ذکر است که با توجه به افزایش عرض آبراهه و نسبت عرض به عمق، لزوماً عمق باید ثابت بماند یا حتی کاهش یابد.

کاهش یافته است. اما در قسمت انتهایی همین بازه، افزایش یافته و در بازه ۳ نیز کاهش یافته است. همچنین عمق رودخانه از بالادست به طرف پایین دست روند افزایشی داشته است. همچنین بررسی طول موج نشان می‌دهد که در بازه ۳ به علت مستقیم بودن مسیر رودخانه طول موج بیشتر از ۲ بازه قبلی خود بوده یعنی فاصله پیچان رودها در این بازه بیشتر از ۲ بازه قبلی است. اما علت روند کاهشی طول موج در قسمت ابتدایی بازه ۲ نزدیک بودن پیچان رودها به همدیگر و علت افزایش آن در قسمت انتهایی همین بازه مستقیم تر شدن الگوی رودخانه در انتهای این بازه بوده است. در حالی که ابتدای قسمت انتهایی بازه ۲ پیچ و خم دارترین نقطه رودخانه می‌باشد. علت بیشتر بودن طول موج در بازه ۱ نسبت به بازه ۲، شریانی بودن رودخانه در این بازه می‌باشد. با توجه افزایش عمق و کاهش عرض بستر از بازه ۱ به طرف بازه ۳، شیب مسیر رودخانه نیز کاهش می‌یابد. بررسی ضریب خمیدگی نیز نشان می‌دهد که در بازه ۱ به دلیل شریانی و مسیر تقریباً "پیچان رودی رودخانه، ضریب خمیدگی کمتر از بازه ۲ و در بازه ۳ هم کاهش ضریب خمیدگی به دلیل مستقیم بودن مسیر است. بنابراین، ضریب خمیدگی از بازه ۱ به طرف بازه ۲ روند افزایشی و در بازه ۳ روند کاهشی داشته است. بررسی میانگین نسبت عرض به عمق نیز نشان دهنده روند کاهشی آن از بازه ۱ به طرف بازه ۳ است. بنابراین با توجه به نتایج فوق و پارامترهای به دست آمده می‌توان معادله شماره (۵) را برای تشریح تغییرات مورفولوژی رودخانه هررود در ارتباط با افزایش دبی و افزایش بار بستری برای بازه‌های ۱ و ۲ و معادله شماره ۶ را برای بازه شماره ۳ به صورت زیر ارائه داد:

$$Q+L+=W- D+ I- S- P+ F- ۵ \text{ معادله شماره ۵}$$

احتمالاً "کاهش پیچ و خم‌ها افزایش شیب رودخانه را به دنبال دارد، یعنی هرچه آبراهه پرشیب تر گردد، به نسبت امتداد آن مستقیم تر خواهد شد. در صورت کاهش تخلیه آب و بار مواد بستری می‌توان تغییرات حاصله در مشخصات هندسی رود را با معادله شماره ۲ ارائه نمود.

معادله شماره ۲  $Q- L- = W- D-+ I- S- + P+ F-$   
اگر تغییرات Q و L در جهات مختلف با هم باشند، همان گونه که در طبیعت این موضوع امر عادی است، معادلات (۳ و ۴) به دست می‌آید.

معادله شماره ۳

$$Q+ L- = W-+ D+ I-+ S- P+ F$$

معادله شماره ۴

$$Q- L+ = W-+ D- I-+ S+ P- F$$

این روابط با توجه به کنش متقابل تخلیه آب و رسوب بر اساس ترازوی لین بدست آمده است. در نتیجه، تغییرات آب شناختی که توسط روابط بالا تشریح شده اند به عنوان تغییر پیچیده ای در مورفولوژی آبراهه محسوب می‌شوند که می‌توان آنها را به تغییر شکل یا دگرگونی در آبراهه نسبت داد.

