جغرافیا و توسعه شماره ۲۶ بهار ۱۳۹۱
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۱/۱۵
تأیید نهایی : ۱۳۹۰/۱۰/۱۸
صفحات : ۴۸-۳۵

پارامترهای هندسی و نقش آنها در تغییرات زمانی_ مکانی بستر رودها

مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی هررود سرشاخه رود کرخه در استان لرستان

دکتر مجتبی یمانی[۱]، سیامک شرفی[۲]

چکیده

آبراهه‌ها سیستمی کاملاً پویا هستند و موقعیت، شکل و دیگر مشخصه‌های مورفولوژیکی آنها به طور پیوسته و در طول زمان تغییر می‌کند. در این پژوهش، مورفولوژی رودخانه‌ی هررود در استان لرستان با استفاده از روش مقایسه زمانی- مکانی مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۳۸۶ بستر هررود در دو دوره‌ی زمانی و در محیط نرم‌افزار Arc GIS رقومی گردیده و سپس در محیط نرم‌افزاری Auto Cad پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول موج، ضریب خمیدگی، شعاع نسبی و نظایر آن برای بررسی تغییرات با روش برازش دایره‌های مماس بر قوس رودخانه اندازه‌گیری شده است. با توجه به تشابه نسبی ژئومورفیکی مسیر آبراهه به ۴ بازه‌ی تقسیم شده و سپس پارامترهای مذکور و تغییرات به وجود آمده در طول مسیر رود با توجه به شکل و الگوی رودخانه مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

پارامترهای هندسی به دست آمده در بازه‌های مورد مطالعه و مقایسه‌ی این پارامترها با یکدیگر نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات در بازه‌ی ۱ به علت شریانی بودن رودخانه، فرسایش‌پذیر بودن سازندهای کنار بستر، افزایش بار رسوبی کف و در نهایت فرسایش کناری رودخانه روی داده است. از طرفی در بازه‌های ۲ و۳ تغییرات کمتری دیده می‌شود اما این تغییرات نسبت به گذشته افزایش پیدا کرده و رودخانه حالت پیچان‌رودی پیدا کرده است. در نهایت در بازه‌ی ۴ به علت کوهستانی بودن و تأثیرپذیری مسیر رودخانه از عوامل توپوگرافی، الگوی رودخانه مستقیم بوده و فقط در چند قوس، تغییر به صورت خیلی جزیی دیده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ژئومورفولوژی، رودخانه، هررود، پارامترهای هندسی، تغییرات رودخانه، استان لرستان.

۱- دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، (نویسنده مسؤول) myamani@ut.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

مقدمه

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها سیستمی کاملاً پویا هستند و موقعیت و شکل و دیگر مشخصه‌های مورفولوژیکی آنها به طور پیوسته در طول زمان در تغییر می‌باشد. به دلیل فرسایش کناری و جابجایی مرزهای رودخانه، هر ساله سطح زیادی از اراضی کشاورزی و نواحی مسکونی و تأسیسات ساحلی در معرض و تخریب قرار می‌گیرند *(رنگزن و همکاران ،۱۳۸۷: ۱)*. عوامل متعددی باعث تخریب دیواره‌ها و کف رودخانه می‌شوند که از جمله آنها می‌توان به آب‌شستگی کناره‌ها، کف‌کنی، فرسایش و تخریب ناشی از ورود زه‌آب‌های کشاورزی و غیره اشاره کرد *(آقارضی و همکاران، ۱۳۸۱: ۷۱۹)*. مجموعه‌ای از فاکتورها مانند شیب‌آبراهه، میزان جریان، مشخصات مصالح بستر، فرکانس و شدت سیلاب‌ها و... مورفولوژی رودخانه‌ها را در بُعد مکان و زمان تعیین می‌سازد. در همین راستا لئوپلد و ولمن[1] (۱۹۵۷) از نظر ساختار مورفولوژیکی رودخانه‌ها را به ۳ دسته مستقیم، پیچان-رودی[2] و چندشاخه (شریانی)[3] تقسیم‌بندی کردند. این الگوها نیز متأثر از همین فاکتورها می‌باشند. در این بین، الگوی پیچان‌رود به دلیل فراوانی آن در طبیعت بیشترین توجه را به خود جلب کرده است *(بیدن هارن[4] و همکاران، ۱۹۷۷)*. تورن[5] (۲۰۰۲) در یک تحقیق به لزوم مطالعه رفتار مورفولوژیکی رودخانه‌های بزرگ پرداخته و یک چارچوب مطالعاتی در این زمینه ارائه نموده که تأکید آن بر پایش منظم مشخصات مورفولوژیک رودخانه با استفاده از روش‌های نوین می‌باشد. برای رودخانه‌های بزرگ پایش منظم الگوی آبراهه‌ای و تحلیل تغییرات زمانی پارامترهای هندسی دشوار است. در سال‌های اخیر تکنیک سنجش از دور (RS) با قابلیت‌های خاص خود برای تهیه‌ی تصاویر تکراری در وسعت گسترده، امکان پایش تغییرات زمانی رودخانه‌ها را فراهم آورده و در کنار آن سیستم اطلاعات‌جغرافیایی (GIS) پردازش آنها را تسریع و تسهیل ساخته است. از جمله آنها در مطالعه‌ای که بر روی رودخانه تجن با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی انجام گرفته است، تغییرات مورفولوژیکی این رودخانه را طیّ مدت ۳۵ سال (۱۳۷۹-۱۳۳۴) مورد بررسی قرار داده است. این تغییرات، مبین افزایش عرض رودخانه از ۱۶۳/۸ به ۵۴۰/۷ متر و مساحت پلان رودخانه از ۹۲۷/۴۳ به ۲۶۷۴/۹ هکتار می‌باشد. مطالعه دیگری نیز نشان می‌دهد که متوسط میزان اتلاف اراضی در یک دوره‌ی معین بر اثر فرسایش کناری رودخانه تجن در سواحل ایران ۳/۱ و در سواحل ترکمنستان ۳/۹ متر مکعب در متر در سال برآورد شده است *(احمدیان‌یزدی، ۱۳۸۰)*.

در یک نگاه کلی به پیشینه‌ی تحقیق می‌توان دریافت که متغیّرهای مؤثر در تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه‌های مختلف در تحقیقات مشابه توسط محققان شناخته شده است. کارهای انجام شده عمدتاً توسط محققین خارجی صورت گرفته است. در ایران نیز کارهای متعددی در خصوص رودخانه‌ها و پدیده پیچان‌رودها صورت گرفته است و بیشتر این مطالعات در راستای مهندسی رودخانه به انجام رسیده است.

در این میان، تلوری(۱۳۷۱)، رنگزن (۱۳۸۱)، حقی‌آبی (۱۳۸۳)، غریب‌نیا (۱۳۸۵)، یمانی (۱۳۸۵)، غفاری (۱۳۸۵)، ارشد (۱۳۸۶)، شوم[6] (۱۹۸۰)، ریدینگ[7] (۱۹۹۶)، تورن(۲۰۰۲)، کریس‌پارکر[8] (۲۰۰۸)، گابریل[9] گابریل[9] (۲۰۰۹) بر اساس مشخصه‌های هندسی، تعداد تعداد سدهای میان کانالی، میزان دبی جریان و آورد

1-Leopold and Wolman
2-Meandering
3-Braided
4-Biedenharn and et al
5-Thorne

6- Schumm
7-Reading
8-Chris Parker
9-Gabrielle

رسوب، و غیره، تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها را بررسی کرده‌اند.

