

نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۷، تابستان ۹۹

## آشکارسازی تغییرات جانبی مجرای رودخانه قزل اوزن

در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳

دریافت مقاله: ۹۷/۵/۲۱ پذیرش نهایی: ۹۷/۹/۱۸

صفحات: ۱۲۴-۱۱۳

فریبا اسفندیاری درآباد: دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.<sup>۱</sup>

**Email:** fariba.darabad@gmail.com

مسعود رحیمی: دانش آموخته دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

**Email:** Masoud.rahimi90@ut.ac.ir

خداداد لطفی: دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

**Email:** lotfikhodad@yahoo.com

الهامه عبادی: دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

**Email:** ebadi.Elhameh@yahoo.com

### چکیده

تغییرات مورفولوژیکی و عرضی رودخانه قزل اوزن در طی سال‌های اخیر مشهود بوده و مشکلاتی را ایجاد کرده است. در این پژوهش آشکارسازی تغییرات کناری رودخانه قزل اوزن با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده های TM و OLI لندست ۵ و ۸ در دوره زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳ انجام شد و طی آن بازه ای به طول ۱۵۸ کیلومتر از رودخانه قزل اوزن، با استفاده از روش ترانسکت مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش، خطوطی با فواصل مشخص از هر دو طرف مجرا به‌عنوان خطوط مبنا ترسیم شد. این خطوط برای دوره‌های زمانی مورد مطالعه ثابت بوده و از این رو جابجایی‌های مجرا نسبت به این خطوط به‌صورت کمی محاسبه گردید. در ادامه جهت بررسی دقیق تر، مجرای بازه مورد مطالعه براساس مورفولوژی و روند تغییرات، به ۲۴ ترانسکت تقسیم بندی شد. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین میزان مهاجرت مجرای رودخانه قزل اوزن در طول ۲۰ سال گذشته در حدود ۴/۴۷ متر در سال بوده است. بیشترین شدت جابجایی عرضی مجرا بین سال های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳ به میزان ۱۰/۵۸ متر در سال، مربوط به ترانسکت شماره ۱۶ بود، که در نتیجه آن ۵۲/۵۱ هکتار بر ساحل سمت راست رودخانه افزوده شده بود. در کل، نتایج نشان داد که در طی دوره ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳، نزدیک ۲۰۷/۱۴ هکتار به ساحل سمت راست رودخانه افزوده و نزدیک به ۲۱۵/۳۱ هکتار از ساحل سمت راست کاسته گردید.

کلید واژگان: مورفولوژی رودخانه، تغییر مسیر، رودخانه قزل اوزن، مهاجرت جانبی.

۱. نویسنده مسئول: اردبیل، بلوار دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا

## مقدمه

رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، در رابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. هر تغییری که در سیستم زهکشی، به دست انسان و یا به طور طبیعی رخ می‌دهد، اثرات آن در طی زمان به کل سیستم منتقل می‌شود و این اثرات، به صورت گوناگون در نیمرخ طولی و عرضی بستر رودخانه تبلور می‌یابد (مارتسون و همکاران، ۲۰۰۵: ۱). این تغییرات به وجود آمده در وضعیت یک پدیده، از طریق مشاهده آن در زمان‌های مختلف را آشکار سازی تغییرات گویند (فانگ و لدرو، ۱۹۹۸: ۱۴۵۰). بررسی تغییرات محیط اطراف انسان در دوره‌های زمانی مختلف و در حیطه‌های گوناگون امری منطقی است که توسط تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌ها در اشکال خاص به سهولت قابل انجام است. (پرایس و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۳). بدین منظور در راستای کشف و آشکار سازی تغییراتی که در مناطق مختلف کره زمین اتفاق می‌افتد می‌توان با اطمینان از تکنولوژی RS و تصاویر متوالی ماهواره‌ای در اشکال خاص استفاده کرده، شناخت دقیق تری را از رفتار و اصول حاکم بر رودخانه‌ها به دست آورد (آتود و همکاران، ۲۰۰۵: ۸) تغییر مسیر رودخانه‌ها چه در قدیم و چه در زمان حال مشکلاتی برای انسان‌ها به وجود آورده است (بهرامی، ۱۳۸۷: ۱). رودخانه قزل اوزن به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم حوضه دریای خزر از این قاعده مستثنی نیست. بنابراین با توجه به تغییرات هندسی، رند رسوب گذاری و اهمیت زیادی که تغییرات مورفولوژیکی این رودخانه در کنترل سیلاب، طراحی سازه‌های خطی (جاده،... هیدرولیکی (پل، سد،... سکونتگاهی و نابودی اراضی کشاورزی بر روی رودخانه و یا حاشیه آن دارد، بررسی تغییرات مورفولوژیکی آن ضروری است. با توجه به این که رودخانه قزل اوزن جزو رودخانه‌های دائمی و پر آب ناحیه شمال غرب ایران محسوب می‌شود، از لحاظ تغییرات جانبی مجرا دارای پویایی بالایی بوده و لزوم توجه به تغییرات زمانی و مکانی مجرای این رودخانه حائز اهمیت می‌باشد. در واقع با آشکار سازی تغییرات تاریخی مجرای رودخانه قزل اوزن می‌توان تغییرات گذشته و کنونی مجرای رودخانه را مورد بررسی قرار داد و با شناخت ماهیت پیچیده عوامل تاثیر گذار در این تغییرات، قدمی مثبت در جهت مدیریت دشت‌های سیلابی این رودخانه انجام داد.

