



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

سیداحمد حسینی<sup>۱</sup> محمود رضا طباطبائی<sup>۲</sup>

۱- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،  
(نویسنده مسؤول: sahosseini@yahoo.com)

۲- استادیار 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 می‌گردد و هریک از این عوامل باعث تغییر شکل در مورفولوژی رودخانه می‌شود. این تغییر شکل سالانه به فعلیت‌های ساکنان حاشیه رودخانه و تأسیسات مجاور آن صدماتی وارد نموده و در مسیر رودخانه نیز مشکلاتی به همراه می‌آورد. از این لحاظ تشخیص فرسایش پذیری و پنهانی‌بندی 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 رسوب گذاری بازه‌ای از رودخانه قزل‌اوزن، حدفاصل روستای پیرچم تا روستای گیلوان، به طول حدود ۱۵ کیلومتر، ابتدا اطلاعات مختلف هیدرولیکی، خاکشناسی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی بازه‌ی موردهای پژوهش جمع‌آوری شد و سپس توسط تصاویر ماهواره‌های IRS و نیز عکس‌های هوایی در دوره‌ی زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۴۷، 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 رسوب گذاری شده در هر بازه مشخص شدند. بهمراز آن با استفاده از اطلاعاتی نظریه‌ظرفیت 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 رودخانه قزل‌اوزن، مورد تجزیه و تحلیل 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 محدوده‌ی خوبی پیچشی ۱/۰ تا ۱/۵ قرار دارند. تعداد پیچان‌رودهای بازه‌ی موردهای پژوهش، از ۱۹ پیچان‌رود در سال ۱۳۴۷ به ۱۵ پیچان‌رود در سال ۱۳۸۹ کاهش یافته است. با توجه به معیار زاویه مرکزی قوس‌ها، بیشترین فراوانی زاویه مرکزی در این بازه (۴۰٪) در دسته ۸۵-۱۰۸ درجه‌ای قرار گرفت که مربوط به حالت پیچان‌رودی توسعه یافته است و بیشترین مقدار زاویه در سال ۱۳۴۷ حدود ۱۳۹ درجه و در سال ۱۳۸۹ حدود ۱۸۲ درجه می‌باشد و لذا این محدوده از رودخانه قزل‌اوزن، یک رودخانه متأثری جوان و پویا است. نتایج نشان داد ناپایدارترین بازه قزل‌اوزن در ناحیه چندشاخگی آن که در بازه شماره ۵ قرار دارد، دیده می‌شود. از این‌رو کاهش شبیب و کم شدن توان هیدرولیکی رودخانه سبب ایجاد پدیده چندشاخگی در این بازه شده است. متوسط شعاع حلقه‌های پیچان‌رودی در سال ۱۳۸۹ بیشتر بود و این امر ناشی از فرسایش پذیری کناره رودخانه که غالباً آبرفتی و مارنی است می‌باشد و حاکی از توسعه شعاعی حلقه‌ای پیچان‌رود است. با مقایسه خط مرکزی رودخانه در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ نیز ملاحظه گردید که حالات مختلف فرسایش ساحلی و میان‌بری در حلقه‌های متأثر وجود دارد. لذا با توجه به ارزیابی‌های 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 قوع 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

می‌باشدند. در همین راستا کلماس (۷)، مورفولوژی رودخانه را حاصل به تعادل رسیدن شرایط رسوب و جریان دانسته است. تحقیقات انجام‌شده توسط لین نشان می‌دهد که دی انقال رسوب، قطر ذرات رسوب، فرسایش و رسوب گذاری در رودخانه تابع دی جریان و شبیب رودخانه است. شوم و همکاران (۱۵) از پارامتر توان رودخانه‌ای  $W = \gamma Q \frac{S}{B}$  (Stream Power) که به صورت  $W = \tau_{0u}$  یا  $W = \tau_{0u} \cdot \omega$  تعریف می‌شود، برای بررسی مورفولوژی رودخانه‌ها استفاده نمودند. بررسی نتایج به دست آمده توسط شوم و خان و همچنین سایر تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که مبنای واحدی

### مقدمه

توجه به الگوی رودخانه در بسیاری از مسائل طراحی و مهندسی رودخانه، از جمله تعیین محل پل‌ها، محل انجام عملیات بهسازی مسیر، ایجاد تأسیساتی نظری ایستگاه پمپاژ و سایر اینیه‌های عمرانی مهم می‌باشد. برای درک بهتر مسائل هیدرولیکی رودخانه‌های آبرفتی، داشتن داشن کافی در مورد الگوی رودخانه از قبیل شکل آبراهه، هندسه آبراهه، شکل بستر و ویژگی‌های نیمچه آن ضروری است. رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند. عواملی همچون بدء رسوب، دانه‌بندی مواد بستر و کناره‌ها بر تغییرات مذبور اثرگذار

رودخانه از حالت شریانی مستقیم به مئاندری ضعیف تغییر شکل داده است.

ساندرا (۱۳) در بررسی خود، تغییرات کanal 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 کanal رودخانه‌ها، و در شرایط کوتاه‌مدت روند تغییر شکل رودخانه‌ها کاهش یافته 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 سیالابی رودخانه فورگ در یک دوره ۸ ساله بهروشی فرسایش خاک را در منطقه نشان می‌دهد. بررسی تصاویر پردازش شده نهایی نشانگر شدت بیشتر توسعه فرسایش کناره‌ها در بیرونی ترین قسمت پیچان رود است که بیانگر حجم و شدت بالای جریان در هنگام وقوع سیل در این رودخانه می‌باشد.

جواهری و همکاران (۶) روند تغییرات مورفوژیکی رودخانه 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 اندازه اangkanی قوس‌ها به سمت پایین دست جایه‌جاشده است.