با توجه به نتایج به دست آمده و محاسبه پارامترهای هندسی برای نقاط مختلف رودخانه می‌توان معادله شماره ۱ را برای بررسی نقش عوامل دبی و رسوب در تغییرات الگو و مورفولوژی رودخانه هررود در نظر گرفت. همان طور که ذکر شد، دبی و بار رسوبی بستر از بالادست به پایین دست افزایش می‌یابد. عرض بستر رودخانه نیز در بازه ۱ (قسمت علیا) بیشتر از ۲ بازه دیگر و در بازه ۳ (قسمت سفلی) کمتر از ۲ بازه قبلی می‌باشد. این در حالی است که عرض بستر در قسمت انتهایی بازه ۲ بیشتر از قسمت ابتدایی همین بازه می‌باشد. به همین علت، عرض بستر رودخانه از بازه ۱ تا قسمت ابتدایی بازه ۲ روند

معادله شماره ۶  $Q + L + = W - D + I + S - P - F$

لازم به ذکر است که این معادلات از قسمت علیای رودخانه به طرف سفلی با توجه به پارامترهای به دست آمده برای ۳ بازه مورد مطالعه به دست آمده‌اند.

### نتیجه‌گیری

عوامل متعددی در فرسایش کناری و تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها دخالت دارند. الگو و شکل رودخانه هررود نیز تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند عوامل زمین شناسی و هیدرولوژی تغییر کرده و باعث ناپایداری کانال رودخانه و به دنبال آن تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری شده است (شکل ۱۰). بررسی پارامترهای هندسی به دست آمده نشان می‌دهد که مورفولوژی رودخانه در بازه‌های ۱ و ۲ تغییرات بیشتری داشته و باعث فرسایش کناری در این بازه‌ها شده است که تغییرات به وجود آمده در بازه ۱ شدیدتر از بازه ۲ می‌باشد. اما در بازه ۳ به علت مستقیم بودن مسیر رودخانه و محاط شدن مسیر دره ای که رودخانه در آن جریان دارد، تغییرات مورفولوژی به صورت جزئی در بعضی قوسها دیده می‌شود از این رو فرسایش کناری در این بازه بسیار محدود می‌باشد. بررسی جنس سازندها و رسوبات مسیر رودخانه نیز بیانگر این نکته است که به علت سست و فرسایش پذیر بودن سازندهایی مانند رسوبات آبرفتی، شیل، مارن و کنگلومرای سخت نشده، فرسایش کناری و تغییر مورفولوژی در بازه ۱ بیشتر از دو بازه دیگر می‌باشد به طوری که عرض بستر در بازه زمانی مورد مطالعه حدوداً دو برابر شده است. در بازه ۲ نیز به علت فرسایش پذیر بودن سازندها، فرسایش کناری دیده می‌شود اما میزان آن کمتر از بازه ۱ می‌باشد که پارامترهای هندسی به دست آمده نیز بیانگر این نکته می‌باشند. در بازه ۳ به