مطالعات مختلفی توسط محققان داخلی و خارجی در زمینه تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ماکس جی روز و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به تجزیه و تحلیل سنجش از دوری تغییرات پلاتفرم بالادست رودخانه آمازون در طی دوره زمانی ۱۹۸۶-۲۰۰۶ پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های آن‌ها، بازه انتخابی نسبت به بازه‌های بالادست و بازه پایین دست، بین تلاقی‌های رودخانه‌های جوتایی و جاپورا<sup>۱</sup>، از فعالیت کمتری برخوردار است. پرنسال و همکاران (۲۰۱۴) تکامل زمین ریختی<sup>۲</sup> و تعادل رسوب<sup>۳</sup> بخش پایینی رودخانه رن (جنوب فرانسه) را در طی ۱۳۰ سال گذشته مورد بررسی قرار دادند. هدف از این بررسی تعیین فاکتورهای اصلی که باعث تغییرات مورفولوژیکی طی ۱۳۰ سال گذشته بر ۱۲۰ کیلومتری بخش پایین رود رودخانه رن شده‌اند، بوده است. منجیست ابیت و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی تغییرات مورفولوژیکی

1 - Chapora

1- Geomorphic evolution

2- Sediment balance

رودخانه گومارا را در طی ۵۰ سال اخیر مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این تحقیق از دو سری عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۵۷ و همچنین تصاویر ماهواره‌ی Spot سال ۲۰۰۶ و گوگل ارث استفاده کردند. موران تجدا و همکاران (۲۰۱۴) اثرات هیدرومورفولوژیکی تغییرات اقلیمی و تغییرات کاربری زمین در حوضه‌های کوهستانی را با استفاده از مدل‌های RHESSYS و SWAT مورد بررسی قرار دادند. زاهاریا و لی (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص‌های فشار<sup>۱</sup> و تغییر<sup>۲</sup> کیفیت مورفولوژیکی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه پروهوا، رومانی) را مورد ارزیابی قرار دادند. هدف از این پژوهش ارزیابی هیدرومورفولوژیکی با پیشنهاد شاخص‌ها و کلاس‌های مجزا، بر اساس شاخص کیفیت مورفولوژیکی بازبینی<sup>۴</sup> (RMQI) بوده است. دوفور و همکاران (۲۰۱۵) تأثیرات دینامیک رودخانه‌ای و انسان بر الگوی چشم‌انداز کانال‌های رودخانه‌ای را در رودخانه مگرا-ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. هدف از این پژوهش تحلیل تغییرات پیچیده در ساختار چشم‌اندازهای رودخانه مگرا توسط عوامل طبیعی و انسانی بوده است. رآودس و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات تاریخی در شبکه کانال و پلاتفرم کانال<sup>۵</sup> در یک چشم‌انداز مدیریت‌شده (عوامل طبیعی در مقابل اثرات ناشی از مداخله بشر) را مورد بررسی قرار دادند. هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات تاریخی شبکه کانال‌های رودخانه‌ای و پلاتفرم کانال در بخش بالایی حوضه رودخانه سانگامون (از لحاظ کشاورزی به شدت مدیریت‌شده) بوده است. کاسادو و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات پوشش گیاهی و ژئومورفیک را در رودخانه Sauce Grande آرژانتین مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش مجرای کانال رودخانه قبل و بعد از احداث سد بر روی آن مورد مطالعه قرار گرفته است.

رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) طی مطالعه‌ای به بررسی تغییرات الگوی هندسی رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از تحلیل هندسه فرکتال پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بازه اول (بازه شریانی) بیشترین میزان تغییرات و بازه دوم (بازه کوهستانی) کمترین میزان تغییرات و بازه سوم (بازه نیمه کوهستانی) حالت بینابینی را داشته است. شریفی کیا و همکاران (۱۳۹۲) طی مطالعه‌ای به آشکارسازی تغییرات و الگوی مکانی رودخانه هیرمند و تحلیل مورفولوژیکی آن پرداختند. نتایج تحقیق این محققان در خصوص عوامل ایجابی تغییر در الگوی فضایی و هندسی رودخانه، علاوه بر تأیید و تأکید بر عوامل ثابت محیطی، مسئله خشک‌سالی‌های پی‌درپی و انسداد بستر توسط ماسه‌های انباشته‌شده (حاصل از عمل باد) را عامل محوری و مؤثر این تغییرات می‌دانند. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۳) طی تحقیقی به بررسی تغییرات مجرا و فرسایش کناری در رودخانه گاماسیاب از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹ پرداختند. مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که مقدار بالای جابجایی رودخانه و تغییرات الگوی رودخانه از ۱۳۴۸ تا ۱۳۸۹ عامل اصلی ایجاد سطوح فرسایشی است. یمانی و همکاران (۱۳۹۴) طی تحقیقی به مقایسه تغییرات عرضی بستر رودخانه ارس طی سه دهه اخیر در پایین‌دست سد میل مغان پرداخته‌اند.

3- Indicators

4- Pressure

5- Alteration

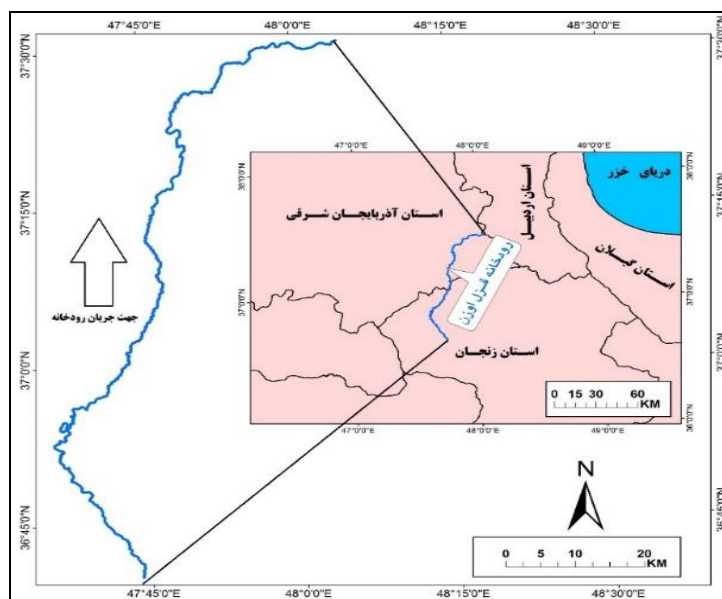
1- Revisited Morphological Quality Index (RMQI)

