دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

آشکارسازی تغییرات مورفولوژی رودخانه با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه (مطالعه موردی بخشی از رودخانه قزل‌اوزن از روستای پیرچم تا روستای گیلوان)

سیداحمد حسینی [۱] محمودرضا طباطبائی [۲]

۱- استادیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
(نویسنده مسوول: sahosseini@yahoo.com)
۲- استادیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
تاریخ ارسال: ۹۷/۰۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۳
صفحه: ۱۸۶ تا ۱۹۷

چکیده

جریان‌های سیلابی سبب فرسایش و ترسیب مواد رسوبی در رودخانه‌ها می‌گردند و هریک از این عوامل باعث تغییر شکل در مورفولوژی رودخانه می‌شود. این تغییر شکل سالانه به فعالیت‌های ساکنان حاشیه رودخانه و تأسیسات مجاور آن صدماتی وارد نموده و در مسیر رودخانه نیز مشکلاتی به‌همراه می‌آورد. از این لحاظ تشخیص فرسایش‌پذیری و پهنه‌بندی آن در یک رودخانه از مواردی است که جهت مدیریت و کنترل فرسایش رودخانه‌ای مورد استفاده خواهد بود. در این تحقیق ضمن بررسی شرایط و عوامل مؤثر در فرسایش و رسوب‌گذاری بازه‌ای از رودخانه‌ی قزل‌اوزن، حدفاصل روستای پیرچم تا روستای گیلوان، به‌طول حدود ۱۵ کیلومتر، ابتدا اطلاعات مختلف هیدرولیکی، خاکشناسی، فیزیوگرافی، توپوگرافی و زمین‌شناسی بازه‌ی موردپژوهش جمع‌آوری شد و سپس توسط تصاویر ماهواره‌های IRS و Landsat و نیز عکس‌های هوایی در دوره‌ی زمانی ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۹، پلان و الگوی جابجایی رودخانه در محیط GIS بررسی شد. در این بررسی پس از تقسیم‌بندی محدوده‌ی مورد پژوهش به ۱۰ بازه‌ی مختلف، موقعیت مکانی خطوط ساحلی طرفین رودخانه و عرض جابجایی رودخانه در مقاطع زمانی مختلف، و مناطق بحرانی تخریب یا رسوب‌گذاری‌شده در هر بازه مشخص شدند. به‌موازات آن با استفاده از اطلاعاتی نظیر ظرفیت جذب رطوبت خاک، پوشش گیاهی و بافت خاک حاشیه رودخانه‌ی مورد پژوهش و همچنین خصوصیات هیدرولیکی جریان‌های اتفاق افتاده، عوامل مؤثر بر فرسایش در بازه‌های مختلف رودخانه‌ی قزل‌اوزن، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. بررسی تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن نشان داد رودخانه قزل‌اوزن در ۹/۹۵ کیلومتر از محدوده‌ی مورد پژوهش حالت سینوسی و پیچان‌رودی دارد، و تقریباً ۸۵ درصد پیچان‌رودها در محدوده ضریب پیچشی ۱/۰۶ تا ۱/۵ قرار دارند. تعداد پیچان‌رودهای بازه‌ی موردپژوهش، از ۱۹ پیچان‌رود در سال ۱۳۴۷ به ۱۵پیچان‌رود در سال ۱۳۸۹ کاهش‌یافته است. با توجه به معیار زاویه مرکزی قوس‌ها، بیشترین فراوانی زاویهٔ مرکزی در این بازه (۴۰٪) در دسته ۱۵۸-۸۵ درجه‌ای قرار گرفت که مربوط به حالت پیچان‌رودی توسعه‌یافته است و بیشترین مقدار زاویه در سال ۱۳۴۷ حدود ۱۳۹ درجه و در سال ۱۳۸۹ حدود ۱۸۲ درجه می‌باشد و لذا این محدوده از رودخانهٔ قزل‌اوزن، یک رودخانه مئاندری جوان و پویا است. نتایج نشان داد ناپایدارترین بازهٔ قزل‌اوزن در ناحیه چندشاخگی آن‌که در بازه شماره ۵ قرار دارد، دیده می‌شود. از اینرو کاهش شیب و کم شدن توان هیدرولیکی رودخانه سبب ایجاد پدیدهٔ چندشاخگی در این بازه شده است. متوسط شعاع حلقه‌های پیچان‌رودی در سال ۱۳۸۹ بیشتر بود و این امر ناشی از فرسایش‌پذیری کناره رودخانه که غالباً آبرفتی و مارنی است می‌باشد و حاکی از توسعه شعاعی حلقه‌های پیچان‌رود است. با مقایسه خط مرکزی رودخانه در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ نیز ملاحظه گردید که حالات مختلف فرسایش ساحلی و میان‌بری در حلقه‌های مئاندر وجود دارد. لذا با توجه به ارزیابی های میدانی از عوامل هیدرولیکی مرتبط با ناپایداری کناره‌ها در طول مسیر رودخانه، می‌توان به فرسایش پنجه دیواره‌ها، که ناشی از سرعت زیاد جریان در پای این دیواره‌ها و ریزش آن، و وقوع فرسایش خندقی در بالای دیواره‌ها به‌واسطه زهکشی نامناسب زمین‌های کشاورزی مشرف به رودخانه می‌باشد، اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: داده‌های رقومی، رودخانه، عکس هوایی، فرسایش کناره‌ای، مورفولوژی، GIS، RS

مقدمه

توجه به الگوی رودخانه در بسیاری از مسائل طراحی و مهندسی رودخانه، ازجمله تعیین محل پل‌ها، محل انجام عملیات بهسازی مسیر، ایجاد تأسیساتی نظیر ایستگاه پمپاژ و سایر ابنیه‌های عمرانی مهم می‌باشد. برای درک بهتر مسائل هیدرولیکی رودخانه‌های آبرفتی، داشتن دانش کافی در مورد الگوی رودخانه از قبیل شکل آبراهه، هندسه آبراهه، شکل بستر و ویژگی‌های نیمرخ آن ضروری است. رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند. عواملی همچون بده جریان، بده رسوب، دانه‌بندی مواد بستر و کناره‌ها بر تغییرات مذبور اثرگذار می‌باشند. در همین راستا کلماس (۷)، مورفولوژی رودخانه را حاصل به تعادل‌رسیدن شرایط رسوب و جریان دانسته است. تحقیقات انجام‌شده توسط لین نشان می‌دهد که دبی انتقال رسوب، قطر ذرات رسوب، فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه تابع دبی جریان و شیب رودخانه است. شوم و همکاران (۱۵) از پارامتر توان رودخانه‌ای (Stream Power) که به‌صورت $\omega=\tau 0u$ یا $W=\gamma Q\frac{S}{B}$ تعریف می‌شود، برای بررسی مورفولوژی رودخانه‌ها استفاده نمودند. بررسی نتایج به‌دست‌آمده توسط شوم و خان و همچنین سایر تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که مبنای واحدی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

برای بررسی مورفولوژی رودخانه‌ها با این روش به دست نیامده است.

شوم (۱۵) بر اساس پارامترهای شیب، مقدار سینوزیته، میزان و نوع انتقال مواد رسوبی، نسبت عرض به عمق رودخانه، پایداری نسبی پلان رودخانه و نسبت بار بستر به معلق، نمودار کیفی برای بررسی وضعیت مورفولوژیکی و نحوهٔ تغییرات آن ارائه نموده است. بر اساس دیاگرام شوم بیشترین پایداری نسبی مورفولوژی در رودخانه‌های مستقیم و کمترین آن در رودخانه‌های چند شاخه است.

حسینی و همکاران (۵) پس از مقایسه وضعیت پلان رودخانه قزل‌اوزن و تعیین عرض جابجایی رودخانه در مقاطع زمانی مختلف، مناطق بحرانی تخریب یارسوبگذاری شده را مشخص نمودند. به‌موازات آن با استفاده از اطلاعاتی نظیر بافت خاک، پوشش گیاهی حاشیه رودخانه‌ی موردمطالعه و همچنین خصوصیات هیدرولیکی جریان‌های اتفاق‌افتاده، عوامل مؤثر بر فرسایش در بازه‌ی موردمطالعه را تجزیه‌وتحلیل نمودند. از عوامل هیدرولیکی مرتبط با ناپایداری کناره‌ها در طول مسیر رودخانه، به فرسایش پنجه دیواره‌ها، که ناشی از سرعت زیاد جریان در پای این دیواره‌ها و ریزش آن، و وقوع فرسایش خندقی در بالای دیواره‌ها به‌واسطه زهکشی نامناسب زمین‌های مشرف‌به رودخانه اشاره نمودند.