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

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

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

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

شوم (۱۵) بر اساس پارامترهای شب، مقدار سینوزیته، میزان و نوع انتقال مواد رسوبی، نسبت عرض به عمق رودخانه، پایداری نسبی پلان رودخانه و نسبت بار بستر به عمق، نمودار کیفی برای بررسی وضعیت مورفوژیکی و نحوه تغییرات آن ارائه نموده است. بر اساس دیاگرام شوم بیشترین پایداری نسبی مورفوژیکی 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. به موازات آن با استفاده از اطلاعاتی نظری بافت خاک، پوشش گیاهی حاشیه رودخانه موردمطالعه و همچنین خصوصیات هیدرولیکی جریان‌های اتفاق افتاده، عوامل مؤثر بر فرسایش در بازه موردمطالعه را تجزیه و تحلیل نمودند. از عوامل هیدرولیکی مرتبط با پایداری کناره‌ها در طول مسیر رودخانه، به فرسایش پنجه دیواره‌ها، که ناشی از سرعت زیاد جریان در پای این دیواره‌ها و ریش آن، و موقع فرسایش خندقی در بالای دیواره‌ها به واسطه زهکشی نامناسب زمین‌های مشرف به 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 ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و MSS مربوط به دوره‌های (۱۹۷۷، ۱۹۷۳) استفاده کردند. که در تهیه پردازش تصاویر ماهواره‌ای False Color FCC ( ) استفاده کردند و ترکیب باندهای Composite (Composite) استفاده کردند و ترکیب باندهای ۴-۷-۵ برای تصاویر MSS و ۲-۳-۴ و ۴-۵-۷ برای تصاویر TM اعمال شد. تحقیق آن‌ها جابجایی متنابع سواحل جانبی این رودخانه را نشان داد.

سارکر و همکاران (۱۴) در زمینه شناسایی تغییرات مورفوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از RS اقداماتی را بر روی رودخانه Gorai بنگلادش انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از سه دوره زمانی ۱۵ ساله تصاویر Landsat، و در نظر داشتن خصوصیات هیدرولیکی جریان نظری حجم جریان سالانه عبور کرده و مشخصات مورفوژیکی رودخانه نظری 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 رودخانه 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 نشده تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. نتایج پژوهش یانگ نشان داد

کناره‌ای و تخریب اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه می‌گردد، با استفاده از بررسی‌های میدانی و کاربرد داده‌های سنجش از دور و نرم‌افزار ARC GIS پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

رودخانه بزرگ قزل‌اوزن یکی از دو شاخه 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 به همراه رودخانه شاهروд به سفیدرود می‌پیوندد. رودخانه قزل‌اوزن از سه بخش فوچانی، میانی و پایانی تشکیل شده است. بخش تحتانی رودخانه قزل‌اوزن در امتداد رشته کوه‌های البرز قرار داشته و از میان دره طوبی در امتداد جنوب شرقی به سمت منجیل جریان می‌یابد.

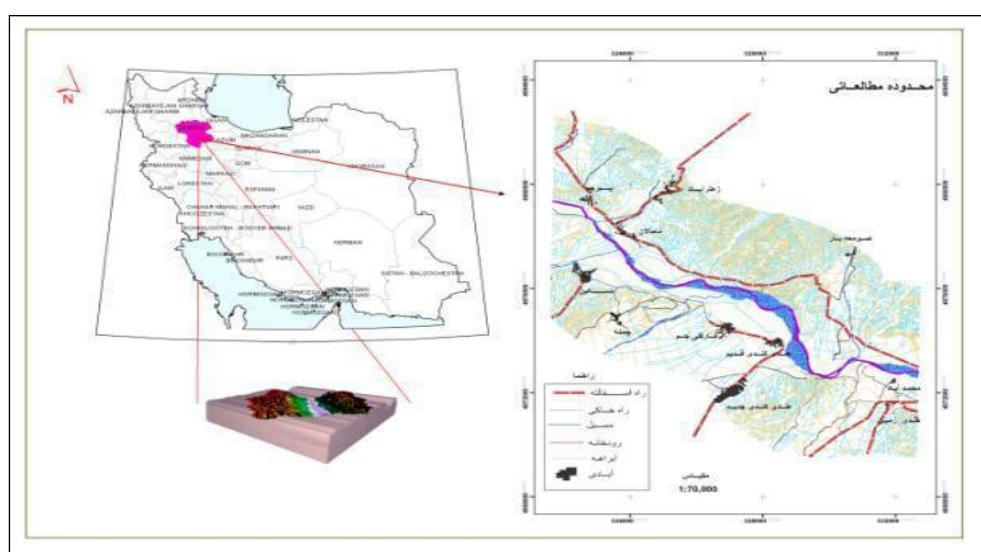
محدوده مورد پژوهش به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر، در بخش پایانی رودخانه قزل‌اوزن، بین  $۰^{\circ}۷$  تا  $۰^{\circ}۸$ ،  $۴۹^{\circ}$  تا  $۴۰^{\circ}$  طول شرقی و  $۳۶^{\circ}$  تا  $۳۳^{\circ}$  عرض شمالی واقع شده است که بین روستای گیلوان تا روستای پیرچم قرار دارد. آبدی قزل‌اوزن در ایستگاه گیلوان و در یک دوره ۳۶ ساله به طور متوسط ۳۹۶۵ میلیون مترمکعب در سال و متوسط آبدی لحظه‌ای آن  $۱۱/۱$  مترمکعب در ثانیه و حداقل آبدی لحظه‌ای آن تا  $۶۱۷$  مترمکعب در ثانیه اندازه‌گیری گردیده است. نتایج تحلیل سیل نشان می‌دهد مقادیر سیل با دوره برگشت  $۱۰۰$  و  $۵۰۰$  ساله در این ایستگاه بدترتب برابر با  $۱۱۴۷$  و  $۱۴۵۰$  مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