5 - Channel Planform

## روش تحقیق

## منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش بازه ای از رودخانه قزل اوزن مورد مطالعه قرار خواهد گرفت که ۱۵۸ کیلومتر طول دارد و از ۸ کیلومتری جنوب شهر مهنشان در استان زنجان شروع و تا روستای کوهبنان در شهرستان میانه در استان آذربایجان شرقی امتداد می یابد شکل (۱). محدوده مطالعاتی بین طول های جغرافیایی  $48^{\circ}04'$  تا  $47^{\circ}43'$  شرقی و عرض های جغرافیایی  $37^{\circ}30'$  تا  $36^{\circ}40'$  شمالی قرار دارد. سرچشمه رودخانه قزل اوزن از ارتفاعات چهل چشمه کردستان بوده و با طولی بالغ بر ۵۵۰ کیلومتر پس از عبور از استانهای زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل، ضمن دریافت شاخه های متعدد در طول مسیر خود در استان گیلان با رودخانه شاهرود تلاقی و وارد مخزن سد سفیدرود می گردد. حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن هم دارای توپوگرافی کوهستانی و هم متشکل از دشتهای آبرفتی و تپه ماهورهایی با رسوبات مارنی و سازندهای کم مقاومت در مقابل عوامل فرسایشی می باشد. عبور رودخانه قزل اوزن از این تشکیلات مارنی و فرسایش پذیر، باعث شده بار رسوبی آن زیاد باشد.



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

## روش کار

نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک ۲۷ متر و تصاویر ماهواره ای شامل تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مهمترین ابزار این تحقیق است. روش های مختلفی برای تفکیک آب از سایر عوارض وجود دارد که از جمله می توان به تبدیل تسلدکپ<sup>۱</sup>، تحلیل مولفه های اصلی<sup>۱</sup> و استفاده از شاخص های مختلفی مانند تفاضل پوشش گیاهی نرمال

1 - Tasseled Cap

شده<sup>۲</sup> (NDVI)، شاخص آب<sup>۳</sup> (WI)، شاخص تفاضل آب نرمال شده<sup>۴</sup> (NDWI) و شاخص اصلاحی تفاضل آب نرمال شده<sup>۵</sup> (MNDWI) اشاره کرد (پایرز لویز و همکاران، ۲۰۱۰، ایکس یو ۲۰۰۷). برای انتخاب بهترین شاخص و اعمال آن بر روی تصاویر ماهواره Landsat، از تصویر Google Earth منطقه با قدرت تفکیک بالا (کمتر از ۵۰ سانتیمتر) کمک گرفته شد، بر این اساس شاخص WI، طبق رابطه (۱) بهترین تفکیک را نشان داده و در نتیجه، مبنای استخراج مجرای رودخانه قزل اوزن قرار گرفت.

$$\text{WI} = (B_1 + B_2 + B_3) / (B_4 + B_5 + B_7) \quad (1)$$

در این تحقیق، با توجه به روش ترانسکت، خطوطی با فواصل مشخص از هر دو طرف مجرا به عنوان خطوط مبنا ترسیم شده است. این خطوط برای دوره‌های زمانی مورد مطالعه ثابت بوده و از این رو می‌توان جابجایی‌های مجرا نسبت به این خطوط را به صورت کمی محاسبه کرد (گرادینو و لی، ۲۰۱۱).

در این پژوهش، مجرای بازه مورد مطالعه از رودخانه قزل اوزن بر اساس مورفولوژی و روند تغییرات مجرا به ۲۴ ترانسکت تقسیم‌بندی شد و شاخص‌های کمی برای هر ترانسکت محاسبه گردید. برای تحلیل شکل مسطحاتی<sup>۶</sup> رودخانه، از شاخص ضریب سینوسی<sup>۷</sup> (پیچانرودی یا پیچشی) استفاده شد. ضریب سینوسی از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود (چالتون، ۲۰۰۸: ۱۳۸):

$$\text{Sinuosity ratio (SR)} = \text{طول مجرا} / \text{طول دره} \quad (2)$$

SR < 1.1 Straight

SR 1.1 to 1.5 Sinuous

SR > 1.5 Meandering

در این تحقیق محاسبه ی شاخص ضریب سینوسی در محیط نرم افزاری Auto CAD صورت پذیرفت. در ادامه جهت محاسبه آهنگ مهاجرت مجرای رودخانه قزل اوزن از رابطه (۳) استفاده شد:

$$R_m = (A / L) / y \quad (3)$$

که در آن:  $R_m$  آهنگ مهاجرت؛  $A$  مساحت موجود بین دو خط مرکزی کانال؛  $L$  طول خط مرکزی کانال در زمان  $t_1$ ؛ و  $y$  تعداد سال است (شیلدز و همکاران، ۲۰۰۰: ۵۴-۶۶. گرادینو و همکاران، ۲۰۱۱). در این زمینه، برای افزایش دقت کار در رابطه با محاسبه خط مرکزی مجرا و سایر محاسبات از افزونه<sup>۸</sup> Platform Statistics (لایور، ۲۰۰۶)، کمک گرفته شد.