آندریاس و همکاران (۱) با استفاده از تکنیک سنجش از دور به مطالعه روند فرسایش در رودخانه در مسیر رودخانه گنگ در کشور بنگلادش پرداختند. آن‌ها برای این منظور از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و MSS مربوط به دوره‌های (۱۹۷۷، ۱۹۷۳، ۱۹۸۰) استفاده کردند. که در تهیه پردازش تصاویر ماهواره‌ای از واضح‌سازی تصاویر با تکنیک FCC (False Color Composite) استفاده کردند و ترکیب باندهای ۵-۷-۴ برای تصاویر MSS و ۴-۳-۲ و ۷-۵-۴ برای تصاویر TM اعمال شد. تحقیق آن‌ها جابجایی متناوب سواحل جانبی این رودخانه را نشان داد.

سارکر و همکاران (۱۴) درزمینه شناسایی تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها با استفاده از RS اقداماتی را بر روی رودخانه Gorai بنگلادش انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از سه دوره زمانی ۱۵ساله تصاویر Landsat، و در نظر داشتن خصوصیات هیدرولیکی جریان نظیر حجم جریان سالانه عبور کرده و مشخصات مورفولوژیکی رودخانه نظیر میزان جابجایی مئاندرهای رودخانه، تغییرات پلان حادث‌شده در رودخانه را مشخص و اندازه‌گیری نمودند. درنهایت روابطی مابین دبی جریان‌های اتفاق افتاده و درجه سینوزیته رودخانه ارائه کردند.

دونگو و همکاران (۳) درباره آشکارسازی تغییرات خط ساحلی دلتای رودخانهٔ زرد چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق شش سری تصاویر ماهواره‌ای TM و MSS استخراج شد و برای طبقه‌بندی آنها از روش طبقه‌بندی نظارت نشدهٔ تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. نتایج پژوهش یانگ نشان داد رودخانه از حالت شریانی مستقیم به مئاندری ضعیف تغییر شکل داده است.

ساندرا (۱۳) در بررسی خود، تغییرات کانال رودخانه‌های Tay و Tummel را در اسکاتلند در شرایط کوتاه و میان‌مدت با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی بررسی کرد و نتیجه گرفت در شرایط میان‌مدت، میانگین عرض کانال رودخانه‌ها، و در شرایط کوتاه‌مدت روند تغییر شکل رودخانه‌ها کاهش‌یافته است.

نجابت (۹)، در مقاله‌ای با عنوان بررسی توسعه فرسایش کناره‌ای رودخانه فورگ آمریکا با پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای بیان می‌کند که تهیه نقشه‌ای از وضعیت تغییرات اراضی متأثر از جریان سیلابی رودخانه فورگ در یک دوره ۸ساله به‌روشنی فرسایش خاک را در منطقه نشان می‌دهد. بررسی تصاویر پردازش‌شده نهایی نشانگر شدت بیشتر توسعه فرسایش کناره‌ها در بیرونی‌ترین قسمت پیچان‌رود است که بیانگر حجم و شدت بالای جریان در هنگام وقوع سیل در این رودخانه می‌باشد.

جواهری و همکاران (۶) روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانهٔ کارون را بر اساس چهار سری تصاویر ماهواره‌ای Landsat و IRS بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر است و تراکم و اندازهٔ انحنای قوس‌ها به سمت پایین‌دست جابه‌جاشده است.

طلائی و همکاران (۱۶)، در پژوهشی تحت عنوان بررسی ارتباط ویژگی‌های مورفولوژیکی و پوشش گیاهی با میزان فرسایش رودخانه‌ای در حوزه قره‌سو (استان اردبیل) به‌منظور تعیین روش‌های مدیریتی مناسب، ویژگی‌های مورفولوژیکی، فرسایش و پوشش گیاهی و رابطه بین آن‌ها در رودخانه‌ها و مسیل‌ها، رودخانه‌های این حوزه را موردبررسی قراردادند. در این زمینه به‌کارگیری روش‌های بیومهندسی و مدیریت کاشت و نگهداری گونه‌های بومی و طبیعی منطقه مورد توجه قرارگرفته است.

ظهیری (۱۸)، در تحقیقی با عنوان بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه جراحی (از محل ارتباط رودخانه اعلا با رودخانه مارون تا هور شادگان) جهت مطالعه دقیق‌تر تغییرات مورفولوژیکی، رودخانه جراحی به شش بازه تقسیم و اثر عواملی از قبیل برداشت شن و ماسه از رودخانه و نیز وجود سازه‌های متقاطع با رودخانه که ازجمله عوامل انسانی مؤثر بر تغییرات مورفولوژیکی می‌باشد، مورد پژوهش قرارگرفته و در پایان مشخص شد که از بین تمامی عوامل فوق، عامل برداشت شن و ماسه بیشترین تأثیر را در تغییرات مورفولوژیکی رودخانه داشته است و وجود سازه‌های متقاطع نیز تأثیر متفاوتی بر فرسایش در بازه‌های مختلف ایفا نموده است.

غریب‌رضا و معصومی (۴)، طی تحقیقی تحت عنوان مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان با استفاده از مطالعات GIS و پیمایش‌های میدانی، واحدهای رسوبی و خصوصیات هندسی رودخانه را در بازه زمانی حدود ۳۵ سال مورد بررسی قراردادند. که بر اساس آن

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

طبقه‌بندی‌های ژئومرفولوژیکی، عرصه‌های تحت فرسایش و رسوب‌گذاری حاشیه رودخانه را معرفی کردند. ایشان با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، آمار و اطلاعات جاماب و نقشه توپوگرافی منطقه، مورفولوژی رودخانه زهره را نیز مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که از سال ۱۳۴۶ تاکنون دو مورد قطع‌شدگی کانال رودخانه رخ‌داده و تعداد پیچش‌ها از ۴۳ به ۴۸ مورد افزایش پیداکرده است. همچنین ضریب خمیدگی از ۳/۵۹ به ۳/۰۶ کاهش‌یافته و شعاع انحنای رودخانه و طول‌موج پیچش‌ها به‌ترتیب ۲۶ و ۰/۰۶ درصد افزایش پیدا کرده است.

ارشد (۲) در تحقیقی با عنوان بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور در بازه‌ای از رودخانه کارون، روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون در بازه گتوند تا ایستگاه فارسیات بر اساس چهار سری تصویر ماهواره‌ای Land sat-TM و IRS-LISS-III در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۶۹ مورد بررسی قرار داد که روش افزایش کنتراست به روش بسط خطی اشباع‌شده به‌همراه فیلترگذاری با فیلتر بارزسازی لبه به‌عنوان روشی مناسب در تعیین مرز بین آب و زمین تشخیص داده شد. نتایج نشان داد که خصوصیات قوس‌ها در طول رودخانه در حال تغییر است و مقدار جابجایی جانبی قوس‌ها در مناطقی به ۱۹۵۰ متر در طول ۱۳ سال می‌رسد.

شناخت روند تغییرات و جابجایی رودخانه در دهه‌های گذشته، جهت برنامه‌ریزی‌های آینده ضروری است. با استفاده از امکانات سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی با حداقل هزینه کرد و در کمترین زمان ممکن می‌توان به این اهداف رسید. در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از نتایج کلیه تحقیقات انجام‌شده، و باهدف بررسی روند تغییرات مورفولوژی در بازه‌ای از رودخانهٔ قزل‌اوزن، به بررسی مشخصات هندسی رودخانه، که هرساله دچار فرسایش کناره‌ای و تخریب اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه می‌گردند، با استفاده از بررسی‌های میدانی و کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور و نرم‌افزار ARC GIS پرداخته‌شده است.