با این وصف بررسی دقیق الگوی‌پیچان‌رودی و مورفولوژی رودخانه‌ها به عنوان یک پارامتر مؤثر به منظور شناخت مخاطرات و راههای حفظ منابع و سرمایه‌های موجود در مناطق مختلف بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

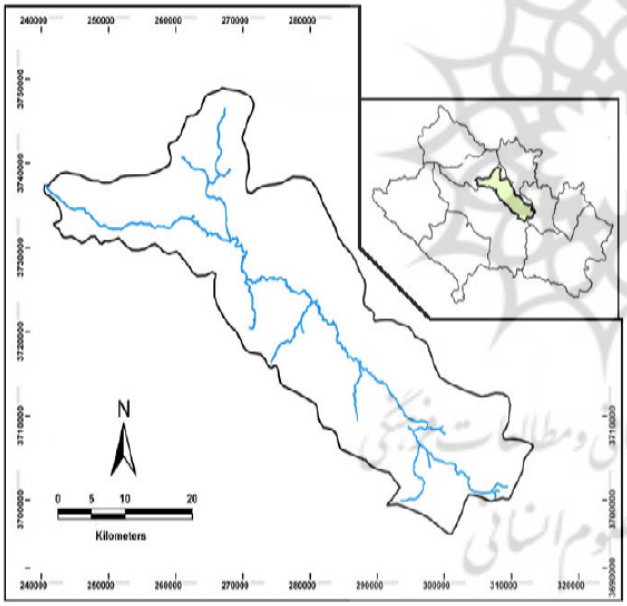
مسأله‌ی اصلی این پژوهش نیز تغییرات جانبی رودخانه موردمطالعه بوده است که در سال‌های گذشته راه‌های ارتباطی، اراضی زراعی و خلاصه سازه‌های انسانی را در کناره‌های این رودخانه مورد تهدید قرار داده است. بنابراین باتوجه به‌وجود فرسایش کناری و تغییرات مورفولوژی رودخانه موردبحث، هدف آن است تا ژئومورفولوژی رودخانه‌ی هررود و تغییرات آن در یک دوره‌ی زمانی ۵۲ساله با اهداف زمینه‌های کاربردی در طرح‌های مختلف مهندسی رودخانه مورد مطالعه قرار گیرد. با این هدف، شناسایی متغیّرهای مؤثر در ناپایداری‌های بستر برای شناخت الگوی رودخانه، روند تغییرات و جابجایی مسیر رودخانه در یک دوره‌ی‌زمانی طولانی‌مدت و بررسی عوامل و مکانیزم تغییرات بستر ضروری است و به نظر می‌رسد، بخش‌ها و مسیرهای بحرانی از نظر فرسایش کناری در رودخانه تشخیص داده شود. این کار با اقتباس از مطالعات قبلی و محاسبه‌ی پارامترهای هندسی رودخانه و پیمایش‌های میدانی پایه‌ریزی شده است.

محدوده‌ی مورد مطالعه

رودخانه‌ی هررود بین ″۱۵ °۴۸ تا °۴۹ درجه طول شرقی و ″۲۲ °۳۲ الی″۵۲ °۳۳ درجه عرض شمالی واقع شده است. این رودخانه قسمتی از سرشاخه‌های رودخانه کرخه را که در سلسله جبال زاگرس واقع شده تشکیل می‌دهد.

از لحاظ تقسیمات کشوری منطقه مورد مطالعه در استان‌لرستان و شرق شهرستان‌خرم‌آباد واقع شده است *(مهندسین مشاور آبدان فراز، ۱۳۸۰: ۱۰)*.

حوضه‌ی این رودخانه با شکلی تقریباً مستطیلی شکل از شرق به غرب گسترش یافته است. متوسط بارندگی سالانه آن در حدود ۵۰۰ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت بین ۶ تا ۲۸ درجه، متوسط رطوبت نسبی ۰/۰۵۰، حداکثر ارتفاع ۳۶۰۰متر، ارتفاع نقطه خروجی آن ۱۵۳۰ متر، مساحت آن۱۱۲۳ کیلومترمربع و طول رودخانه هررود ازسرچشمه تامحل ایستگاه هیدرومتری کاکارضا ۸۳ کیلومتر بوده و آورد سالیانه آن بیش از ۳۰۰ میلیون متر مکعب است (شکل ۱) .



شکل۱ :حوضه آبریز رودخانه هررود و موقعیت آن در استان لرستان
مأخذ: آبدانان فراز، مهندسین مشاور، ۱۳۸۰

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مورفولوژی رودخانه‌ی هررود از طریق مقایسه‌ی زمانی و مکانی تغییرات صورت گرفته و با استفاده از اندازه‌گیری‌های کمّی مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی پلان رودخانه و مشخصات هندسی آن از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تصاویر ماهواره‌ای IRS

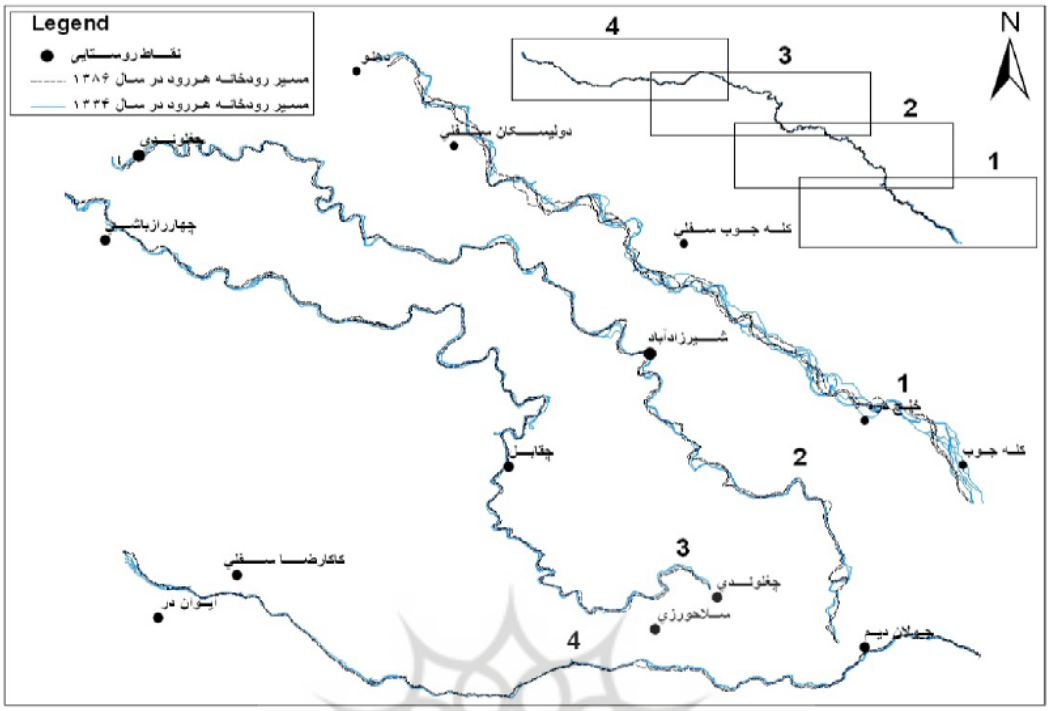
سال ۱۳۸۶ (۲۰۰۷) با قدرت تفکیک ۵ متر، تصاویر ماهواره‌ای Aster سال ۱۳۸۴ (۲۰۰۵) با قدرت تفکیک ۱۵متر و تصاویر گوگل ارث رودخانه مورد مطالعه استفاده شده است. با توجه به اینکه برای محاسبه پارامترهای هندسی نیاز به پلان مسیر رودخانه بوده است، بنابراین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس-های هوایی موجود مسیر رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ از روی مدارک مذکور ترسیم گردید. جهت مختصات‌دار کردن عکس‌های هوایی از نرم‌افزار Arc GIS و سیستم مختصات WGS 84 زون ۳۹ شمالی با استفاده از عارضه‌های ثابت مانند پل‌ها، روستاها و غیره انجام شده است. رقومی‌سازی مسیر رودخانه هرروود بر روی عکس‌های هوایی و تصویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزاری Arc GIS صورت گرفته و در نهایت وضعیت پلان رودخانه در دو دوره‌ی زمانی فوق‌الذکر استخراج شده است.