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

طبقه‌بندی‌های ژئومورفولوژیکی، 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 قطع شدگی کانال رودخانه رخ داده و تعداد پیچش‌ها از ۴۳ به ۴۸ مورد افزایش پیدا کرده است. همچنین ضریب خمیدگی از  $۳/۵۹$  به  $۳/۰۶$  کاهش یافته و شاعع اتحانی رودخانه و طول موج پیچش‌ها به ترتیب 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 گذشته ایستگاه فارسیات بر اساس چهار سری تصویر ماهواره‌ای IRS-LISS-III و Land sat-TM در دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۸۲ مورد بررسی قرار داد که روش افزایش کنتراست به روش بسط خطی اشباع شده به همراه فیلتر گذاری با فیلتر بارزسازی لبه به عنوان روشنی 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 انجام شده، و باهدف بررسی روند تغییرات مورفولوژی در بازه‌ای از رودخانه قزل‌اوزن، به بررسی مشخصات هندسی رودخانه، که هرساله دچار فرسایش



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

بهمنظور بررسی تغییرات مرفلوژی از ضریب سینوسی که توسط مولارد در سال ۱۹۷۳ ارائه نمود استفاده گردید.

$$(1) P = LC/\lambda$$

P: ضریب سینوسی شدن آبراهه  
LC: طول بستر در مسیر مثاندر  
 $\lambda$ : طول محور مثاندر

با کاربرد این رابطه چنانچه ضریب سینوسی شدن (p) برابر یک باشد، بستر رودخانه دارای شکل مستقیم است و چنانچه ضریب سینوسی شدن (p) معادل ۱/۵ باشد، شکل بستر در بین دو حالت مستقیم و مثاندری در حال تغییر است. اگر این ضریب ۳ یا بیشتر باشد، شکل بستر کاملاً مثاندری است. گفتنی است لوبوله و ولمن (A) در تحلیل تعدادی از رودخانه‌های آمریکا بیان داشتند که مقدار ضریب پیچشی، می‌تواند از ۱ تا ۲/۸ تغییر کند. والفرت (۱۷) نیز بر حسب میزان ضریب پیچشی چهار نوع رودخانه را به شرح 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 نظری زاویه مرکزی، شاعع پیچان‌رود، طول موج، طول دره و ضریب خمیدگی اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل 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 در گذشته و حال مشخص و نسبت به هم مقایسه شدند. شکل ۲ نحوه بازه‌بندی رودخانه قزل اوزن جهت استخراج پارامترهای ریخت‌شناسی را نشان می‌دهد.

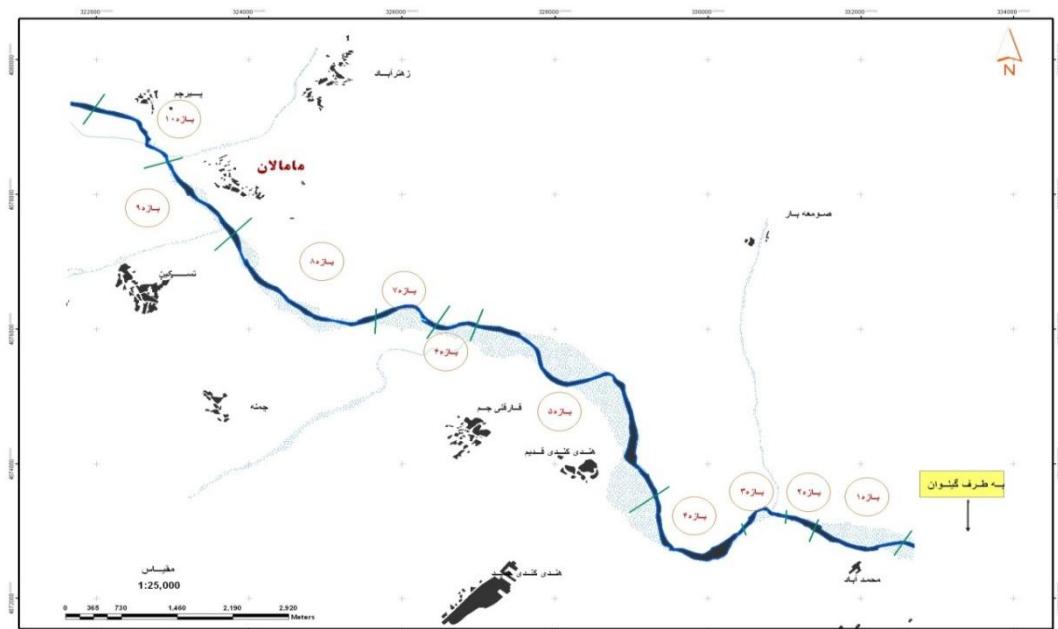
پس از تهیه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹، پردازش‌های اولیه نظری زمین مرجع نمودن با خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) کمتر از ۰/۵، در محیط Arc GIS، انجام گردید. در مرحله بعد محدوده‌های انواع اراضی با استفاده از روش On Screen digitizing تعیین گردید و نسبت به ترسیم پلان آبراهه در دو جناح چپ و راست اقدام گردید. با رویه‌گذاری نقشه‌ها، روند تغییرات بستر و تحول مرفلوژی رودخانه در مقاطع مختلف زمانی تعیین گردید. بهمنظور کمی نمودن میزان توسعه پیچان‌رودی رودخانه‌های آبرفتی و تعیین الگوی رفتاری و تغییرات آن در طول زمان، باید مشخصات هندسی رودخانه‌ها نظری زاویه مرکزی، شاعع پیچان‌رود، طول دره و ضریب خمیدگی اندازه‌گیری شده، با توجه به تغییرات پلان رودخانه قزل اوزن، محدوده‌ی موردپوشش 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 نظری طول پیچان‌رود، ضریب سینوسی، زاویه مرکزی، شاعع و شاعع نسی 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 طول موج 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.