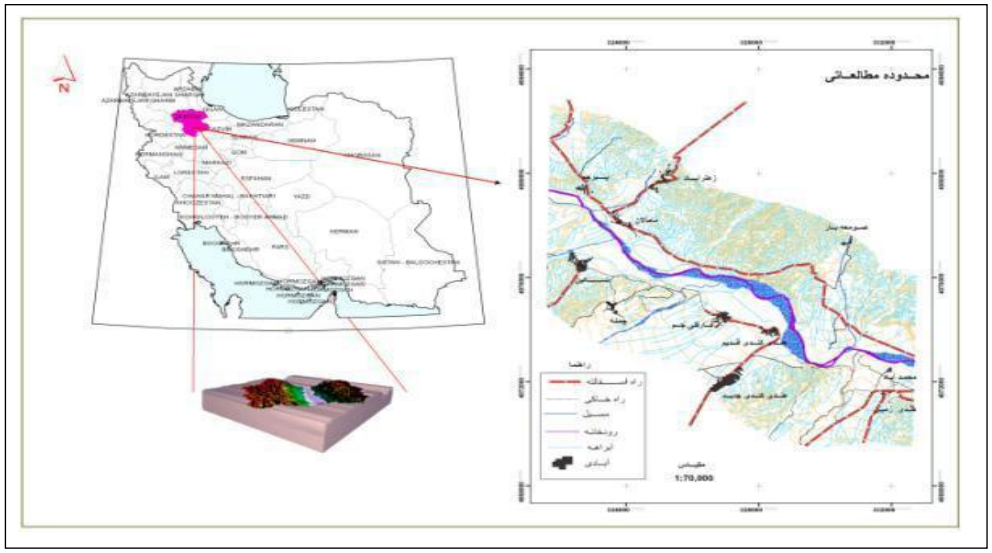
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانهٔ بزرگ قزل‌اوزن یکی از دو شاخهٔ مهم سفیدرود است، که آب‌های مناطق وسیعی از استان‌های کردستان، همدان، اردبیل، آذربایجان و زنجان را پس از طی مسافتی حدود ۶۶۰ کیلومتر، جمع‌آوری نموده و در محل سد منجیل به‌همراه رودخانه شاهرود به سفیدرود می‌پیوندد. رودخانهٔ قزل‌اوزن از سه بخش فوقانی، میانی و پایانی تشکیل‌شده است. بخش تحتانی رودخانه قزل‌اوزن در امتداد رشته‌کوه‌های البرز قرار داشته و از میان دره طویلی در امتداد جنوب شرقی به سمت منجیل جریان می‌یابد.

محدوده موردپژوهش به‌طول تقریبی ۱۵ کیلومتر، در بخش پایانی رودخانهٔ قزل‌اوزن، بین ′۰۷، °۴۹ تا ′۰۸، °۴۹ طول شرقی و ′۴۵، °۳۶ تا ′۵۳، °۳۶ عرض شمالی واقع شده است که بین روستای گیلوان تا روستای پیرچم قرار دارد. آبدهی قزل‌اوزن در ایستگاه گیلوان و در یک دورهٔ ۳۶ساله به‌طور متوسط ۳۹۶۵ میلیون مترمکعب در سال و متوسط آبدهی لحظه‌ای آن ۱۱۱/۱ مترمکعب در ثانیه و حداکثر آبدهی لحظه‌ای آن تا ۶۱۷ مترمکعب در ثانیه اندازه‌گیری گردیده است. نتایج تحلیل سیل نشان می‌دهد مقادیر سیل با دوره برگشت ۱۰۰ و۵۰۰ ساله در این ایستگاه به‌ترتیب برابر با ۱۱۴۷ و ۱۴۵۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

با توجه به بازدیدهای میدانی و مشاهده تغییرات مورفولوژیکی صورت‌گرفته، این بازه از رودخانه جهت بررسی علل تغییرات مورفولوژیکی انتخاب گردید. شکل یک موقعیت محدوده مورد پژوهش را در کشور و استان نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد پژوهش در کشور و استان
Figure 1. Location of the research area in the country and province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

پس از تهیه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹، پردازش‌های اولیه نظیر زمین مرجع‌نمودن با خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) کمتر از ۰/۵، در محیط Arc GIS، انجام گردید. در مرحله بعد محدوده‌های انواع اراضی با استفاده از روش Screen (On digitizing) تعیین گردید و نسبت به ترسیم پلان آبراهه در دو جناح چپ و راست اقدام گردید. با روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها، روند تغییرات بستر و تحول مرفولوژی رودخانه در مقاطع مختلف زمانی تعیین گردید. به‌منظور کمی‌نمودن میزان توسعه پیچان‌رودی رودخانه‌های آبرفتی و تعیین الگوی رفتاری و تغییرات آن در طول زمان، باید مشخصات هندسی رودخانه‌ها نظیر زاویه مرکزی، شعاع پیچان‌رود، طول موج، طول دره و ضریب خمیدگی اندازه‌گیری و تجزیه‌وتحلیل شود، تا بتوان تغییرات ایجادشده در مسیر رودخانه را طی گذشت زمان مشخص نمود. در خصوص بررسی بهتر وضعیت مورفولوژی رودخانه، تشریح و مقایسه مشخصات هندسی اندازه‌گیری‌شده، با توجه به تغییرات پلان رودخانه قزل‌اوزن، محدوده‌ی موردپژوهش به ۱۰ بازه تقسیم شد، بطوریکه بازه‌های شماره ۱، ۵ و ۱۰ نیز خود به زیر بازه‌های کوچک‌تر تقسیم گردیدند. به‌منظور تحلیل‌های کمی در هریک از بازه‌ها، پارامترهای هندسی نظیر طول پیچان‌رود، ضریب سینوسی، زاویه مرکزی، شعاع و شعاع نسبی پیچان‌رودها در دو دوره زمانی ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۹ (دوره زمانی مصوب طرح تحقیقاتی) با ترسیم دایره‌های مماس بر پیچان‌رودها، اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفتند.

ضریب پیچشی(ضریب سینوسی) که نسبت طول دره به طول‌موج هر پیچان‌رود بوده، یکی از معیارهای کمی است که در تقسیم‌بندی شکل رودخانه استفاده شد. این پارامتر نشان‌دهنده نسبت طول خط محور رودخانه به طول دره یا طول خم رودخانه است و میزان تکامل پیچ‌ها را نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی تغییرات مرفولوژی از ضریب سینوسی که توسط مولارد در سال۱۹۷۳ ارائه نمود استفاده گردید.

$$P= LC/\lambda \quad (۱)$$

P: ضریب سینوسی شدن آبراهه

LC: طول بستر در مسیر مئاندر

λ: طول محور مئاندر

با کاربرد این رابطه چنانچه ضریب سینوسی‌شدن (p) برابر یک باشد، بستر رودخانه دارای شکل مستقیم است و چنانچه ضریب سینوسی‌شدن (p) معادل ۱/۵ باشد، شکل بستر در بین دو حالت مستقیم و مئاندری در حال تغییر است. اگر این ضریب ۳ یا بیشتر باشد، شکل بستر کاملا مئاندری است. گفتنی است لئوپولد و ولمن (۸) در تحلیل تعدادی از رودخانه‌های آمریکا بیان داشتند که مقدار ضریب پیچشی، می‌تواند از ۱ تا ۲/۸ تغییر کند. والفرت (۱۷) نیز برحسب میزان ضریب پیچشی چهار نوع رودخانه را به‌شرح جدول یک تقسیم‌بندی نموده است.

در مطالعه و بررسی رودخانه‌های پیچان‌رودی، به‌منظور کمی نمودن میزان توسعه پیچان‌رودی رودخانه‌های آبرفتی و تعیین الگوی رفتاری و تغییرات آن در طول زمان، باید مشخصات هندسی رودخانه نظیر زاویه مرکزی، شعاع پیچان‌رود، طول موج، طول دره و ضریب خمیدگی اندازه‌گیری و تجزیه‌وتحلیل شود، تا بتوان تغییرات ایجادشده در مسیر رودخانه را طی گذشت زمان مشخص نمود. بر این اساس با استفاده از مسیرهای ترسیمی، تغییرات مکانی مسیر رودخانه درگذشته و حال مشخص و نسبت به هم مقایسه شدند. شکل ۲ نحوه بازه‌بندی رودخانه قزل‌اوزن جهت استخراج پارامترهای ریخت‌شناسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تقسیم‌بندی رودخانه برحسب ضریب پیچشی