پارامترهای هندسی رودخانه نظیر طول موج، ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی پیچان‌رودها، شعاع پیچان‌رود، شعاع نسبی، طول دره و غیره در دو دوره‌ی فوق‌الذکر با ترسیم دایره‌های مماس بر پیچان‌رودهای رودخانه در محیط نرم‌افزاری اتوکد[1] اندازه‌گیری شده است. برای این منظور ابتدا مسیر رودخانه در دو دوره‌ی زمانی مورد مطالعه که در محیط نرم‌افزاری Arc GIS رقومی شده با فرمت اتوکد خروجی گرفته شده و سپس در محیط این نرم‌افزار پس از ترسیم دایره های مماس بر پیچان‌رودها، پارامترهای هندسی طول موج، طول دره، شعاع پیچان‌رود، شعاع نسبی و زاویه مرکزی استخراج گردیده است.

لازم به‌ذکر است که عرض بستر رودخانه در محیط نرم‌افزاری Arc GIS با استفاده از انطباق تصاویر ماهواره‌ای با تصاویر گوگل ارث برای سال ۱۳۸۶ و برای سال ۱۳۳۴ با استفاده از رقومی کردن دو طرف بستر رودخانه بر روی عکس‌های هوایی انجام شده است. همچنین میانگین عمق رودخانه در بازه‌های مورد مطالعه با استفاده از مشاهدات میدانی صورت گرفته است، بدین‌صورت که برای سال۱۳۳۴ با استفاده از مشاهده پادگانه‌های قدیمی، اندازه‌گیری داغ آب سیلاب‌ها و همچنین مصاحبه از اهالی روستاهای مستقر در مسیر رودخانه، عمق رودخانه تخمین زده شده و برای سال ۱۳۸۶ اندازه‌گیری در چند نقطه از مسیر رودخانه انجام شده و سپس میانگین عمق رودخانه با استفاده از این اندازه‌گیری‌ها لحاظ شده است. پس از انجام این اندازه‌گیری‌ها مقایسه آماری بین مشخصات هندسی به دست آمده از دو دوره‌ی زمانی صورت گرفته است.

همچنین با استفاده از مسیرهای ترسیمی، تغییرات مکانی مسیر رودخانه در گذشته و حال مشخص و نسبت به هم مقایسه شده‌اند. به منظور روشن شدن بهتر وضعیت مورفولوژی رودخانه و تشریح مشخصات هندسی اندازه‌گیری شده و با توجه به شکل مقطع و تغییر خصوصیات مورفولوژیک رودخانه هرروود در طول مسیر به ۴ بازه‌ی فرعی تقسیم شده است و در هر کدام از این بازه‌ها بررسی‌ها به صورت مجزا انجام شده است و در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده به بررسی علل تغییرات مورفولوژی رودخانه پرداخته شده است. موقعیت این بازه‌ها در شکل۲ نشان داده شده است.

1-Auto CAD



شکل۲: مسیر رودخانه هرروود در سال‌های ۱۳۳۴و۱۳۸۶ در ۴ بازه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان

بحث و تجزیه و تحلیل

برای طبقه‌بندی و شناسایی خصوصیات هیدرولیکی و هیدروفیزیکی رودخانه‌ها، باید مشخصاتی از رودخانه‌ها به صورت پارامترهای هندسی کمّی اندازه‌گیری و محاسبه شود. برخی از این پارامترهای کمّی اهمیت بیشتری داشته و به عنوان شاخص جهت طبقه‌بندی رودخانه مورداستفاده قرارمی‌گیرند*(دولتی،۱۳۸۷: ۱۲۷)*. پارامترهای هندسی نظیر:۱- طول‌موج، ۲- زاویه‌مرکزی پیچان‌رود، ۳- شعاع پیچان‌رود، ۴- شعاع نسبی و ۵- ضریب خمیدگی رودخانه از مهمترین پارامترهای کمّی قابل اندازه‌گیری رودخانه هستند.

لئوپولد[1] و همکارانش (۱۳۳۹) بهترین تطابق را بین طول موج پیچان‌رود و عرض آبراهه، طول موج و شعاع انحناء ارایه نمودند *(تلوری، ۱۳۷۳: ۱۲۵)*.

در این مطالعه پارامترهای کمی با استفاده از روش ترسیم دایره‌های مماس بر پیچان‌رودهای رودخانه برای دو دوره‌ی زمانی رودخانه هرروود استخراج شده است. در طول ۵۲ سال گذشته الگوی رودخانه و برخی پارامترهای هندسی قابل اندازه‌گیری دستخوش تغییر و دگرگونی شده است. با توجه به اینکه، رودخانه به عنوان یک پدیده‌ی پویا و دارای سیر تکامل باید در نظر گرفته شود، لذا تغییرات پارامترهای هندسی ایجاد شده در رودخانه هرروود، سبب بروز رفتارهای جدید هیدرولیکی در این رودخانه شده است. درجداول ۱و۲ میانگین‌پارامترهای هندسی محاسبه‌شده طیّ ۲ دوره‌ی زمانی ۱۳۳۴و۱۳۸۶برای بازه‌های محدوده مورد مطالعه ارایه شده است.

1- Leopold

جدول ۱: تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه هررود (سال ۱۳۳۴)

موقعیت محدوده / پارامترهای هندسی	کله جوب تا دهنو	دهنو تا چغلوندی	چغلوندی تا چهارراز‌باشی	چهارراز‌باشی تا ایوان‌در
تعداد پیچان‌رود	۷۴	۵۹	۶۳	۳۴
میانگین عرض رودخانه (متر)	۴۴	۲۸/۵	۳۵	۲۸
میانگین عمق رودخانه (متر)	۴	۷	۸	۱۰
زاویه مرکزی (درجه)	۸۹	۱۲۰	۱۲۱	۸۹
میانگین شعاع دایره (متر)	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۰	۲۰۷
میانگین طول موج (متر)	۲۱۱	۵۱۹	۵۲۱	۷۹۳
میانگین طول دره (متر)	۲۷۰	۷۹۷	۷۵۶	۸۹۶
شاخص پیچان‌رودی/ خمیدگی	۱/۲۳	۱/۵۳	۱/۴۴	۱/۱۲
شعاع نسبی	۲/۲۸	۶/۲۷	۴/۸۶	۸/۹۳
نسبت طول دره به عرض	۱۱/۶۷	۳۲/۳۷	۲۵/۱	۳۶/۷۹
نسبت طول موج به عرض	۸/۸۷	۲۱/۱۱	۱۷/۱۶	۳۱/۹۷

مأخذ: نگارندگان

جدول ۲: تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه هررود (سال ۱۳۸۶)

موقعیت محدوده / پارامترهای هندسی	کله جوب تا دهنو	دهنو تا چغلوندی	چغلوندی تا چهارراز‌باشی	چهارراز‌باشی تا ایوان در
تعداد پیچان‌رود	۲۹	۶۳	۵۹	۴۱
میانگین عرض رودخانه (متر)	۸۱	۵۰	۵۴	۲۹
میانگین عمق رودخانه (متر)	۴	۷	۸	۱۱
زاویه مرکزی (درجه)	۱۰۷	۱۳۲	۱۲۵	۸۱
میانگین شعاع دایره (متر)	۱۶۸	۱۳۸	۱۴۱	۱۸۵
میانگین طول موج (متر)	۵۶۹	۴۸۷	۵۱۰	۷۲۳
میانگین طول دره (متر)	۷۴۹	۷۶۴	۷۷۴	۸۳۲
شاخص پیچان‌رودی/ خمیدگی	۱/۳	۱/۶	۱/۵	۱/۱
شعاع نسبی	۱/۹	۴/۷	۳/۵	۷/۸
نسبت طول دره به عرض	۸/۷	۲۵/۱	۱۸/۵	۳۴
نسبت طول موج به عرض	۶/۷	۱۶	۱۲	۳۰

مأخذ: نگارندگان

مقایسه پارامترهای هندسی

در این بخش، پارامترهای هندسی رودخانه مورد مطالعه در دو دوره‌ی زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ به شرح زیر با هم مقایسه شده و تجزیه و تحلیل شده‌اند.