جدول ۱- تقسیم‌بندی رودخانه بر حسب ضریب پیچشی

Table 1. River Classification by meandering coefficient

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



شکل ۲- نحود بازه بندی رودخانه قزل اوزن جهت استخراج پارامترهای ریخت شناسی  
Figure. 2. Distribution of Ghezel\_Ouzan River to extract morphological parameters

نتایج و بحث

تصاویر ماهواره‌ای در جداول ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

نتایج حاصل از محاسبات پارامترهای هندسی و مورفولوژیکی در بازه‌های مختلف از رودخانه قزل‌اوزن، طی

جدول ۲ - نتایج پارامترهای ریخت‌شناسی قزل اوزن در بازه‌های مورده‌پوشش در سال ۱۳۴۷ با استفاده از عکس‌های 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

Table 1. The results of morphological analysis in 1968 using aerial photos of 1: 20000

شاع (متر)	عرض (متر)	زاوية قوس (درج)	طول رودخانه (متر)	طول مستقيم کمان (متر)	طول کمان (متر)	y	مختصات انتهای بازه			فاصله از مبدأ (کیلومتر)	زیر بازه
							X	ابتدأ	انتها		
۳۴۳/۹	۵۸	۶۹	۶۵۶/۲	۶۱۹/۵	۶۵۸/۲	۴-۰۷۷۶۱	۳۳۲۶۴۲	-	-۰/۶۵	-۱	۱
.	۵۱	.	۴۵۶/۲	.	.	۴-۰۷۷۷-۸	۳۳۲۲۱۹	-۰/۶۵	۱/۱۱	۲-۱	۱
.	۴۶	.	۴۹۸/۸	.	.	۴-۰۷۷۴۰	۳۳۲۷۸۳	۱/۱۱	۱/۶۱	۲	۲
۲۳۳/۹	۵۹	۱۳۹	۶۹۷/۳	۵۶۶/۹	۷۳۲	۴-۰۷۶۱۴	۳۲۵۶۹	۱/۶۱	۲/۳۱	۳	۳
۵-۳/۱	۷۶	۱۶۲	۱۷۶/۰/۲	۱۳۴/۸	۱۷۸۹	۴-۰۷۶-۴۵	۳۲۶۳۸۸	۲/۳۱	۴/۰۷	۴	۴
.	۶۲	.	۱۴۳/۹	.	.	۴-۰۷۶۰۲۷	۳۲۹-۰۴۱	۴/۰۷	۴/۲۱	۱-۵	
۱۷۱/۱	۶۰	۱۵۵	۴۸-/۸	۳۵۹/۷	۴۸۶	۴-۰۷۶۹۸۴	۳۲۸۹۱۴	۴/۲۱	۴/۶۹	۲-۵	
.	۵۷	.	۱۲۹۲/۹	.	.	۴-۰۷۵۳۰۴	۳۲۸۷۱۰	۴/۶۹	۵/۹۸	۳-۵	
۲۲۲/۵	۵۵	۸۶	۶۶۳/۶	۵۴۵/۵	۵۷۰/۵	۴-۰۷۵۱۵۴	۳۲۸۱۲۷	۵/۹۸	۶/۶۵	۴-۵	۵
.	۵۹	.	۵۹۸/۱	.	.	۴-۰۷۵۴۴۳	۳۲۷۸۱۲۷	۶/۶۵	۷/۲۵	۵-۵	
۴۷۵/۹	۶۱	۴۴	۵۹۵	۵۸۳/۱	۵۹۸	۴-۰۷۵۶۸۷	۳۲۷۷۲۸	۷/۲۵	۷/۱۴	۶-۵	
.	۵۴	.	۴۶۸/۲	.	.	۴-۰۷۶۹۶	۳۲۷۷۶	۷/۱۴	۸/۳۱	۷-۵	
.	۵۱	.	۵۳۵/۹	.	.	۴-۰۷۶-۸۸	۳۲۸۹۶-	۸/۳۱	۸/۸۵	۶	۶
۳۹۷/۵	۶۳	۱۳۰	۸۷۹/۳	۷۲۸/۹	۹۱۵/۲	۴-۰۷۳۱۳۸	۳۲۹۲۰۳	۸/۸۵	۹/۷۲	۷	۷
۱۱۹۹/۹	۷۵	۱۲۷	۲۵۳۳/۳	۲۱۳-/۸	۲۶۴-/۰	۴-۰۷۳۰۴۱	۳۳۰-۴۷۳	۹/۷۲	۱۲/۲۶	۸	۸
.	۶۸	.	۱۳۹۵/۷	.	.	۴-۰۷۳۰۶-	۳۳۱۴۳۸	۱۲/۲۶	۱۳/۷۵	۹	۹
۱۲۵/۸	۵۹	۹-	۳۳۷/۸	۲۱۲/۴	۲۳۵/۷	۴-۰۷۸۰۵۷	۳۲۲۹۲۸	۱۳/۷۵	۱۴/-۹	-۱-	۱
۳۶۰/۴	۵۲	۹۴	۰-۲/۸	۴۸۳/۸	۵۴۲/۴	۴-۰۷۹-۹۰	۳۲۲۵۲۱	۱۴/-۹	۱۴/۰۹	-۱-	۲
.	۵۴	.	۷۲۱/۱	.	.	۴-۰۷۹۳۴۹	۳۲۱۷۲۵	۱۴/۰۹	۱۵/۳۲	-۱-	۳