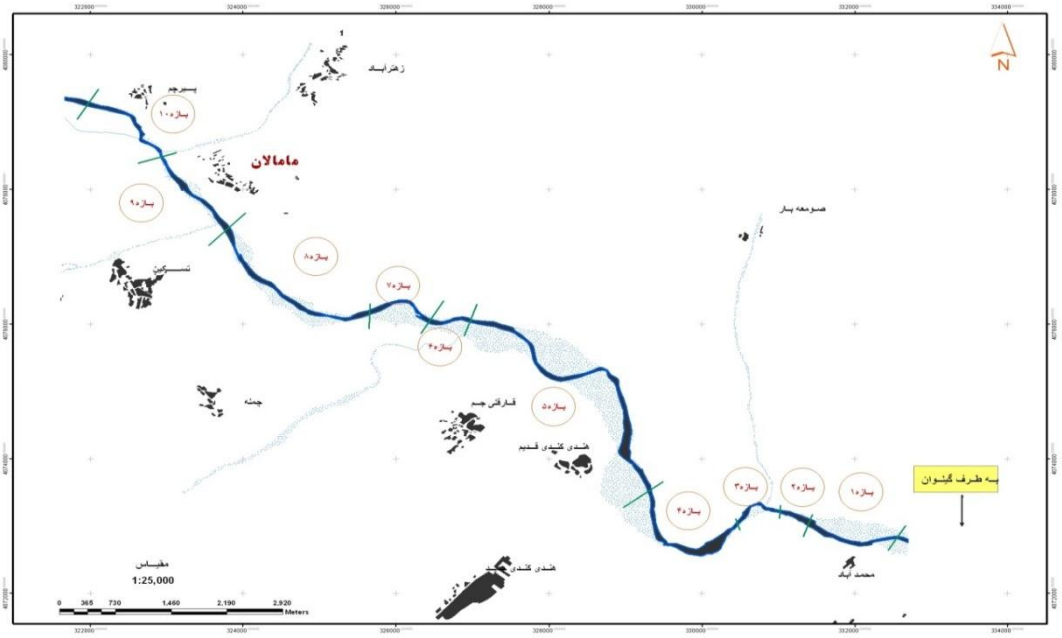
Table 1. River Classification by meandering coefficient

ضریب پیچشی	۱ – ۱/۰۵	۱/۰۶ – ۱/۲۵	۱/۲۵ – ۲	> ۲
شمای رودخانه				
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچانرودی	پیچانرودی شدید

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]



شکل ۲- نحوهٔ بازه‌بندی رودخانهٔ قزل‌اوزن جهت استخراج پارامترهای ریخت‌شناسی
Figure. 2. Distribution of Ghezel_Ouzan River to extract morphological parameters

نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبات پارامترهای هندسی و مورفولوژیکی در بازه‌های مختلف از رودخانه قزل‌اوزن، طی سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ با استفاده از عکس‌هایی هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در جداول ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

جدول ۲ – نتایج پارامترهای ریخت‌شناسی رودخانهٔ قزل‌اوزن در بازه‌های موردپژوهش در سال ۱۳۴۷ با استفاده از عکس‌هایی هوایی ۱:۲۰۰۰۰
Table 1. The results of morphological parameters of the Ghezel_Ouzan River in the studied basins in 1968 using aerial photos of 1: 20000

بازه	زیر بازه	فاصله از مبدأ (کیلومتر)		مختصات انتهای بازه		طول کمان (متر)	طول مستقیم کمان (متر)	طول رودخانه (متر)	زاویه قوس (درجه)	عرض (متر)	شعاع (متر)
		انتها	ابتدا	X	y						
۱	۱-۱	۰/۶۵	۰	۳۳۲۶۴۲	۴۰۷۲۷۶۱	۶۵۸/۲	۶۱۹/۵	۶۵۴/۲	۶۹	۵۸	۳۴۳/۹
	۱-۲	۱/۱۱	۰/۶۵	۳۳۲۲۱۹	۴۰۷۲۷۰۸	۰	۰	۴۵۶/۲	۰	۵۱	۰
۲	۲	۱/۶۱	۱/۱۱	۳۲۳۷۸۳	۴۰۷۷۴۳۰	۰	۰	۴۹۸/۸	۰	۴۶	۰
۳	۳	۲/۳۱	۱/۶۱	۳۲۵۶۶۹	۴۰۷۶۱۴۰	۷۳۲	۵۶۶/۹	۶۹۷/۳	۱۳۹	۶۹	۲۳۳/۹
۴	۴	۴/۰۷	۲/۳۱	۳۲۶۳۸۸	۴۰۷۶۰۴۵	۱۷۸۹	۱۲۴۸/۸	۱۷۶۰/۲	۱۶۲	۷۶	۵۰۳/۱
	۵-۱	۴/۲۱	۴/۰۷	۳۲۹۰۴۱	۴۰۷۴۰۲۷	۰	۰	۱۴۳/۹	۰	۶۲	۰
	۵-۲	۴/۶۹	۴/۲۱	۳۲۸۹۱۴	۴۰۷۴۹۸۴	۴۸۶	۳۵۹/۷	۴۸۰/۸	۱۵۵	۶۰	۱۷۱/۱
	۵-۳	۵/۹۸	۴/۶۹	۳۲۸۷۱۰	۴۰۷۵۳۰۴	۰	۰	۱۲۹۲/۹	۰	۵۷	۰
۵	۵-۴	۶/۶۵	۵/۹۸	۳۲۸۱۲۷	۴۰۷۵۱۵۴	۵۷۰/۵	۵۴۵/۵	۶۶۳/۶	۸۶	۵۵	۲۲۲/۵
	۵-۵	۷/۲۵	۶/۶۵	۳۲۷۸۳۷	۴۰۷۵۴۴۳	۰	۰	۵۹۸/۱	۰	۵۹	۰
	۵-۶	۷/۸۴	۷/۲۵	۳۲۷۷۲۸	۴۰۷۵۶۸۷	۵۹۸	۵۸۳/۱	۵۹۵	۴۴	۶۱	۴۷۵/۹
	۵-۷	۸/۳۱	۷/۸۴	۳۲۷۲۶۴	۴۰۷۵۹۶۶	۰	۰	۴۶۸/۲	۰	۵۴	۰
۶	۶	۸/۸۵	۸/۳۱	۳۲۸۹۶۰	۴۰۷۴۰۸۸	۰	۰	۵۳۵/۹	۰	۵۱	۰
۷	۷	۹/۷۲	۸/۸۵	۳۲۹۲۰۳	۴۰۷۳۱۳۸	۹۱۵/۲	۷۲۸/۹	۸۷۹/۳	۱۳۰	۶۳	۳۹۷/۵
۸	۸	۱۲/۲۶	۹/۷۲	۳۳۰۴۷۳	۴۰۷۳۰۴۱	۲۶۴۰/۵	۲۱۳۰/۸	۲۵۳۳/۳	۱۲۷	۷۵	۱۱۹۹/۹
۹	۹	۱۳/۷۵	۱۲/۲۶	۳۳۱۴۳۸	۴۰۷۳۰۶۰	۰	۰	۱۴۹۵/۷	۰	۶۸	۰
۱۰	۱۰-۱	۱۴/۰۹	۱۳/۷۵	۳۳۲۹۲۸	۴۰۷۸۵۵۷	۲۳۵/۷	۲۱۲/۴	۳۳۷/۸	۹۰	۵۹	۱۲۵/۸
	۱۰-۲	۱۴/۵۹	۱۴/۰۹	۳۳۲۵۲۱	۴۰۷۹۰۹۰	۵۴۲/۴	۴۸۳/۸	۵۰۲/۸	۹۴	۵۲	۳۶۰/۴
	۱۰-۳	۱۵/۳۲	۱۴/۵۹	۳۳۱۷۲۵	۴۰۷۹۳۳۹	۰	۰	۷۲۱/۱	۰	۵۴	۰