تعداد پیچان‌رودها

تعداد پیچان‌رودهای رودخانه هررود از ۲۳۱ پیچان‌رود در سال۱۳۳۴ به ۱۹۲پیچان‌رود در سال۱۳۸۶ کاهش یافته است. به عبارت دیگر در طول ۵۲ سال گذشته تعداد ۴۹ پیچان‌رود (حدود ۲۱٪) حذف شده است که بیشترین تعداد پیچان‌رودهای حذف‌شده در محدوده‌ی بازه شماره‌ی۱ واقع شده‌اند. تغییرات‌تعداد پیچان‌رودها در بخش‌های بعدی رودخانه‌ی هررود بسیار اندک بوده است.

زاویه مرکزی- شعاع دایره

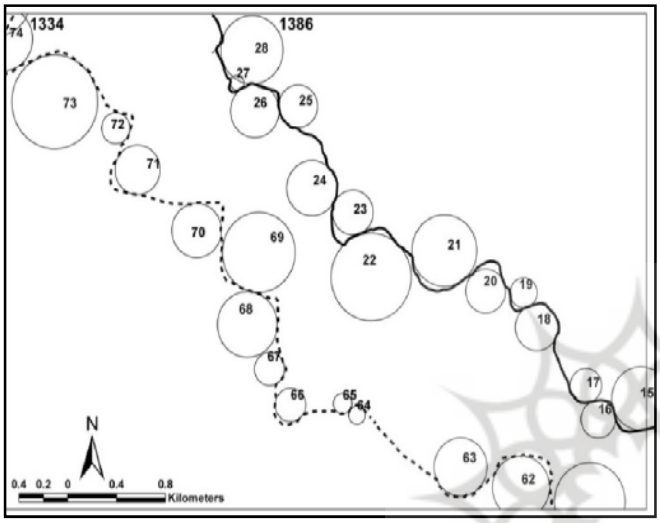
زاویه مرکزی به عنوان معیاری جهت تقسیم‌بندی و شناسایی میزان توسعه پیچان‌رودی یک رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. کورنیس[1] برای بیان کیفی توسعه و پیشرفت پیچان‌رودی شدن رودخانه‌های آبرفتی و تمایز آنها از یکدیگر از معیار زاویه مرکزی استفاده نموده است. بر این اساس وی جدول (۳) را پیشنهاد نموده است *(تلوری، ۱۳۷۱: ۱۰۰)*.

جدول ۳: استفاده از زاویه مرکزی برای تقسیم‌بندی توسعه پیچان‌رودی رودخانه

شکل رودخانه	زاویه مرکزی(درجه)
مستقیم	۰
شبه پیچان‌رودی	۰ -۴۱
پیچان‌رودی توسعه نیافته	۴۱ -۸۵
پیچان‌رودی توسعه‌یافته	۸۵ -۱۵۸
پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته	۱۵۸-۲۹۶
شاخ گاوی	۲۹۶>

مأخذ: تلوری، ۱۳۷۱.

برای به دست آوردن زاویه‌ی مرکزی و شعاع دایره پس از برازش دوایر مماس بر قوس رودخانه (شکل ۳)، زاویه‌ی مرکزی هر قوس در نرم‌افزار اتوکد محاسبه گردید و سپس میانگین حسابی برای ۴ بازه‌ی مورد مطالعه در دو دوره‌ی زمانی محاسبه و نتایج آنها با هم مقایسه شده است.

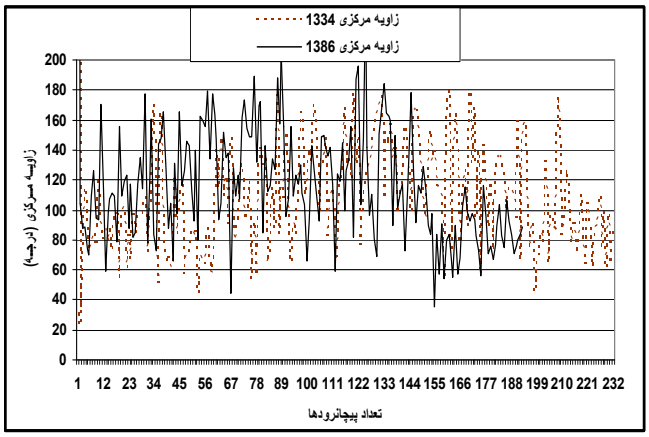


شکل ۳: تغییرات مورفولوژی رودخانه هررود از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۶ در قسمت پایانی بازه‌ی اول *مأخذ: نگارندگان*

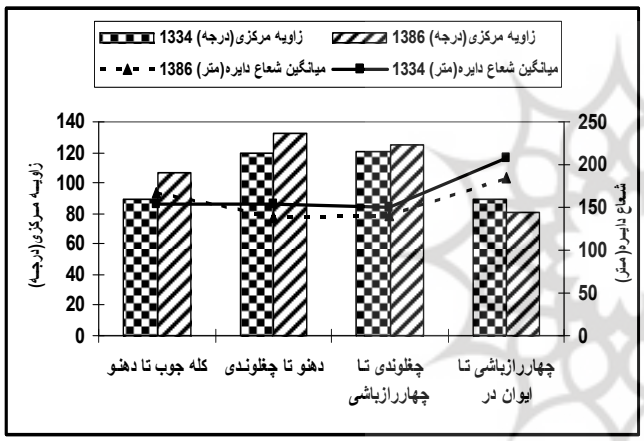
با توجه به جداول ۱ و۲ در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه در ۴ بازه‌ی مطالعاتی رودخانه هررود به جز بازه ۴ که در سال ۱۳۳۴ در رده پیچان‌رودی توسعه یافته قرار داشته و در سال ۱۳۸۶ به پیچان رود توسعه نیافته تغییر یافته (به علت کوهستانی بودن بازه)، ۳ بازه دیگر با توجه به تقسیم‌بندی کورنیس از نظر توسعه‌ی پیچان رودی در رده‌ی پیچان‌رودی توسعه یافته قرار گرفته‌اند ولی میانگین زاویه مرکزی پیچان‌رودهای این ۳ بازه نسبت به سال ۱۳۳۴ افزایش یافته است، به عبارت دیگر میزان توسعه‌یافتگی پیچان‌رودهای سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ بیشتر است در حالی که میزان توسعه پیچان‌رودی بازه ۴، به علت کوهستانی بودن مسیر، از سال ۱۳۳۴نسبت به سال ۱۳۸۶ کاهش یافته یعنی رودخانه به‌سمت پیچان‌رودی توسعه نیافته تغییر شکل داده است. همچنین با افزایش زاویه مرکزی