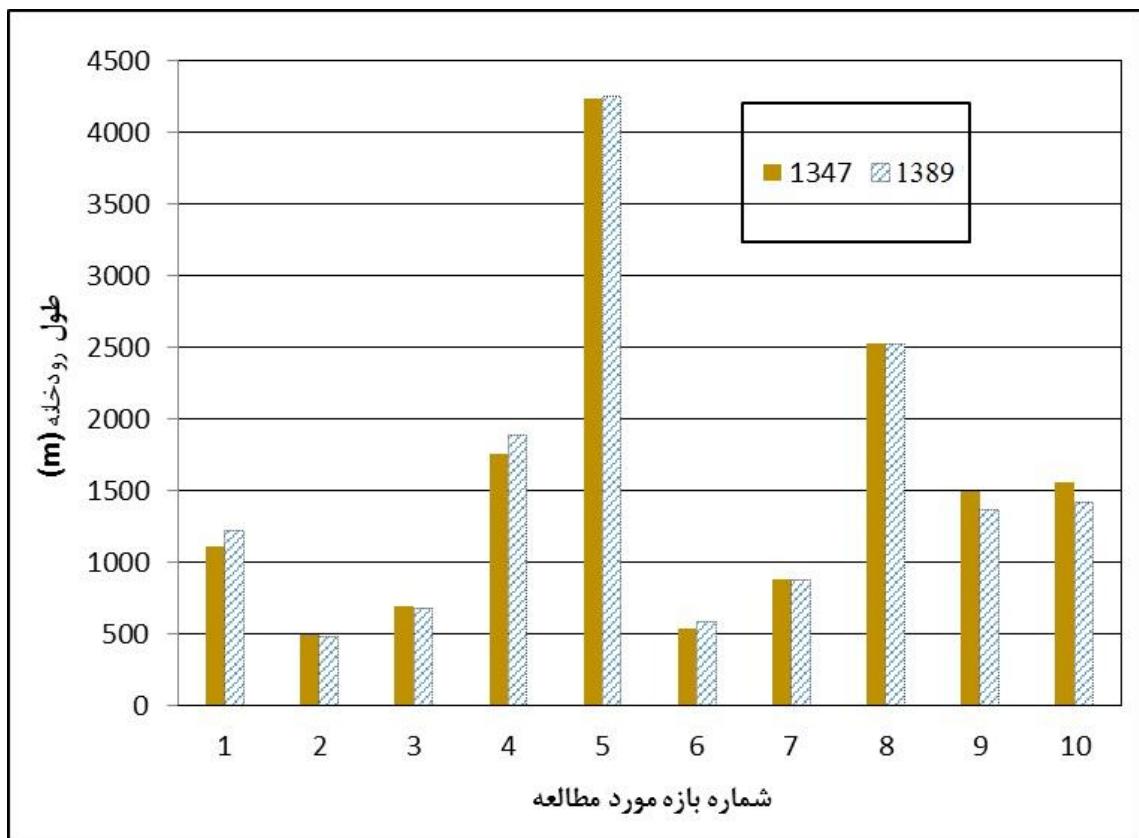
جدول ۳- نتایج پارامترهای ریخت‌شناسی رودخانه قزل اوزن در بازه‌های مورد پژوهش در سال ۱۳۸۹ شمسی (۲۰۱۰ میلادی) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