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

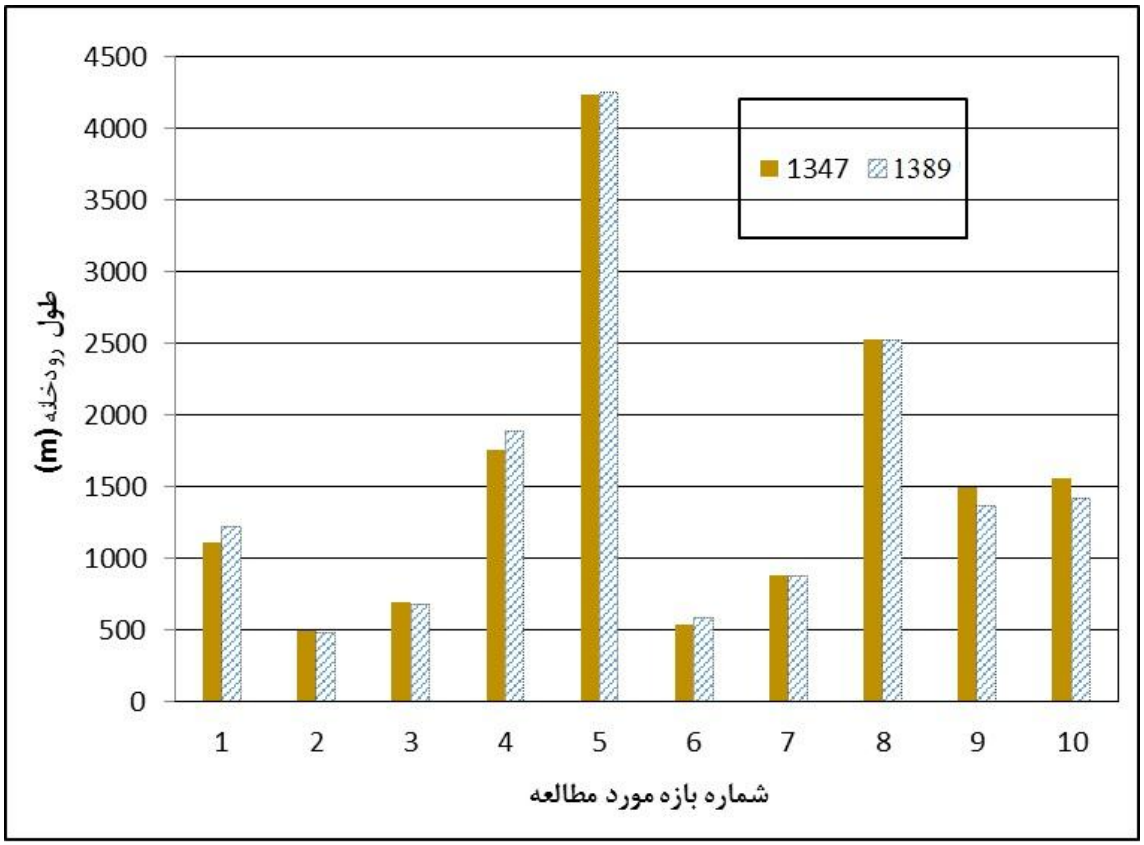
جدول ۳- نتایج پارامترهای ریخت‌شناسی رودخانهٔ قزل‌اوزن در بازه‌های مورد پژوهش در سال ۱۳۸۹ شمسی (۲۰۱۰ میلادی) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

Table 3. The results of morphological parameters of the Ghezel_Ouzan River in the studied basins in 2010 using satellite imagery

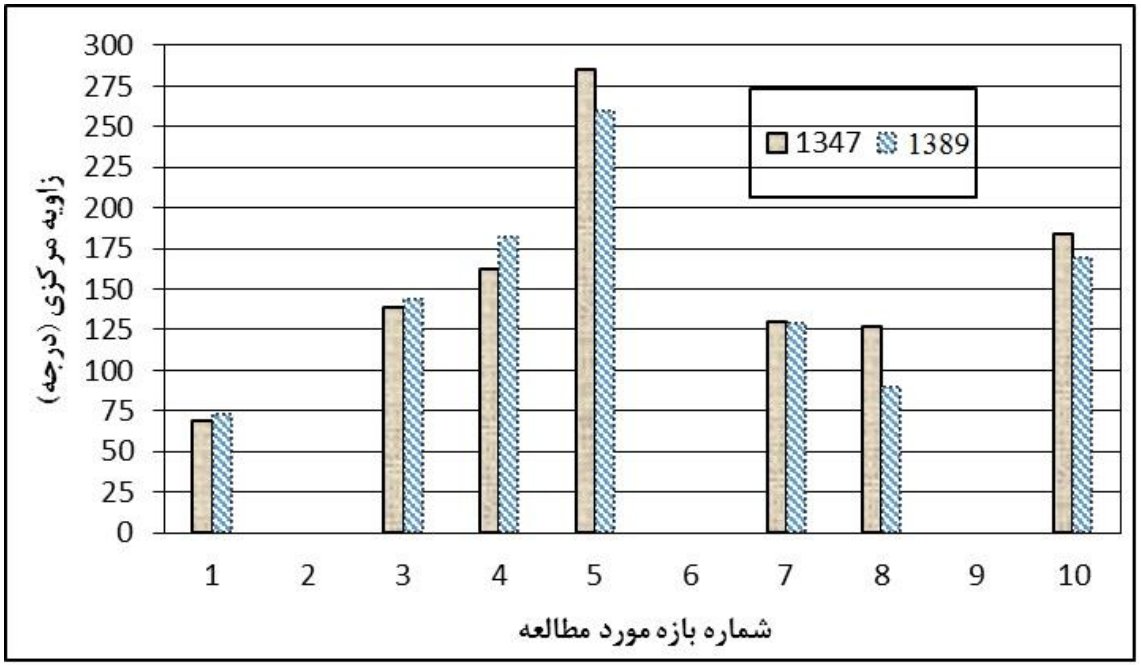
بازه	زیر بازه	فاصله از مبدأ (کیلومتر)		مختصات انتهای بازه		طول کمان (متر)	طول مستقیم کمان (متر)	طول رودخانه (متر)	زاویه قوس (درجه)	عرض (متر)	شعاع (متر)
		انتها	ابتدا	X	y						
۱	۱	۱/۲	۰	۳۲۲۹۳۹	۴۰۷۸۴۹۲	۱۲۱۷/۵	۱۱۳۹/۹	۱۲۱۹/۲	۷۳	۵۶	۵۸۵/۶
۲	۲	۱/۷	۱/۲	۳۲۳۷۸۳	۴۰۷۷۴۳۰	۰	۰	۴۸۰/۳	۰	۶۶	۰
۳	۳	۲/۴	۱/۷	۳۲۵۶۶۹	۴۰۷۶۱۴۰	۶۹۷/۱	۵۳۱/۱	۶۸۳/۶	۱۴۴	۴۵	۲۴۳/۵
۴	۴	۴/۳	۲/۴	۳۲۶۳۸۸	۴۰۷۶۰۴۵	۱۸۳۹/۷	۱۲۲۷/۳	۱۸۹۲/۸	۱۸۲	۹۲	۵۶۹/۳
۵	۱-۵	۵/۹	۴/۳	۳۲۹۰۴۱	۴۰۷۴۰۲۷	۰	۰	۱۶۶۳/۳	۰	۷۶	۰
	۲-۵	۶/۷	۵/۹	۳۲۸۷۱۰	۴۰۷۵۳۰۴	۷۴۹/۵	۵۷۱/۷	۷۴۶/۲	۱۴۲	۷۵	۱۸۵/۶
	۳-۵	۷/۶	۶/۷	۳۲۷۸۳۸	۴۰۷۵۴۴۳	۸۷۸/۹	۷۳۷/۵	۸۸۵/۹	۱۱۸	۷۴	۲۵۰/۶
	۴-۵	۸/۵	۷/۶	۳۲۷۲۴۶	۴۰۷۵۹۶۶	۰	۰	۹۵۳/۵	۰	۷۰	۰
۶	۶	۹/۱	۸/۵	۳۲۸۹۶۰	۴۰۷۴۰۸۸	۰	۰	۵۸۶/۷	۰	۵۵	۰
۷	۷	۹/۹	۹/۱	۳۲۹۲۰۳	۴۰۷۳۱۳۸	۸۹۳/۷	۷۲۲/۲	۸۸۲/۲	۱۲۹	۵۸	۲۹۸/۲
۸	۸	۱۲/۵	۹/۹	۳۳۰۴۷۳	۴۰۷۳۰۴۱	۲۵۳۲/۷	۲۲۸۲/۱	۲۵۲۸/۱	۹۰	۶۵	۱۱۲۳/۲
۹	۹	۱۳/۹	۱۲/۵	۳۳۱۴۳۸	۴۰۷۳۰۶۰	۰	۰	۱۳۷۰/۷	۰	۶۵	۰
۱۰	۱-۱۰	۱۴/۲	۱۳/۹	۳۲۲۹۲۸	۴۰۷۸۵۵۷	۰	۰	۳۰۲/۱	۰	۴۷	۰
	۲-۱۰	۱۴/۴	۱۴/۲	۳۲۲۵۲۱	۴۰۷۹۰۹۰	۲۲۷/۴	۱۹۹/۷	۲۲۰/۴	۱۰۰	۴۷	۱۱۶/۷
	۳-۱۰	۱۵/۳	۱۴/۴	۳۲۱۷۲۵	۴۰۷۹۳۳۶	۷۲۳/۸	۶۷۸/۸	۸۹۳/۱	۶۹	۴۶	۳۲۶