1-Kornish

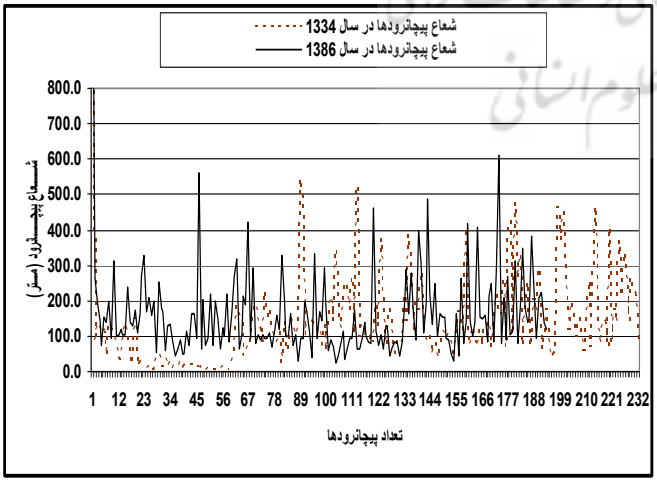
رودخانه در ۳ بازه (کله جوب تا دهنو، دهنو تا چغلوندی، چغلوندی تا چهارازباشی) در سال ۱۳۸۶، میانگین شعاع دوایر مماس بر پیچان‌رودهای رودخانه در سال ۱۳۸۶ کاهش یافته است به جزء بازه اول که همراه با افزایش زاویه‌ی‌مرکزی در سال ۱۳۸۰، میانگین شعاع دایره‌ی مماس بر قوس‌ها نیز افزایش داشته است و به همین دلیل بیشترین تغییر شکل‌ها در این بازه تغییرات عرضی بستر بوده که علت آن فرسایش‌پذیر بودن سازندهای تشکیل‌دهنده‌ی بستر و کناره‌ها می‌باشد. در بازه‌ی ۴ نیز کاهش زاویه مرکزی در سال ۱۳۸۶ با کاهش میانگین شعاع نیز همراه بوده که این حالت نشان‌دهنده‌ی تغییرات بسیار کم مورفولوژی رودخانه در طول این مسیر می‌باشد. اما میزان این نسبت در دو بازه‌ی میانی نشان‌دهنده‌ی افزایش حالت سینوسی رودخانه‌ی هررود در ۵۲سال گذشته می‌باشد (شکل‌های ۴ و ۵). تغییرات شعاع پیچان‌رودها نشان می‌دهد که شعاع پیچان‌رودها به جز بازه ۱ در ۳ بازه‌ی دیگر از سال ۱۳۳۴ نسبت به سال ۱۳۸۶ کاهش یافته است و در بازه‌ی ۱ به علت تغییر الگوی رودخانه از حالت شریانی به سمت پیچان‌رودی این نسبت افزایش یافته است. در سه بازه‌ی دیگر کاهش شعاع پیچان-رودها به علت پیچان‌رودی بودن مسیر رودخانه است هر چند که در بازه‌ی ۴ کاهش شعاع پیچان‌رودها نسبت به سال ۱۳۳۴ به معنای تغییر مورفولوژی رودخانه در این بازه نیست بلکه تنها نشان‌دهنده‌ی توسعه شعاع حلقه‌های پیچان‌رودی در بعضی قوس‌ها است، چون که در واقع رودخانه در بازه‌ی کوهستانی در یک مسیر پیچ وخم‌دار جریان یافته است نه اینکه توسعه الگوی پیچان‌رودی رودخانه در اثر فرسایش کناری، باعث پیچ و خم پیداکردن مسیر رودخانه شده باشد (شکل ۶).



شکل۴: تغییرات زاویه مرکزی و شعاع دایره مماس بر قوس‌های رودخانه هررود در دو دوره زمانی ۱۳۳۴و۱۳۸۶ *مأخذ: نگارندگان*



شکل ۵: تغییرات زاویه مرکزی پیچان‌رودهای رودخانه هررود در سال۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ *مأخذ: نگارندگان*



شکل ۶: تغییرات شعاع پیچان‌رودهای رودخانه هررود در سال ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ *مأخذ: نگارندگان*

ضریب خمیدگی

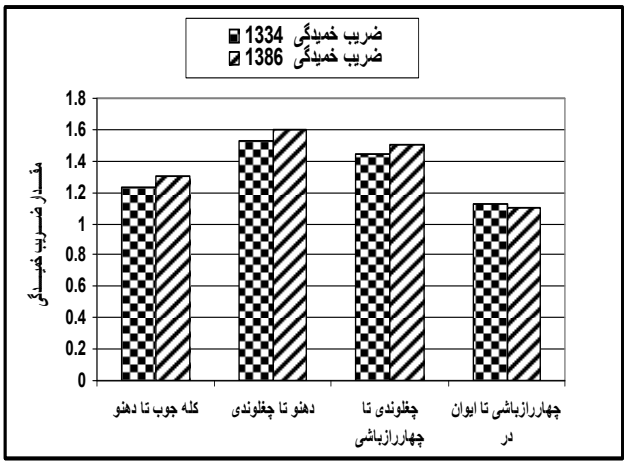
شاخص ضریب خمیدگی (ضریب پیچشی) یکی از معیارهای کمّی است که در تقسیم‌بندی شکل رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از فرمول $S=\frac{L}{\lambda_{.2}}$ یعنی با تقسیم کردن طول دره بر طول موج، ضریب خمیدگی برای هر قوس محاسبه می‌شود *(پیروان و همکاران،۱۳۷۶: ۲۲۰)*. پیتز[1] (۱۳۶۵) نیز برحسب میزان ضریب خمیدگی ۴ نوع رودخانه را به شرح جدول ۴ تقسیم‌بندی نموده است.

جدول ۴: تقسیم‌بندی رودخانه‌ها برحسب ضریب خمیدگی

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

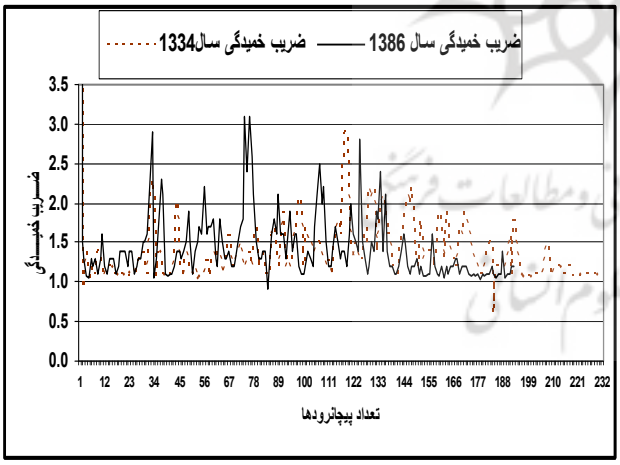
مأخذ: تلوری، ۱۳۷۱.

با توجه به جدول فوق، رودخانه هررود در دو دوره‌ی زمانی مورد بررسی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ در گروه رودخانه پیچان‌رودی و سینوسی قرار دارد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۳۴ بازه‌های ۲و۳ در طبقه رودخانه‌های پیچان‌رودی و بازه‌های ۱ و ۴ در طبقه رودخانه‌های سینوسی قرار دارند. اما این نسبت در سال ۱۳۸۶ بدین صورت است که بازه‌ی ۱ نیز حالت پیچان‌رودی پیدا کرده اما بازه‌ی ۴ در همان حالت سینوسی باقی مانده است و علت آن کوهستانی بودن مسیر رودخانه در این بازه می‌باشد. همچنین تغییرات ضریب خمیدگی در سال ۱۳۳۴ بین ۰/۶ تا ۲/۹ در نوسان بوده درحالی که این میزان در سال ۱۳۸۶ بین ۰/۹ تا ۳/۱ در نوسان بوده است. بنابراین می‌توان گفت که تغییرات ضریب خمیدگی در یک دامنه‌ی محدود مشاهده می‌شود و نشان‌دهنده‌ی وجود قوس‌های تقریباً مشابه در طول رودخانه است (شکل ۷).