علت سخت بودن جنس سازندهای کناری بستر رودخانه، علیرغم افزایش دبی آب و رسوب، فرسایش کناری به صورت بسیار محدود در بعضی نقاط دیده می‌شود. بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی مانند دبی آب و دبی رسوب نشان می‌دهد که بین این پارامترها و فرسایش کناری رودخانه هررود رابطه مستقیم وجود ندارد، به طوری که با افزایش دبی آب و دبی رسوب از بازه ۱ به طرف بازه ۳، میزان فرسایش کناری و تغییرات مورفولوژی در این راستا کاهش می‌یابد، در حالی که این نسبت باید به صورت معکوس باشد. یعنی با افزایش دبی آب و رسوب به عنوان دو پارامتر اصلی و تاثیر گذار در فرسایش کناری و تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها، میزان تغییرات از بازه ۱ به طرف بازه ۳ افزایش یابد. هم چنین با توجه به معادلات به دست آمده از ترازوی لین با افزایش دبی آب، دبی رسوب، و بار بستری از بازه ۱ به طرف بازه ۳، نتیجه عملکرد این عوامل بر کانال رودخانه از قسمت علیا (بازه ۱) به طرف قسمت سفلی (بازه ۳)، عرض بستر کاهش، شیب رودخانه کاهش، عمق بستر رودخانه افزایش، طول موج افزایش، نسبت عرض به عمق افزایش و درجه پیچ و خم دار شدن رود از بازه ۱ به ۲ افزایش و در بازه ۳ کاهش می‌یابد. در صورتی که باید درجه پیچ و خم دار شدن رودخانه از بازه ۱ به طرف بازه ۳ کاهش یابد. بنابراین با توجه به معادله به دست آمده از ترازوی لین نمی‌توان صرفاً عوامل هیدرولوژیکی را مهمترین عامل در تغییرات مورفولوژیکی و فرسایش کناری رودخانه هررود در نظر گرفت. بنابر این تجزیه و تحلیل داده‌ها و متغیرهای موثر نشان گر آن هستند که مهمترین عامل در ناپایداری کانال، تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه هررود، مقاومت سازندها و رسوبات تشکیل دهنده بستر و کناره رودخانه بوده و عوامل

هیدرولوژیکی در درجه بعدی اهمیت قرار دارند. هم چنین عوامل دیگری مانند فعالیت‌های انسانی و توسعه اراضی زراعی و سکونتگاه‌ها و نظایر آن نقش به

مراتب کمتری را در تغییرات ایجاد شده در مسیر آبراهه به عهده دارند.



شکل ۱۰- تغییرات بستر هررود در مسیر بازه شماره ۲ بر روی عکس هوایی سمت چپ (سال ۱۳۳۴) و تصویر سمت راست، اخذ شده از گوگل ارت (سال ۱۳۸۶).

#### منابع

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۶، تصاویر ماهواره ای IRS با قدرت تفکیک ۵ متر.  
سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۱، نقشه زمین شناسی خرم آباد با مقیاس ۱ : ۲۵۰۰۰.  
سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۸۵، نقشه‌های رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱ : ۲۵۰۰۰  
شرکت مهندسين مشاور آبدان فراز، ۱۳۸۰، جلد اول (گزارش هیدرولوژی و رسوب)، مطالعات مرحله اول سد مخزنی ایوشان، آب منطقه ای غرب، اداره کل امور آب استان لرستان.  
شرکت مهندسين مشاور آبدان فراز، ۱۳۸۰، جلد دوم (گزارش هیدرولوژی و رسوب)، مطالعات مرحله اول سد مخزنی ایوشان، آب منطقه ای غرب، اداره کل امور آب استان لرستان.  
شیروانی، کورش، محمد رضا، یزدانی، ۱۳۸۵، بررسی وضعیت رسوبگذاری و فرسایش پذیری

پیروان، حمیدرضا، مهدی حبیبی، جمال محمد ولی سامانی، امیرحمزه حقی آبی، ۱۳۷۶، بررسی ویژگی‌های هندسی - هیدرولیکی پیچانرودهای رودخانه قزل اوزن سفلی و تغییرات زمانی ریخت شناسی آن، اولین کنفرانس هیدرولیک ایران.  
تلوری، عبدالرسول، ۱۳۷۳، رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آنها، انتشارات تحقیقات جهاد کشاورزی.  
چورلی، ریچارد، ۱۳۷۹، ترجمه احمد معتمد، ژئومورفولوژی، جلد سوم، انتشارات سمت.  
حبیبی، مهدی و نصراله جواهری، ۱۳۸۲، مدل ریاضی پیش بینی فرسایش کناری در پیچان رودها، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، جلد ۳۷، شماره ۲.  
سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۳۴، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰.

ساجدی سابق، ۱۳۸۰، کاربرد صفحات مستغرق برای ساماندهی و تثبیت رودخانه‌های فصلی، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تهران.

Chris parker and et al, (2008). The effects of variability in bank material properties on river bank stability. Goodwin Creec, Mississippi. Journal home page.