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

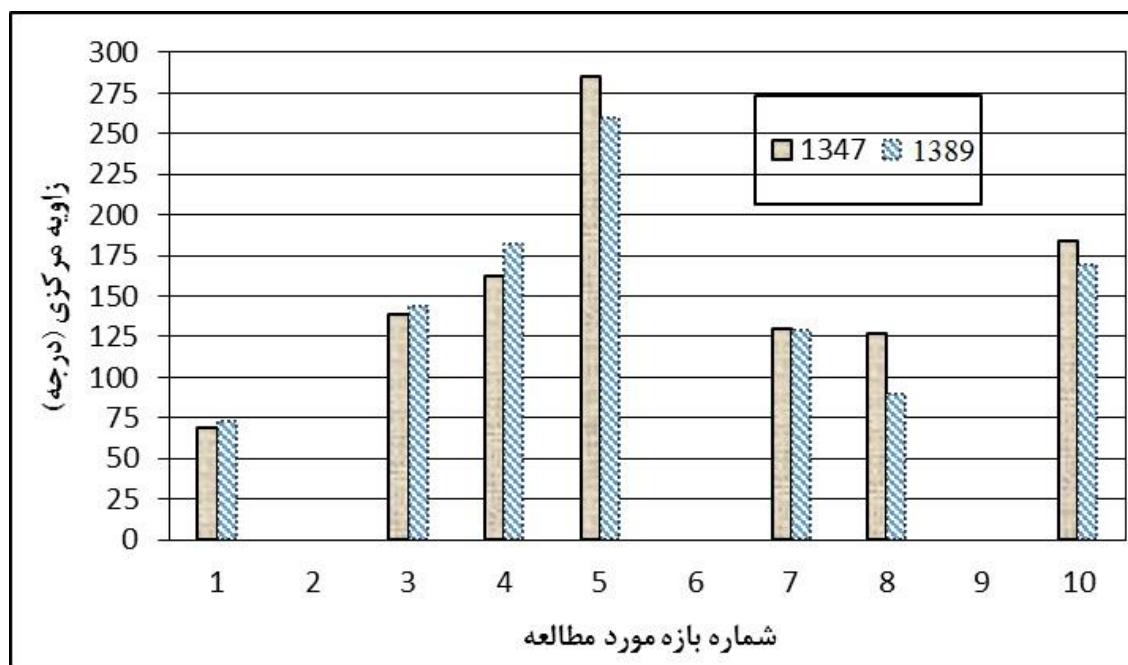
شاع (متر)	عرض (متر)	زاویه قوس (درجه)	طول رودخانه (متر)	طول مستقیم کمان (متر)	طول کمان (متر)	مختصات انتهای بازه	فاصله از مبدأ (کیلومتر)	زیر بازه	بازه
				y	x	ابتدا	انتهای		
۵۸۵/۶	۵۶	۷۳	۱۲۱۹/۲	۱۱۳۹/۹	۱۲۱۷/۵	۴۰۷۸۴۹۲	۳۲۲۹۳۹	۰	۱/۲
.	۶۶	.	۴۸۰/۴	.	.	۴۰۷۷۴۴۰	۳۲۲۷۸۳	۱/۲	۱/۷
۲۴۳/۵	۴۵	۱۴۴	۶۸۳/۶	۵۳۱/۱	۶۹۷/۱	۴۰۷۶۱۴۰	۳۲۵۶۶۹	۱/۷	۲/۴
۵۶۹/۳	۹۲	۱۸۲	۱۸۹۲/۸	۱۲۲۷/۳	۱۸۳۹/۷	۴۰۷۶۰۴۵	۳۲۶۳۸۸	۲/۴	۴/۳
.	۷۶	.	۱۶۵۱/۳	.	.	۴۰۷۶۰۷۷	۳۲۹۰۴۱	۴/۳	۵/۹
۱۸۵/۶	۷۵	۱۴۲	۷۴۶/۲	۵۷۱/۷	۷۴۹/۵	۴۰۷۵۳۰۴	۳۲۸۷۱۰	۵/۹	۶/۷
۲۵۰/۶	۷۴	۱۱۸	۸۸۵/۹	۷۳۷/۵	۸۷۸/۹	۴۰۷۵۴۴۳	۳۲۷۸۳۸	۶/۷	۷/۶
.	۷۰	.	۹۵۳/۵	.	.	۴۰۷۵۹۶۶	۳۲۷۲۴۶	۷/۶	۸/۵
.	۵۵	.	۵۸۶/۷	.	.	۴۰۷۴۰۸۸	۳۲۸۹۶۰	۸/۵	۹/۱
۲۹۸/۲	۵۸	۱۲۹	۸۸۲/۲	۷۲۲/۲	۸۹۳/۷	۴۰۷۳۱۳۸	۳۲۹۲۰۳	۹/۱	۹/۹
۱۱۲۳/۲	۶۵	۹۰	۲۵۲۸/۱	۲۲۸۲/۱	۲۵۳۲/۷	۴۰۷۳۰۴۱	۳۳۰۴۷۳	۹/۹	۱۲/۵
.	۶۵	.	۱۳۷۰/۷	.	.	۴۰۷۳۰۶۰	۳۳۱۴۳۸	۱۲/۵	۱۳/۹
.	۴۷	.	۳۰۲/۱	.	.	۴۰۷۸۵۵۷	۳۲۲۹۲۸	۱۳/۹	۱۴/۲
۱۱۶/۷	۴۷	۱۰۰	۲۲۰/۴	۱۹۹/۷	۲۲۷/۴	۴۰۷۹۰۹۰	۳۲۲۵۲۱	۱۴/۲	۱۴/۴
۳۲۶	۴۶	۵۹	۸۹۳/۱	۶۷۸/۸	۷۲۳/۸	۴۰۷۹۳۲۶	۳۲۱۷۲۵	۱۴/۴	۱۵/۳
									۳-۱۰

نبوده است. فاصله طولی دو پیچان رود متناوب نسبت به هم در سال ۱۳۴۷ به مرتب کمتر از سال ۱۳۸۹ است. بیشترین فراوانی زاویه مرکزی در قزل اوزن (۴۰٪) در دسته ۱۵۸-۱۵۸ درجه‌ای قرار می‌گیرد که مربوط به حالت پیچان رودی توسعه یافته است. بیشترین مقدار زاویه در سال ۱۳۴۷ حدود ۲۸۵ درجه، و در سال ۱۳۸۹ حدود ۲۶۰ درجه می‌باشد، (شکل ۴).

بررسی‌ها نشان داد تعداد پیچان‌رودهای قزل اوزن در محدوده مورد پژوهش از ۱۹ پیچان‌رود در سال ۱۳۴۷ به ۱۵ پیچان‌رود در سال ۱۳۸۹ کاهش یافته است. این موضوع نشان‌دهنده حذف ۴ پیچان‌رود در طول ۴۲ سال در طول ۱۵ کیلومتر از محدوده مورد بررسی می‌باشد. بخش عمده‌ای از پیچان‌رودهای حذف شده در محدوده میانی (بازه ۵) که دارای شب طولی بیشتری بوده، قرار داشته و تعداد پیچان‌رودهای حذف شده در سایر بخش‌های ابتدایی و انتهایی چندان زیاد