شکل ۷: تغییرات ضریب خمیدگی رودخانه هررود در سال‌های ۱۳۳۴و ۱۳۸۶ *مأخذ: نگارندگان*

شکل (۸) نیز نشان می‌دهد که در سال ۱۳۳۴ در محدوده‌ی‌بازه‌های۲و۳ (دهنو تا چهارزاباشی) نوسانات زیادی در ضریب خمیدگی رودخانه وجود نداشته است. درحالی‌که نوسانات ضریب خمیدگی در بازه‌ی ۴ بسیار کم بوده و در بازه‌ی ۱ نوسانات نسبت به بازه‌های ۲ و ۳ بیشتر بوده است.



شکل ۸: نوسانات ضریب خمیدگی پیچان‌رودهای رودخانه هررود در سال ۱۳۳۴ *مأخذ: نگارندگان*

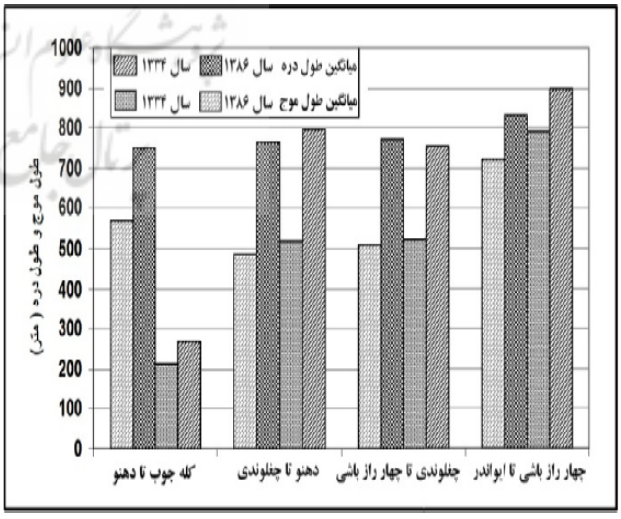
طول موج و طول درّه

طول موج و طول درّه رودخانه دو پارامتر اصلی در طبقه‌بندی‌رودخانه و تعیین ضریب‌خمیدگی رودخانه‌ها هستند و معمولاً بین این دو پارامتر همبستگی بالایی وجود دارد. برای به دست آوردن طول موج و طول درّه

1- Pitts

روی نقشه محور مسیر رودخانه، ابتدا نقاط عطف یا نقاط تغییر انحنای محور رودخانه با دقت زیاد مشخص گردید و سپس با استفاده از نرم‌افزار اتوکد این دو پارامتر اندازه گیری شد.

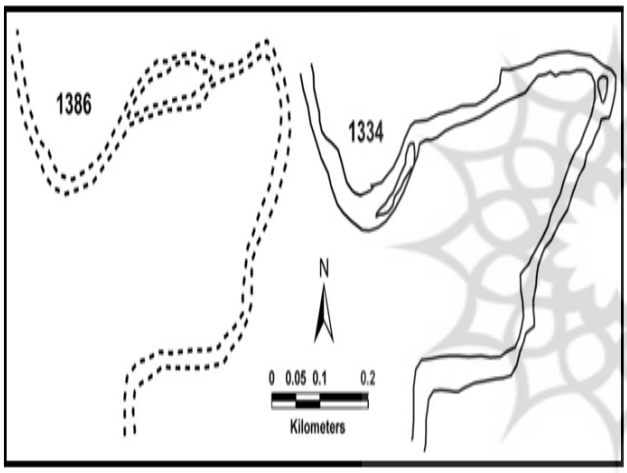
بررسی تغییرات طول موج و طول دره‌ی رودخانه هررود نشان می‌دهد که در بازه ۱ میانگین تغییرات طول موج و طول دره در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ بیش از دو برابر شده و علت آن را می‌توان به این صورت بیان کرد که قدرت مانور رودخانه در این محدوده به علت آبرفتی و سست بودن بستر نسبت به بازه‌های کوهستانی بیشتر است. همچنین در بازه‌های ۲، ۳ و ۴ میانگین طول موج در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ کاهش یافته است اما میانگین طول دره در بازه ۳ در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ افزایش یافته‌است یعنی خط‌مرکزی رودخانه در این بازه نسبت به سال ۱۳۴ کاهش یافته است، اما در بازه‌های ۲و۴ طول موج و طول دره در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ کاهش یافته یعنی میزان تغییرات در این دو بازه کمتر بوده است (شکل ۹).



شکل ۹: تغییرات طول موج و طول دره در بازه‌های مورد مطالعه رودخانه هررود (سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶)

مأخذ: نگارندگان

به عبارت دیگر شکل ۹ نشان می‌دهد که ماکزیمم طول موج در دوسری زمانی مورد مطالعه در بازه‌ی ۴ (چهاررازباشی تا ایوان در) قرار داشته است و علت آن را می‌توان به این صورت تشریح کرد که با افزایش فاصله دو پیچان‌رود متوالی در این محدوده و به‌عبارتی کاهش تراکم تعداد پیچان‌رودها در واحد طول، میزان ضریب خمیدگی نیز کاهش می‌یابد. در بازه ۲ و ۳ نیز طول موج در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ کاهش یافته یعنی فاصله پیچان‌رودهای متوالی نسبت به هم کمتر شده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: کاهش طول موج در نتیجه تغییر مسیر و توسعه‌ی پیچان‌رودی در یکی از قوس‌های بازه‌ی ۳ طیّ دو دوره

مأخذ: نگارندگان

شعاع نسبی

شعاع نسبی، شعاع دایره محاط بر قوس رودخانه نسبت به عرض رودخانه است. شن[1] (۱۳۶۳) با توجه به دامنه شعاع نسبی، تقسیم‌بندی جدول ۵ را ارائه نموده است. بر این اساس هر چه شعاع نسبی بزرگتر باشد، نشانه ملایم بودن قوس مربوطه است و شعاع نسبی کم نشان‌دهنده‌ی تحت فشار و ناپایدار بودن قوس رودخانه است.

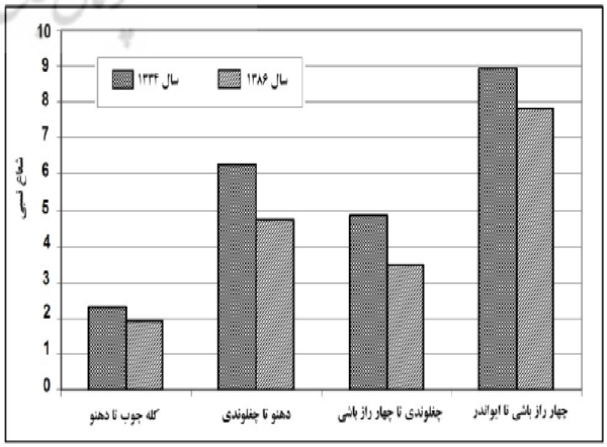
1- Shen

جدول ۵: نوع رودخانه بر مبنای شعاع نسبی

نوع چم	زاویه مرکزی (درجه)
آزاد	۵-۴/۵
محدود شده	۸-۷
تحت فشار	۳-۲/۵

مأخذ: شن، ۱۳۶۳.