بررسی‌ها نشان داد تعداد پیچان‌رودهای قزل‌اوزن در محدوده مورد پژوهش از ۱۹ پیچان‌رود در سال ۱۳۴۷ به ۱۵پیچان‌رود در سال ۱۳۸۹ کاهش‌یافته است. این موضوع نشان‌دهنده حذف ۴ پیچان‌رود در طول ۴۲ سال در طول ۱۵ کیلومتر از محدوده مورد بررسی می‌باشد. بخش عمده‌ای از پیچان‌رودهای حذف‌شده در محدوده میانی (بازه ۵) که دارای شیب طولی بیشتری بوده، قرار داشته و تعداد پیچان‌رودهای حذف‌شده در سایر بخش‌های ابتدایی و انتهایی چندان زیاد نبوده است. فاصله طولی دو پیچان‌رود متناوب نسبت به هم در سال ۱۳۴۷ به‌مراتب کمتر از سال ۱۳۸۹ است. بیشترین فراوانی زاویهٔ مرکزی در قزل‌اوزن (۴۰٪) در دسته ۱۵۸-۸۵ درجه‌ای قرار می‌گیرد که مربوط به حالت پیچان‌رودی توسعه‌یافته است. بیشترین مقدار زاویه در سال۱۳۴۷ حدود ۲۸۵ درجه، و در سال ۱۳۸۹ حدود ۲۶۰ درجه می‌باشد، (شکل ۴).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]



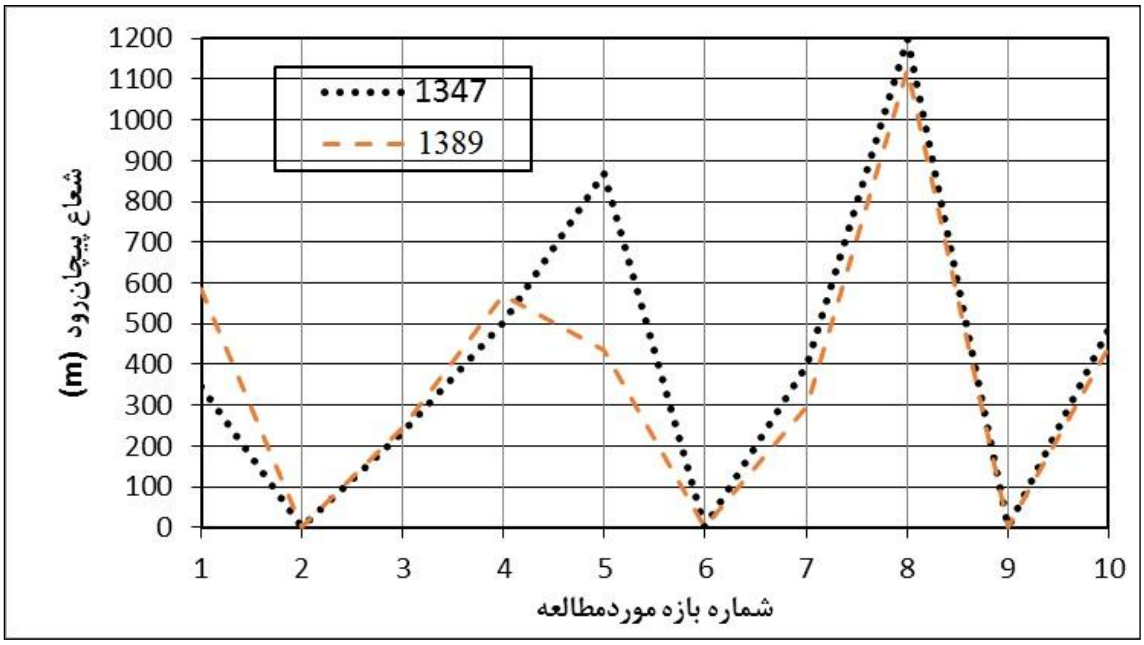
شکل ۳- مقایسه تغییرات طول خط مرکزی طی دوره زمانی ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹
Figure. 3. Comparison of changes in the length of the central line during the period of 1968 and 2010



شکل ۴- نمایش تغییرات زاویه مرکزی رودخانه قزل‌اوزن در بازه‌های مختلف در سال‌های ۱۳۴۷و ۱۳۸۹
Figure. 4. Showing changes of the central angle of the Ghezel_Ouzan River in different periods in 1968 and 2010

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

بررسی نتایج نشان داد در سال ۱۳۴۷ شعاع حدود ۸۵٪ از حلقه‌ها بزرگ‌تر از۲۰۰ متر می‌باشد و ۱۵٪ حلقه‌ها، شعاع بیشتر از ۵۰۰ متر دارند. بیشینه اندازه شعاع در این سال، ۱۲۰۰ متر است. لذا در سال ۱۳۸۹ حدود ۵۸٪ از حلقه‌ها بزرگ‌تر از ۲۰۰ متر می‌باشند، و در ۴۲٪ حلقه‌ها، شعاع بیشتر از ۵۰۰ متر است. بیشینه اندازه شعاع نیز، ۱۱۲۳ متر می‌باشد (شکل ۵). همان‌طور که ملاحظه می‌شود در قسمت انتهای بازه‌ی مورد پژوهش، شعاع‌های بزرگ‌تر بیشتر به‌چشم می‌خورد و علت این امر، فرسایش‌پذیری کناره رودخانه است که در بازه دشت سیلابی قرار دارد.



شکل ۵- تغییرات شعاع پیچان‌رودهای محدوده موردپژوهش رودخانه قزل‌اوزن در طی سال‌های۱۳۴۷ و ۱۳۸۹
Figure 5. Changes in the radius of waves in the research area of Ghezel_Ouzan River during the years 1968 and 2010

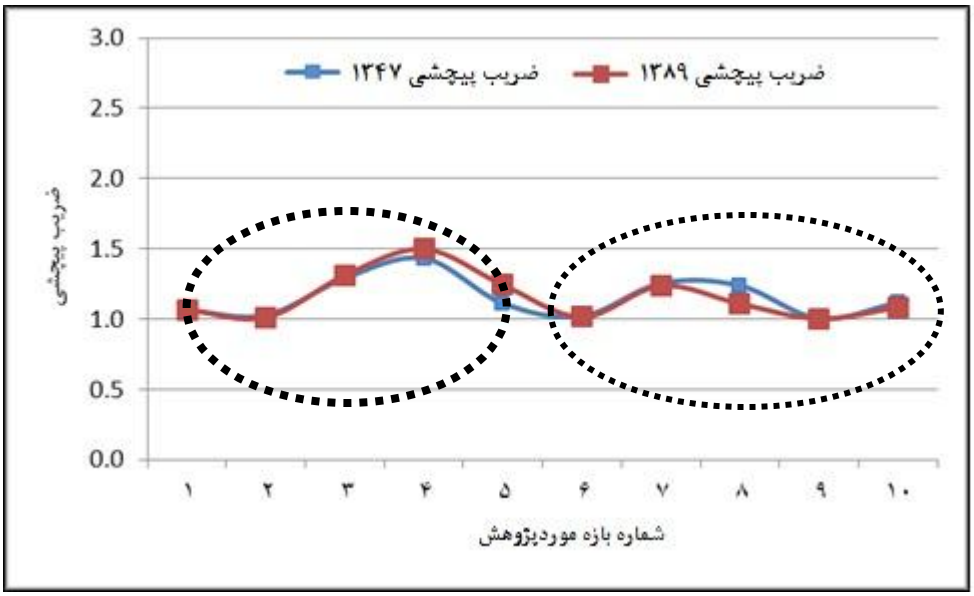
شاخص پیچان‌رودی (سینوسی یا ضریب پیچشی)

خلاصه نتایج بررسی نوع بازه‌های موردپژوهش در رودخانه قزل‌اوزن بر اساس ضریب پیچشی در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ در جدول ۴ و شکل ۶ ارائه گردیده است.