Gabrielle. CL. David and et al, 2009- The impacts of ski slope development on stream channel morphology in white river national Forest, Colorado, USA- Journal home page, Geomorphology. 375- 388.

Hey R. D, and et al, (1986) , River Response to hydrolic structure

<http://www.Google Earth.com>

Petersen. M.S.(1986), River Engineering. Prentice- Hall.

Petts, G.E. et al. 1986. Historical Changes in Large Alluvial River. John Wiley & Sons.

Thorne, C.R. 2002. Geomorphic analysis of large alluvial rivers. Geomorphology, voll. 44, No. 5, 203 - 219.

رودخانه‌ها و مسیل‌های عمده استان اصفهان، اولین همایش مهندسی مسیل‌ها.

علیزاده، امین، ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ بیستم.

غریب رضا، محمد رضا، حمیدرضا معصومی، ۱۳۸۵،

مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان، هفتمین سمینار بین المللی

مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

فاطمی عقدا، سیدمحمود، فرج اله فیاضی، داریوش

علیپور، ۱۳۸۰، بررسی زمین شناسی مهندسی

بخشی از رودخانه کرخه (روستای عبدالخان تا

روستای الهایی)، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم،

جلد ۱، شماره ۳ و ۶.

فروغی، عبدالمجید، محمد بنی رضی، محمد ابراهیم

بنی حبیب، محمود شفاعی بجزستان، مسعود

# Geomorphology and effective factors on lateral erosion in Hor Rood River, Lorestan province

**M.Yamani. S. Sharafi**

Received: July 19, 2010/ Accepted: April 16, 2011, 5-7 P

## Extended abstract

### 1- Introduction

Rivers affected by many factors such as geological features, hydrologic, geomorphologic, and how they exploit are subject to change. The most marked effects of changes in direction to channel erosion and lateral movement occurs as meanders. Obviously, unstable bed of a river channel and changes each year, a lot of damage to agricultural land, roads, bridges and generally to enter human structures. On the other hand a considerable amount of sediment to the reservoir of dams to pass. Hence, due to practical purposes the matter goes to the settlements around their homes have always been of interest to researchers. Methods and techniques used in the study centered on two general axes.

The first axis of the river hydrological behavior often comes from the river morphometry. The second axis is the study of dynamic behavior in addition morphometry basin characteristics and stream function is morphology. In this study, effective factors in stability and erosion along the river in Lorestan province as a case study with the objectives of the process studied are located lateral erosion.

### 2- Methodology

In this study, to check the instability and erosion of Hor Rood River used aerial photographs (1955) and satellite images IRS (2006) as a comparison tool for Periodical changes. Furthermore, the geometric parameters used for show changes in river morphology and draw, measure, and has been calculated them. In this regard, we used software for calculating the geometric parameters, such as curves radius, the wavelength, the

---

#### Author(s)

**M. Yamani** (✉)  
Associate Professor of Geomorphology, University of Tehran,  
Tehran, Iran  
e-mail: myamani@ut.ac.ir

**S. Sharafi**  
Ph.D Student of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran

coefficient of curvature, bed width and depth for the river changes direction in the study period. Also sediment samples taken from the river route and analyzed them in laboratory by granulometry and morphometry methods and then compare with geological maps. the hydrological factors affecting geometrical changes and subscription funds, the path to the river was divided into three specific section. Then the periodical changes of Bed River correlated with the variables studied during a study period and communicate analytical methods and conclusions are given.

### 3- Discussion

Sediment samples taken at intervals of approximately 5 to 6 km from each other from the bed river and laboratory works on them shows that the particle size gradually from upstream to downstream side becomes more fine-grain. This phenomenon is common in rivers sediments. River sediments are generally coarse texture and some branches of the northern part of the main branches in some areas associated with coarse blocks. Transverse profile taken from bed river in three intervals drawn from upstream to downstream. These profiles show the upstream from broad bed change to a low gradient rectangular cross-section with vertical walls relatively high slope to change shapes. These changes do not show any correlation between Sediment condition and dynamics channel. This inconsistent subject formed the main problem of research.