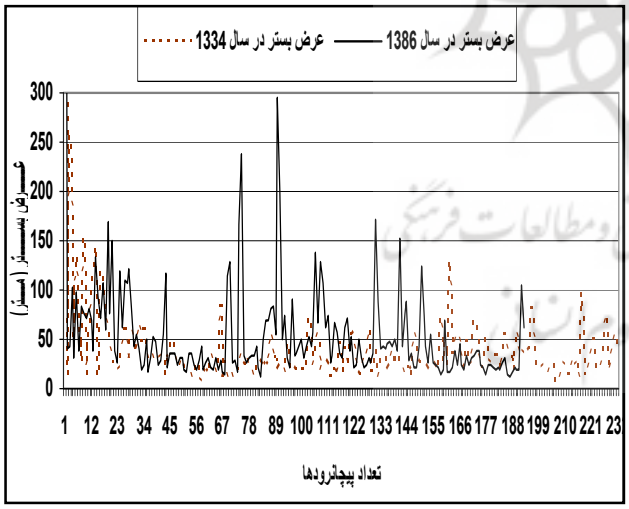
با توجه به جدول فوق، بازه‌های مورد مطالعه‌ی رودخانه‌ی هررود در هر سه نوع چم قرار دارند و میزان شعاع نسبی آنها در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ روند نزولی داشته است. به‌طوری‌که بازه‌ی ۱ در محدوده تحت فشار قرار دارد و کاهش تعداد پیچان‌رودها، افزایش ضریب خمیدگی و تغییرات عرضی به نوعی نشان‌دهنده‌ی تحت فشار بودن چم‌های رودخانه در این محدوده است و این مسأله وجود ناپایداری و توسعه و گسترش فرسایش کناری را در این بازه نشان می‌دهد. بازه‌های ۲ و ۳ در محدوده آزاد قرار دارند و کاهش شعاع نسبی آنها در سال ۱۳۸۶ بیانگر کاهش آزادی چم‌های رودخانه و در نتیجه تحت فشار قرار گرفتن چم‌های رودخانه در این بازه‌ها می‌باشد. اما چم‌های بازه ۴ در قسمت محدود شده قرار گرفته‌اند یعنی چم‌های رودخانه به علت کوهستانی بودن محدود شده و کاهش شعاع نسبی این بازه در سال ۱۳۸۶ به این دلیل است که در انتهای این بازه رودخانه دوباره حالت شریانی پیدا می‌کند و تغییرات مورفولوژیکی در آن دیده می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ : تغییرات شعاع نسبی پیچان‌رودهای رودخانه هررود (سال‌های ۱۳۳۴و۱۳۸۶) *مأخذ: نگارندگان*

عرض رودخانه در رأس قوس‌ها

با توجه به اینکه اندازه‌گیری عرض رودخانه در کل مسیر (۸۰ کیلومتر) با نقشه‌برداری بسیار مشکل است و نقشه‌های با مقیاس بزرگ نیز موجود نمی‌باشد، بنابراین برای به دست آوردن عرض رودخانه در رأس قوس‌ها، سواحل رودخانه بر روی عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر گوگل ارث سال ۱۳۸۶ در محیط نرم‌افزاری Arc GIS رقومی گردید و سپس در محیط همین نرم‌افزار عرض‌رودخانه برای هر قوس اندازه‌گیری شد. مقایسه عرض بستر در دوسری زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ در رودخانه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که عرض بستر در سال ۱۳۸۶ در بازه اول تقریباً دوبرابر شده و در بازه‌ی ۴ تغییر عرض بستر بسیار جزئی بوده است (حدود ۱ متر). در بازه‌های ۲ و ۳ نیز به دلایلی که در بالا تشریح شد در بستر رودخانه تغییرات عرض بستر چشم‌گیر بوده است. همچنین بیشترین تغییرات عرضی بستر رودخانه‌ی هررود در بازه‌ی ۱ و کمترین مقدار آن در بازه‌ی ۴ مشاهده می‌شود (شکل ۱۲).



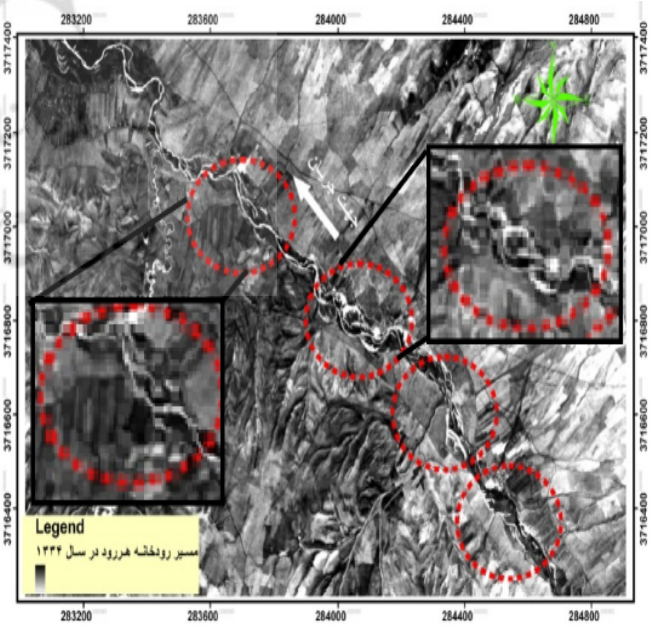
شکل ۱۲: تغییرات عرض بستر در رأس قوس‌های رودخانه هررود در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ *مأخذ: نگارندگان*

تغییرات الگوی رودخانه و نسبت عرض به عمق

بر اساس الگوی جریان، رودخانه هررود به سه بخش تقسیم می‌شود. بخش اول حدفاصل روستای کله جوب تا دهنو (بازه ۱)، رودخانه دارای الگوی شریانی است و بیشترین تغییرات نیز در این بازه رخ داده است.

بخش دوم حد فاصل روستای دهنو تا چهاررازباشی (بازه ۲ و ۳)، که رودخانه دارای الگوی پیچان‌رودی و در بعضی نقاط دارای الگوی مستقیم است و تغییرات چندانی در آن ایجاد نشده است. بخش سوم حدفاصل روستای‌چهاررازباشی تا ایوان در (بازه‌ی۴)، که رودخانه در طول این مسیر دارای الگوی مستقیم بوده و تغییرات آن بسیار جزئی بوده است.

مقایسه متوسط عمق رودخانه نیز نشان می‌دهد که عمق رودخانه تغییرات چشمگیری نداشته است، اما مقایسه تغییرات نسبت عرض به عمق رودخانه هررود نشان‌دهنده‌ی تغییرات زیاد در بازه‌ی ۱ و تغییرات ناچیز در بازه‌ی ۴ است به‌طوری که نسبت عرض به عمق در این بازه در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۳۴ کاهش یافته است اما در ۳ بازه‌ی دیگر این نسبت افزایش یافته است. اشکال (۱۳و۱۴) تغییرات عرض بستر را در سال‌های ۱۳۳۴و ۱۳۸۶ و جدول ۶ تغییرات نسبت عرض به عمق رودخانه‌ی هررود در بازه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳: الگوی شریانی در بازه ۱ هررود در سال ۱۳۳۴
(عکس هوایی مقیاس ۵۵۰۰۰ : ۱)
ماخذ: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۵۵

شکل ۱۴: تغییر بستر در محدوده‌ی بازه ۱ در سال ۱۳۸۶
ماخذ: تصویر گوگل ارث، مقیاس تقریبی ۵۰۰۰۰ :۱