جدول ۴- خلاصهٔ نتایج بررسی نوع بازه‌های موردپژوهش در رودخانه قزل‌اوزن بر اساس ضریب پیچشی در سال‌های ۱۳۴۷و ۱۳۸۹
Table 4. Summary of Ghezel_Ouzan River results based on Meandering coefficient in different intervals in the years 1968 and 2010

بازه موردپژوهش	ضریب پیچشی ۱۳۴۷	ضریب پیچشی ۱۳۸۹	نوع رودخانه بر اساس ضریب پیچشی ۱۳۴۷	نوع رودخانه بر اساس ضریب پیچشی ۱۳۸۹
۱	۱/۰۶	۱/۰۷	سینوسی	سینوسی
۲	۱/۰۳	۱/۰۱	مستقیم	مستقیم
۳	۱/۲۹	۱/۳۱	پیچان‌رودی	پیچان‌رودی
۴	۱/۴۳	۱/۵۰	پیچان‌رودی	پیچان‌رودی
۵	۱/۱۱	۱/۲۴	سینوسی	سینوسی
۶	۱/۰۲	۱/۰۲	مستقیم	مستقیم
۷	۱/۲۶	۱/۲۴	پیچان‌رودی	سینوسی
۸	۱/۲۴	۱/۱۱	سینوسی	سینوسی
۹	۱	۱	مستقیم	مستقیم
۱۰	۱/۱۲	۱/۰۸	سینوسی	سینوسی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]



شکل ۶- تغییرات ضریب پیچشی کل پیچان‌رودهای رودخانه قزل‌اوزن در سال‌های ۱۳۴۷و ۱۳۸۹
Figure. 6. Changes in the Meandering coefficient of the whole Ghezel_Ouzan River waves in the years 1968 and 2010

با توجه به جدول ۴ دامنه تغییرات ضریب پیچشی محدوده مطالعاتی رودخانه قزل‌اوزن، بین ۱ تا ۱/۵ در نوسان بوده، و تقریباً ۸۵ درصد پیچان‌رودها در محدوده ضریب پیچشی ۱/۰۶ تا ۱/۵ قرارگرفته‌اند. بر این اساس رودخانه قزل‌اوزن در دو دوره ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ در گروه رودخانه پیچان‌رودی قرار می‌گیرد. در محدوده بازه ۷ الگوی رودخانه در حال گذر از حالت پیچان‌رودی به سمت سینوسی و در پاره‌ای از بخش‌ها به سمت مستقیم متمایل است.

بررسی نمودارهای ترسیمی نشان داد که در سال ۱۳۸۹ نوسان و تغییر ضریب پیچشی رودخانه قزل‌اوزن در بخش‌های انتهایی (بازه‌های ۷ و ۸) کمتر شده که علت آن حذف تعدادی از پیچان‌رودهای رودخانه و به طبع، تغییرات ایجادشده در مورفولوژی رودخانه قزل‌اوزن در طول ۴۲ سال گذشته است.

بررسی مقایسه ضریب پیچشی در سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۹ نشان‌دهنده نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه قزل‌اوزن در کل محدوده مطالعاتی در دو دوره زمانی است. این شکل به‌خوبی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۴۷ در محدوده روستای گیلوان تا حوالی روستای قارقلی چم (پیچان‌رودهای شماره یک تا ۶) نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه بالا بوده است. در سال ۱۳۸۹ در همین محدوده نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه بیشتر شده است. نوسانات ضریب پیچشی رودخانه در سال ۱۳۸۹ در بازه‌های ۷, ۸ ,۹ و ۱۰ نسبت به سال ۱۳۴۷ کاهش پیداکرده است. علت کاهش نوسانات ضریب پیچشی رودخانه به‌دلایل تغییرات کاربری اراضی و تغییر الگوی کشت می‌باشد.

نتایج بررسی رودخانه قزل‌اوزن از نظر شکل ظاهری نشان داد که بازه مورد مطالعه طبق نظر پترسون (۱۰)، جزء رودخانه‌های جوان و پویا است. ناپایدارترین بازهٔ قزل‌اوزن در ناحیه چندشاخگی آن‌که در بازه ۵ قرار دارد، دیده شد. کاهش شیب بستر و کم‌شدن توان هیدرولیکی رودخانه سبب ایجاد پدیدهٔ چندشاخگی در این بازه شده است.

بررسی تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن مشخص نمود که رودخانه قزل‌اوزن در ۹/۹۵ کیلومتر از محدوده‌ی موردپژوهش حالت سینوسی و پیچان‌رودی دارد و طبق نظریه والفرت (۱۷) دارای ضریب پیچشی بیشتر از ۱/۰۵ می‌باشد. بر این اساس رودخانه قزل‌اوزن در دو دوره ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ در گروه رودخانه پیچان‌رودی قرار دارد. در بازه ۷ الگوی رودخانه در حال گذر از حالت پیچان‌رودی به سمت سینوسی و در بعضی مناطق مستقیم است. دامنه تغییرات ضریب پیچشی محدوده مطالعاتی رودخانه قزل‌اوزن بین یک و ۱/۵ در نوسان بوده، تقریباً ۸۵ درصد پیچان‌رودها در محدوده ضریب پیچشی ۱/۰۶ تا ۱/۵ قرارگرفته‌اند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

شکل ۷- مقایسه بازه ۵ در دو مقطع زمانی (عکس سمت راست، سال ۱۳۸۹ و عکس سمت چپ، سال ۱۳۴۷)
Figure. 7. Comparison of the basin 5 at two time period (right photo, 2010, and left photo, 1968)

نتایج نشان داد ضریب پیچشی در بازهٔ بالادست ۷ و ۸ و۱۰ بیش از ناحیه پایین‌دست و مجاور روستای گیلوان است. دلیل این امر نه به خاطر فرسایش رودخانه‌ای، بلکه بدین‌علت است که رودخانه در مسیر پرپیچ‌وخم که از روند گسل‌ها و شکاف‌های تکتونیکی تبعیت می‌کند جریان دارد. با مقایسه خط مرکزی رودخانه در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ ملاحظه گردید که حالات مختلف فرسایش ساحلی و میان‌بری در حلقه‌های مئاندر وجود دارد. از عوامل هیدرولیکی مرتبط با ناپایداری کناره‌ها در طول مسیر رودخانه، می‌توان به فرسایش پنجه دیواره‌ها، که ناشی از سرعت زیاد در پای این دیواره‌ها و ریزش آن می‌باشد، و وقوع فرسایش خندقی در بالای دیواره‌ها به‌واسطه زهکشی نامناسب زمین‌های مشرف‌به رودخانه اشاره نمود. مقایسه نتایج با سایر تحقیقات انجام‌شده نشان داد متوسط اندازه ذرات حمل‌شده به پایین‌دست کاهش‌یافته و بیشتر ذرات در بالادست ترسیب می‌گردند. از طرفی روابط نمایی، بهترین معادله را برای بیان ژئومتری کانال در رودخانه مورد پژوهش به‌دست می‌دهند. در تحقیقات رورده و همکاران (۱۲)، با استفاده از عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای ماهیت، مکان و زمان وقوع تغییرات جانبی آبراهه بابلرود را تعیین نمودند. نتایج این تحقیق، بر تغییرات شدید در آبراهه طی ۶۰ سال گذشته بواسطه حذف کاربری‌های بایر و کم‌شدن مساحت سایر کاربری‌ها به نفع کاربری مسکونی با نوسان در میزان دبی و رسوب رودخانه دلالت دارد.

پیروان و همکاران (۱۱) نیز که تغییرات مورفولوژی بخش پایانی قزل‌اوزن از محل سد استور تا سد سفیدرود در طی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۷۱ به طول تقریبی ۱۹۵ کیلومتر را بررسی نمودند، تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن نشان داد متوسط طول‌موج، شعاع و طول قوس در بازه دشت سیلابی بیشتر است و این امر حاکی از قدرت تحرک رودخانه در بستر و کناره‌های آبرفتی و مارنی فرسایش‌پذیر خود می‌باشد. همچنین ملاحظه شد که مقادیر متوسط زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی در بازهٔ کوهستان بیشتر بوده که با تحقیقات حاضر همخوانی دارد.

نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد حریم بستر رودخانه در ۴۲ سال گذشته هم ازنظر وسعت و هم ازنظر مورفولوژی دستخوش تغییر شده است. نتایج نشان داد مساحت حریم بستر در سال پایه ۱۳۳۴ معادل ۵۶۱۱۴۵۲ مترمربع بوده و مطابق نقشه حریم بستر در سال ۱۳۴۷، وسعت حریم بستر به ۴۸۲۱۷۹۵ مترمربع، معادل ۱۴/۱ درصد کاهش نشان پیدا کرده است.