### 4- Conclusion

Geometrical parameters indicate that changes in morphology and lateral erosion from section 1 to section 2 were decreased. But in the third section the bed river is straight and surrounded by river channel and its morphology changes much less than the other sections. Hydrological data also does not shows any correlation with the lateral erosion values of river channel from upstream to downstream. So that with increasing discharge and sediment from section 1 to the third section, the amount of lateral erosion and morphological changes in this direction is reduced. Being reversed results show that the channel morphology of the geological structure and lithology over the river dynamics are influenced.

**Keywords:** Geomorphology, Lateral Erosion, Hor rood river, Hydrology.

### References

- Abdan Faraz Engineers co. Ltd., The water organization of Lorestan Province (2001) the first section of Eiyoshan dam studies (Hydrology and sediment report), Vol. 1.
- Abdan Faraz Engineers co. Ltd., The water organization of Lorestan Province (2001) the first section of Eiuoshan dam studies (Hydrology and sediment report), Vol. 2.
- Alizadeh Amin, (2006), Principles of applied hydrology, Astane Ghods press, No 20.
- Chorely Richard, (2000), Geomorphology, Ahmad Motamed, Volume 3, Samt press, Tehran.
- Chris parker and et al, (2008). The effects of variability in bank material

- properties on river bank stability. Goodwin Creec, Mississippi. Journal home page.
- Fatemiaghda Mahmoud, Fayazi Faradjollah & Alipoor Dariuosh (2001), Geological engineering of Karkhe river from Abdolkhan to Elhaee villages, science magazine of Teacher training university of Tehran, Vol. 1, NO 3&6, Tehran.
- Forooghi Abdolmajid, and et al, (1380), the applied of sinkable characterize for stability and management of seasonal rivers, the third of Iranian hydraulic conference, University of Tehran, Tehran.
- Gabrielle. CL. David and et al, 2009- The impacts of ski slope development on stream channel morphology in white river national Forest, Colorado, USA- Journal home page, Geomorphology. 375- 388.
- Geographic organization of ministry of defense (1955), Aerial photos in 1/50000 scale of Hor Rood river as case study.
- Geographic organization of ministry of defense (2007), IRS satellite images with 5 meters resolution.
- Gharibreza Mohammadreza, Masomi Hamidreza (2006), the morphology of Zohreh River and changes of them on Hendijan coastal plain, the seventh of international conference of river engeneear, Shahid Chamran university, Ahvaz.
- Habibi Mehdi, Javaheri Nasrolah, (2003), The numerical model for forecasting of side erosion of meanders, Faculty of university of Tehran magazine, volume 37, No 2, Tehran.
- <http://www.Google Earth.com>
- Iranian geological organization (1992), Geological map of Khoramabad in 1/25000 scale.
- National cartographic center (2006), Topographic numerical maps in 1/25000 scale.
- Petersen. M.S.(1986), River Engineering, Prentice- Hall.
- Petts, G.E. et al. (1986) Historical Changes in Large Alluvial River, John Wiley & Sons, USA.
- Peyravan Hamidreza, Habibi Mehdi, Jamalmohammad Valisamani, Amirhamzeh Haghiabi, (1997) the geometric- Hydraulic characteristically of Ghezel ozan river and Periodic of Geomorphological changes, The First of Hydraulic Conference, Tehran.
- Shirvani Koorosh, Yazdani Mohammadreza (2006), the erosion and sedimentation characterize in rivers and floods in Esfahan province main rivers, the first conference of engineering.
- Telvari Abdolrasoul (1994), Rivers and geometrical characteristics of them, Researches center of Ministry of Jihad-e- Agriculture press, No 1. Tehran.
- Thorne, C.R. (2002) Geomorphic analysis of large alluvial rivers, Geomorphology, Vol. 44, No. 5, 203 - 219.