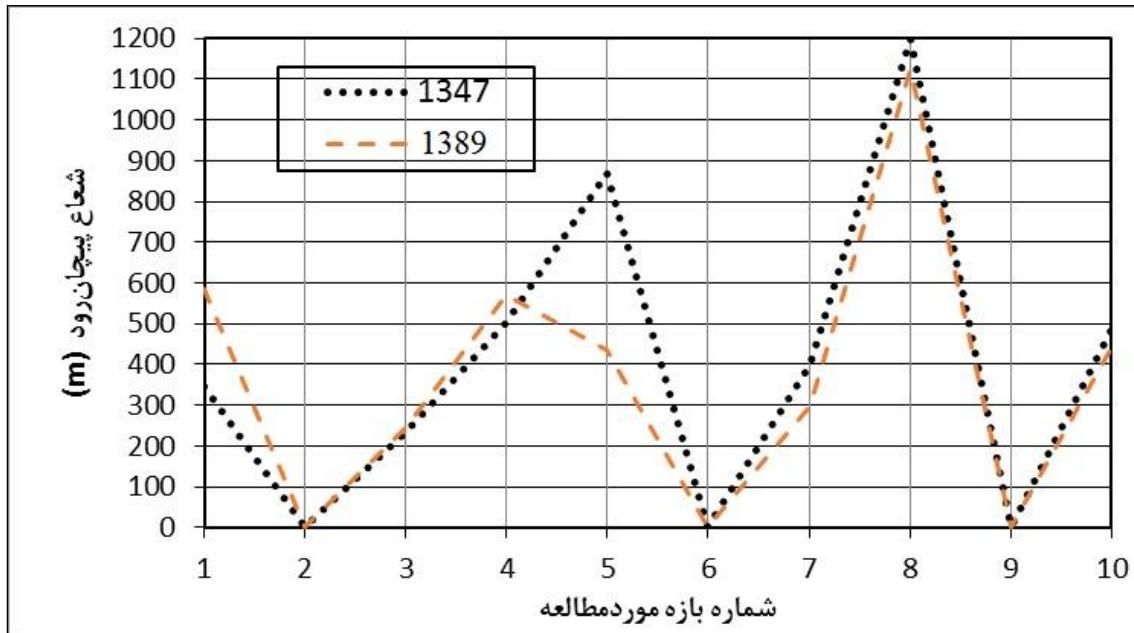
شکل ۳- مقایسه تغییرات طول خط مرکزی طی دوره زمانی ۱۳۸۹ و ۱۳۴۷  
Figure. 3. Comparison of changes in the length of the central line during the period of 1968 and 2010



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

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 به چشم می‌خورد و علت این امر، فرسایش‌پذیری کناره رودخانه است که در بازه دشت سیلانی قرار دارد.

بررسی نتایج نشان داد در سال ۱۳۴۷ شعاع حدود ۸۵٪ از حلقه‌ها بزرگ‌تر از ۲۰۰ 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



شکل ۵- تغییرات شعاع پیچان رودهای محدوده مورد پژوهش رودخانه قزل اوزن در طی سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹

Figure 5. Changes in the radius of waves in the research area of Ghezel\_Ouzan River during the years 1968 and 2010

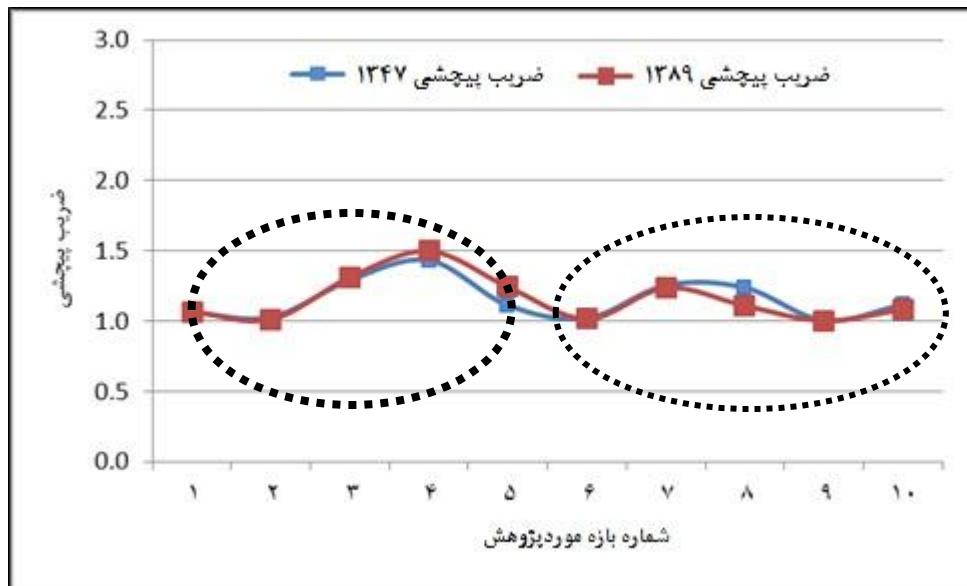
قزل اوزن بر اساس ضریب پیچشی در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ در جدول ۴ و شکل ۶ ارائه گردیده است.

#### شاخص پیچان رودی (سینوسی یا ضریب پیچشی)

خلاصه نتایج بررسی نوع بازه‌های مورد پژوهش در رودخانه

جدول ۴- خلاصه نتایج بررسی نوع بازه‌های مورد پژوهش در رودخانه قزل اوزن بر اساس ضریب پیچشی در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹  
Table 4. Summary of Ghezel\_Ouzan River results based on Meandering coefficient in different intervals in the years 1968 and 2010

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



شکل ۶- تغییرات ضریب پیچشی کل پیچان رودهای رودخانه قزل اوزن در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹  
Figure. 6. Changes in the Meandering coefficient of the whole Ghezel\_Ouzan River waves in the years 1968 and 2010

سال ۱۳۸۹ در بازه‌های ۹، ۸، ۷ و ۱۰ نسبت به سال ۱۳۴۷ کاهش پیداکرده است. علت کاهش نوسانات ضریب پیچشی رودخانه به دلایل تغییرات کاربری اراضی و تغییر الگوی کشت می‌باشد.