قدرت هیدرودینامیکی رودخانه قزل‌اوزن بسیار کمتر از آن است که بتواند سنگ‌های بسیار سخت مسیر خود را در بازهٔ کوهستانی فرسایش دهد. ناپایدارترین بازهٔ قزل‌اوزن در ناحیه چندشاخگی هزاردره دیده می‌شود. کاهش شیب رودخانه و کم شدن توان هیدرولیکی آن سبب ایجاد پدیدهٔ چندشاخگی در این بازه شده است. بیشترین مهاجرت حلقه‌های مئاندر به‌میزان ۸۵۰ متر در ناحیه هارون‌آباد تا کوه کن سفلی در پریود زمانی ۴۲ ساله اتفاق افتاده است. در این محدوده، رودخانه به شکل مئاندر کانالی مشاهده می‌شود.

نقشه مورفولوژی مسیر بستر رودخانه نشان می‌دهد رودخانه در بخش اعظمی از مسیر خود حالت مئاندری را حفظ نموده، لذا وسعت مناطق فرسایشی در مقایسه با مناطق در حال ترسیب بسیار کمتر است و فرسایش به‌صورت موضعی در قوس‌های بیرونی صورت گرفته، اما ترسیب مواد در قوس‌های داخلی پیچانرود نیز مشاهده می‌گردد.

بررسی تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن نشان داد که مقادیر متوسط طول‌موج، شعاع و طول قوس در بازهٔ دشت سیلابی بیشتر است و این امر حاکی از قدرت تحرک رودخانه در آبرفت و تشکیلات مارنی می‌باشد. ضریب سینوزیته که ازنظر پدیده‌شناسی به‌عنوان ضریب فرسایش‌پذیری حاشیه رودخانه محسوب می‌گردد، در بازهٔ سنگی نسبت به بازهٔ دشت سیلابی بیشتر است. به‌عبارت‌دیگر رودخانه در بازهٔ کوهستان در مسیر پیچ و خم‌دارتر جریان دارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از کلیه زحمات و حمایت‌های صورت گرفته توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در انجام طرح تحقیقاتی بررسی روند تغییرات پلان رودخانه‌ها با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

منابع

1. Andreas Laliberte, D. Johnson, N. Harris and G. Casady. 2001. Stream change analysis using remote sensing and Geographic Information Systems. Journal of Range Management. 54: 22-50.
2. Arshad, S., S. Moorid and H. Mirabolghasemi. 2007. Investigation of change detection in the rivers Morphologic Using RS (Karoon River Case Study). Seasonal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(6): 180-194 (In Persian).
3. Donoghue, D.N.M. and I. Shennan. 1987. A Preliminary Assessment of Landsat Thermatic Mapper Imagery for Mapping Vegetation and Sediment Distribution in the Wash Estuary. International Journal of Remote Sensing, 8: 1101-1108.
4. Gharibreza, M. and H. Masomi. 2006. Zohreh river morphology and detection in coast flat hendijan. Seventh international river engineering conference, Ahvaz, Iran, (In Persian).
5. Hosseini, S.A., M.R. Tabatabaeia and M. Habibi. 2012. Investigation of Meandering Using RS (Ghezel Ouzan River Case Study). Final report soil conservation and watershed management research institute, 274 pp (In Persian).
6. Javaheri, N., SM. Kashefipour and M. Ghomaeshi. 2004. Predicting change in the morphology of Meander Rivers (Case study of Karun River). 7th International River Engineering Seminar. Ahvaz, Iran.
7. Klemas, V., J.F. Borchardt and W.M. Treasure. 1973. Suspended Sediment Observations from ERTS-1. Remote Sensing of Environment, 2: 205- 221.
8. Leopold, L.B. and M.G. Wolman. 1991. River channel patterns-braided, meandering and straight. U.S. Geological Survey, Professional Paper, 212 pp.
9. Nejabat, M. 2003. Investigation bank erosion in Forge River using RS. Proceeding of the eighth soil science congress, Rasht, Iran.
10. Petersen, M. 1986. River Engineering; Newjersey, 580 pp.
11. Peyrovan, H.R. and M. Habibi. 2012. Investigation of hydraulic and geometric characteristics in Ghezel Ouzan River. Final report soil conservation and watershed management research institute, (In Persian).
12. Roordeh, H., Q. Lorestani and M. Cheraghi. 2016. Investigation of lateral changes of waterway and bed Babolrood in Babol city. Journal of Watershed Management Research, 7(14): 96-105 (In Persian).
13. Sandra J .2000. Medium and short-term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel, Scotland. Journal of Geomorphology, 34(Issues 3–4): 195-208.
14. Sarker, M.H, M.M. Kamal and K. Hassan. 1999. The Morphological Changes of a distributary of Ganges inresponse to the Declining Flow using Remote Sensing, Proceedings of the 20th Asian Conference on RemoteSensing, Vol.1.
15. Schum, S.A. and H.R. Khan. 1977. Experimental study of channel patterns. Geological Society of America Bulletin, 83: 1755-1770.
16. Talaei, R. and A. Hosseini. 2007. Investigation of relationship among morphological and plant cover with river erosion in Ghara-Sou (Ardabil Province). 7th International River Engineering Conference, Shahid Chamran University, Ahvaz.
17. Wolfert, H. 2001. Geomorphologic change and river rehabilitation. Case studies on lowland fluvial systems in the Netherlands. Ph.D. Thesis Universities Utrecht, Altera Scientific Contributions, 6: 200 pp.
18. Zahiri, J. and A. Jafari. 2006. Investigation of change detection in Jarrahi River in Iran. 7th international river engineering conference, Ahvaz, Iran, (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

Detection of River Morphological Changes Using Aerial Photographs and Multi-Time Satellite Imagery (Case Study of Part of the Ghezel_Ouzan River from Pircham Village to Gilvan Village)

Seyed Ahmad Hosseini and Mahmoud Reza Tabatabaei

1- Assistant Professor, Department of River and Coastal Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, (Corresponding author: sahosseini@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research
Received: 2 October, 2018 Accepted: 24 December, 2019

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-22]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.13.7]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.186]

Abstract

Floods cause erosion and sequestration of sedimentary material in rivers, and each of these factors causes deformation in river morphology. This change in shape annually damages the activities of the residents of the riverbank and its adjacent facilities, and it also presents problems along the river. In this regard, erodibility detection and zoning in a river is one of the issues that will be used to manage and control river erosion. This study was done on a 15 km downstream reach of Ghezel-Ozan River in north of IRAN. This part of the river in terms of geomorphology, is an alluvial river with fine to coarse bed material and due to geometric, hydraulic, geological and bed and side material conditions. Then the IRS and Landsat satellites images as well as aerial photos from 1968 to 2010, the plan and pattern of river displacement in GIS environment were investigated. In this study, after dividing the study area into 10 different intervals, the location of the riverbanks and river displacement widths at different time points, and the critical or degraded or deposited critical areas in each interval were determined. In addition, using factors such as soil moisture uptake capacity, vegetation cover and soil texture of the studied river margin as well as the hydraulic properties of the flows occurring, the factors affecting erosion at different intervals of the studied river were analyzed. Investigations of river deformation and geometrical characteristics of the river showed that the Ghezel-Ozan River at 9.95 km was in the range of sinusoidal and meandering coefficient, and approximately 85% of the windings were in the range of meandering coefficient of 1.06 to 1.5. The number of Meander in the study period has decreased from 19 Meander in 1968 to 15 Meander in 2010.
According to the criteria of the central angle arches, the most frequent central angle within this range (40%) were ranked in categories relating to meander developed 158-85, And the highest angle in 1968 is about 139 degrees and in 2010 is about 182 degrees and so this area is from the Ghezel-Ozan River, a young and dynamic Meander river. The results showed that the most unstable reach in the multi-thickness region is in the 5th reach. Decreasing the slope and decreasing the hydraulic power of the river have caused a multifaceted phenomenon in this area. The average radius of Meander was higher in 2010, due to the erosion of the riverbank, which is often alluvial and marl, indicating the radial development of Meander. Comparing the central line of the river in 1968 and 2010, it was also observed that there are different states of coastal erosion and shortening in the meander rings. Hydraulic factors associated with the instability of the banks along the river can be the erosion of the under of the walls due to the high velocity of flow at the bottom of these walls and its fall, and the occurrence of gully erosion over the walls due to inadequate drainage of farmland.

Keywords: Aerial photos, Bank erosion, Digital data, GIS and RS, Ghezel_Ouzan River Morphology