نتیجه

بررسی پارامترهای هندسی رودخانه‌ها و تغییرات ایجاد شده در شکل و الگوی آنها می‌تواند روند تغییرات آینده را برآورد نماید. پارامترهای هندسی به دست آمده از رودخانه‌ی هررود نیز نشان‌دهنده‌ی تغییرات به وجود آمده در سری‌های زمانی در بازه‌های موردمطالعه می‌باشد. این پارامترها نشان می‌دهند که بیشترین تغییرات در بازه‌ی ۱ به دلیل سازندهای فرسایش‌پذیر، افزایش بار رسوبی بستر، شریانی بودن رودخانه و پوشش گیاهی اندک روی داده‌است. نوسانات و تغییرات پارامترهایی مانند عرض بستر، تعداد پیچان‌رودها، طول موج و غیره اثبات‌کننده روند این تغییرات می‌باشد. در بازه‌ی ۲و۳ علی‌رغم افزایش دبی آب و رسوب و کاهش شیب، تغییرات کمتری ایجاد شده است. این تغییرات صرفاً در قسمت بالادست بازه‌ی ۲ و قسمت انتهایی بازه‌ی ۳ در تعدادی از قوس‌ها ایجاد شده است. این درحالی است که بخش پیچان‌رودی رودخانه هررود در حد فاصل این دو بازه قرار گرفته است. بنابراین با توجه به افزایش دبی آب و رسوب و نیز کاهش شیب که

مهمترین عوامل در تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها می‌باشند، انتظار می‌رفت، بیشترین تغییرات در این بازه‌ها ایجاد می‌شد. در صورتی که شواهد این موضوع را نشان نمی‌دهند. بررسی‌ها و تلفیق داده‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که دلیل اصلی آن وجود سازندهای نسبتاً مقاوم در مسیر این بخش از آبراهه می‌باشد. در بازه‌ی ۴ نیز با وجود شرایط مساعد برای تغییرات‌مورفولوژی و فرسایش کناری،کمترین تغییرات دیده می‌شود و نتایج بررسی‌ها نشان داد که عواملی از جمله، مقاومت سازندها به فرسایش، مستقیم بودن مسیر رودخانه و تأثیرات توپوگرافی متغیّرهای اصلی تأثیرگذار می‌باشند. بنابراین، با توجه به پارامترهای هندسی رودخانه، عوامل مؤثر در تغییرات الگو و مورفولوژی رودخانه‌ی هررود می‌توان استنباط نمود که با وجود افزایش دبی و رسوب از بازه‌ی ۱ به‌سوی بازه‌ی ۴، میزان تغییرات در راستای این بازه‌ها کاهش یافته است.

نتایج کلی نشانگر عدم وجود رابطه‌ی مستقیم بین عوامل هیدرولوژیکی و تغییرات مورفولوژی است و تأثیرگذارترین‌پارامتر بر تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه‌ی مورد مطالعه، جنس سازندهای بستر و کناره‌ها می‌باشد. شکل ۲ تغییرات ایجاد شده در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۶ : تغییرات نسبت عرض به عمق رودخانه هررود در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶

بازه‌ی مورد مطالعه	سال ۱۳۳۴			سال ۱۳۸۶		
	عرض متوسط(متر)	عمق متوسط(متر)	نسبت عرض به عمق	عرض متوسط(متر)	عمق متوسط(متر)	نسبت عرض به عمق
کله جوب تا دهنو	۴۴	۴	۱۱	۸۱	۴	۲۰/۲۵
دهنو تا چغلوندی	۲۸/۵	۷	۴	۴۹	۷	۷
چغلوندی تا چهاررازباشی	۳۵	۸	۴/۳	۵۴	۸	۶/۷
چهاررازباشی تا ایوان‌در	۲۸	۱۰	۲/۸	۲۹	۱۱	۲/۶

مأخذ: نگارندگان

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- آبدان‌فراز، شرکت مهندسین مشاور(۱۳۸۰). جلد دوم (گزارش هیدرولوژی و رسوب)، مطالعات مرحله‌ی اول سد مخزنی ایوشان، آب منطقه‌ای غرب، اداره‌ی کل امور آب استان لرستان.

۲- احمدیان‌یزدی، محمدجواد (۱۳۸۰). بررسی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش کناری پیچان‌رود تجن-هریررود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- ارشد، صالح؛ سعید مرید؛ هادی ابوالقاسمی (۱۳۸۶). بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور: مطالعه موردی رودخانه‌ی کارون از گتوند تا فارسیات (۸۲-۱۳۶۹)، مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهاردهم. شماره ششم.

۴- آقارضی،حشمت‌اله؛ امیر مرادی‌نژاد؛ غلامرضا گودرزی (۱۳۸۱). تأثیر پوشش گیاهی در حفاظت کناره‌های رودخانه قره‌چای استان‌مرکزی،ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵- پیروان، حمیدرضا؛ مهدی حبیبی؛ جمال محمدولی سامانی؛امیرحمزه‌حقی‌آبی(۱۳۷۶).بررسی‌ویژگی‌های هندسی-هیدرولیکی پیچان‌رودهای‌رودخانه‌ی قزل‌اوزن‌سفلی و تغییرات زمانی ریخت‌شناسی آن، اولین کنفرانس هیدرولیک ایران.

۶- تلوری، عبدالرسول (۱۳۷۳). رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آنها، تحقیقات جهاد کشاورزی.

۷- تلوری، عبدالرسول (۱۳۷۱). شناخت فرسایش کناری رودخانه در دشت‌های رسوبی، چاپ اول. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

۸- دولتی، جواد (۱۳۸۷).بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی بخش میانی رودخانه اترک با استفاده از Gis، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. دانشکده‌ی جغرافیا.

۹- رنگزن، کاظم؛بهرام صالحی؛ پروین سلحشوری (۱۳۸۷). بررسی تغییرات منطقه پایین‌دست سد کرخه قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر چندزمانه‌ی Land Sat، اولین همایش ژئوماتیک ایران.

۱۰- رنگزن، کاظم (۱۳۸۱). تأثیر مهاجرت رودخانه‌ها بر ساختمان‌های شهری در دشت خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۱- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۳۴). عکس‌های هوایی با مقیاس ۵۵۰۰۰ : ۱.

۱۲- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۸۴). تصاویر ماهواره‌ای Aster با قدرت تفکیک ۱۵ متر.

۱۳- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۸۶). تصاویر ماهواره‌ای IRS با قدرت تفکیک ۵ متر.

۱۴- سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۱). نقشه‌ی زمین-شناسی خرم‌آباد با مقیاس ۲۵۰۰۰ : ۱.

۱۵- غریب‌رضا، محمدرضا؛ حمیدرضا معصومی (۱۳۸۵). مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۶- غفاری، گلاله؛ کریم سلیمانی؛ ابوالفضل مساعدی (۱۳۸۵). بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (بابلرود مازندران)، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۷.

۱۷- یمانی، مجتبی؛ محمدمهدی حسین‌زاده؛ احمد نوحه‌گر (۱۳۸۵). هیدرودینامیک رودخانه‌های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییرات مشخصات هندسی آنها، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۵.

18- Schumm, S.A (1980). Planform of alluvial river problems, India, Sarita Prakashan Merrut, New Delhi.

19- Reading, H. G (1996). Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy, 3rd Edition, Black well Science.

20- Biedenharnd, S, Elliot, C.M. and Watson, C. C (1977). The WES Stream investigation and stream bank Stabilization hand book, U. S. Army Engineering.

21- Thorne, C.R (2002). Geomorphic analysis of large alluvial rivers, J. Geomorphology, Vol 44, No 5, 203-219.

22-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.

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

24-Kornish, MRS (1980). Meander Travel in Alluvial Streams, (4) 35-82 in Proceeding of the International Work Ship on Alluvial River Problems. India. Sarita Prakashan Meerut, New Delhi.

25- Leopold, L.B and M.G, Wolman (1960). River Meanders, Geological Society of America Bulletin, V 71.

26- Petts, G.E. et al (1986). Historical Change Large Alluvial River, John Wiley and Sons.

27- Shen, H. W (1971) River Mechanics, Vol, I, and II, Colorado State University, For Collins Colorado.