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

بررسی تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن مشخص نمود که رودخانه قزل اوزن در ۹/۹۵ کیلومتر از محدوده موردبژوهش حالت سینوسی و پیچان رودی دارد و طبق نظریه والفرت (۱۷) دارای ضریب پیچشی بیشتر از ۱/۰۵ می‌باشد. بر این اساس رودخانه قزل اوزن در دو دوره ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ در گروه رودخانه پیچان رودی قرار دارد. در بازه ۷ الگوی رودخانه در حال گذر از پیچان رودی به سمت سینوسی و در پاره‌ای از بخش‌ها به سمت مستقیم متغیر است.

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

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

بررسی مقایسه ضریب پیچشی در سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۹ نشان دهنده نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه قزل اوزن در کل محدوده مطالعاتی در دو دوره زمانی است. این شکل به خوبی نشان می‌دهد که در سال ۱۳۴۷ در محدوده روستای گیلوان تا حوالی روستای قارقلی چم (پیچان رودهای شماره یک تا ۶) نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه بالا بوده است. در سال ۱۳۸۹ در همین محدوده نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه در رودخانه بیشتر شده است. نوسانات ضریب پیچشی رودخانه در



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)

متوسط زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی در بازه کوهستان بیشتر بوده که با تحقیقات حاضر همخوانی دارد.

نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد حریم بستر رودخانه در ۴۲ سال گذشته هم از نظر وسعت و هم از نظر مورفوژوئی دستخوش تغییر شده است. نتایج نشان داد مساحت حریم بستر در سال پایه ۱۳۴۴ 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 قزل اوزن بسیار کمتر از آن است که بتواند سنگ‌های بسیار سخت مسیر خود را در بازه کوهستانی فرسایش دهد. ناپایدارترین بازه قزل اوزن در ناحیه چندشاخگی هزاردره دیده می‌شود. کاهش شبیب رودخانه و کم شدن توان هیدرولیکی آن سبب ایجاد پدیده چندشاخگی در این بازه شده است. بیشترین مهاجرت حلقه‌های مئاندر بهمیزان ۸۵۰ متر در ناحیه هارون آباد تا کوه کن سفلی در پریود زمانی ۴۲ ساله اتفاق افتاده است. در این محدوده، رودخانه به شکل مئاندر کانالی مشاهده می‌شود.

نقشه مورفوژوئی 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 به صورت موضعی در قوس‌های بیرونی صورت گرفته، اما ترسیب مواد در قوس‌های داخلی پیچانروند نیز مشاهده می‌گردد.

بررسی تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن نشان داد که مقادیر متوسط طول موج، شعاع و طول قوس در بازه دشت سیلابی بیشتر است و این امر حاکی از قدرت تحرک رودخانه در آبرفت و تشکیلات مارنی می‌باشد. ضریب سینزیته که از نظر پدیده‌شناسی به عنوان ضریب فرسایش‌پذیری حاشیه رودخانه محسوب می‌گردد، در بازه سنگی نسبت به بازه دشت سیلابی بیشتر است. به عبارت دیگر رودخانه در بازه کوهستان در مسیر پیچ و خم دارتر جریان دارد.

نتایج نشان داد ضریب پیچشی در بازه بالا دست ۷ و ۸ و ۱۰ بیش از ناحیه پایین دست و مجاور روتاست گیلان است. دلیل این امر نه به خاطر فرسایش رودخانه‌ای، بلکه بدین علت است که رودخانه در مسیر پیچ و خم که از روند گسل‌ها و شکاف‌های تکتونیکی تبعیت می‌کند جریان دارد. با مقایسه خط مرکزی رودخانه در سال‌های ۱۳۴۷ و ۱۳۸۹ و 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 موقع فرسایش خندقی در بالای دیواره‌ها به واسطه زهکشی نامناسب زمین‌های مشرف به رودخانه اشاره نمود. مقایسه نتایج با سایر تحقیقات انجام شده نشان داد متوسط اندازه ذرات حمل شده به پایین دست کاهش یافته و بیشتر ذرات در بالا دست ترسیب می‌گردند. از طرفی روابط نمایی، بهترین معادله را برای بیان ۷۰۰ متری کanal در رودخانه مورد پژوهش به دست می‌دهند. در تحقیقات رورده و همکاران (۱۲)، با استفاده از عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای ماهیت، مکان و زمان وقوع تغییرات جانی آبراهه بابلرود را تبیین نمودند. نتایج این تحقیق، بر تغییرات شدید در آبراهه طی ۶۰ سال گذشته بواسطه حذف کاربری‌های بایر و کم شدن مساحت سایر کاربری‌ها به نفع کاربری مسکونی با نوسان در بیزان دبی و رسوب رودخانه دلالت دارد.

پیروان و همکاران (۱۱) نیز که تغییرات مورفوژوئی بخش پایانی قزل اوزن از محل سد استور تا سد سفیدرود در طی سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۷۱ به طول تقریبی ۱۹۵ کیلومتر را بررسی نمودند، تغییرات شکل رودخانه و مشخصه‌های هندسی آن نشان داد متوسط طول موج، 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

طرح تحقیقاتی بررسی روند تغییرات پلان رودخانه‌ها با استفاده از داده‌های سنجش از دور تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

**تشکر و قدردانی**  
نویسنده‌گان مقاله از کلیه زحمات و حمایت‌های صورت گرفته توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در انجام

### 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 Thematic 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). 7<sup>th</sup> 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 in response to the Declining Flow using Remote Sensing, Proceedings of the 20<sup>th</sup> 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. 7<sup>th</sup> international river engineering conference, Ahvaz, Iran, (In Persian).

## **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

### **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