1 - Principal Components

2 - Normalized difference water index (NDVI)

3 - Water index

4 - Normalized difference water index (NDWI)

5 - Modified Normalized difference water index (MNDWI)

6 - platforms

7 - Sinuosity ratio

8 - Add In

## نتایج

## مورفولوژی رودخانه قزل اوزن

رودخانه‌ها از نظر شکل ظاهری به سه گروه اصلی: مستقیم<sup>۱</sup>، پیچانرودی<sup>۲</sup> و شریانی<sup>۳</sup> تقسیم می‌شوند. برای تفکیک انواع فوق از ضریب پیچانرودی (نسبت طول محور رودخانه به طول دره آن در حداقل دو نقطه) استفاده می‌شود. در اثر تغییر در وضعیت ژئومورفولوژیکی حوضه یا تغییر ناگهانی و استثنایی در رژیم دبی-رسوب یا وقوع پدیده میان بری، فرم رودخانه از حالت مستقیم تا پیچانرودی و یا از پیچانرودی به شریانی، ممکن است تغییر کند که تأثیر آن علاوه بر تغییر در شیب و ضریب پیچانرودی، در ابعاد و شکل رودخانه نیز خواهد بود (یاسی، ۱۳۹۴). با توجه به موارد مذکور، برای مطالعه و بررسی شکل مسطحانی مجرا، مسافت ۱۵۸ کیلومتری رودخانه قزل اوزن در بازه مورد مطالعه به ۲۴ ترانسکت تقسیم گردید. و شاخص ضریب سینوسی رودخانه قزل اوزن محاسبه گردید که نتایج حاصل از این محاسبات در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱). ضریب خمیدگی یا ضریب پیچشی (سینوسی) رودخانه قزل اوزن

ترانسکت	طول انحنای پیچ KM	طول مستقیم KM	ضریب خمیدگی	نوع بازه
۱	۴/۶۲	۴	۱/۱۵	سینوسی
۲	۸/۵۱	۶/۵۷	۱/۲۹	سینوسی
۳	۶/۹۱	۵/۵۸	۱/۲۳	سینوسی
۴	۵/۵۶	۴/۸۱	۱/۱۵	سینوسی
۵	۶/۲۲	۵/۱	۱/۲۲	سینوسی
۶	۴/۹۹	۴/۶۶	۱/۰۷	مستقیم
۷	۹/۶۵	۵/۶۶	۱/۷۰	مئاندری
۸	۴/۵۵	۴/۰۲	۱/۱۳	سینوسی
۹	۵/۱	۴/۳۲	۱/۱۸	سینوسی
۱۰	۵/۹۷	۵/۴۹	۱/۰۸	مستقیم
۱۱	۵/۱۳	۳/۹	۱/۳۱	سینوسی
۱۲	۶/۵۴	۵/۱۳	۱/۲۷	سینوسی
۱۳	۳/۸۲	۳/۱	۱/۲۳	سینوسی
۱۴	۵/۳۵	۴/۸۳	۱/۱	مستقیم
۱۵	۴/۳	۳/۸۷	۱/۱۱	سینوسی
۱۶	۶/۳۷	۵/۴۴	۱/۱۷	سینوسی
۱۷	۴/۶۳	۴/۲۵	۱/۰۸	مستقیم
۱۸	۶/۹۵	۵/۵۶	۱/۲۵	سینوسی
۱۹	۱۱/۹۳	۵/۶۳	۲/۱۱	مئاندری
۲۰	۹/۳۱	۵/۷۸	۱/۶۱	مئاندری
۲۱	۷/۹۶	۶/۲۸	۱/۲۶	سینوسی
۲۲	۶/۲۴	۵/۸۴	۱/۰۶	مستقیم
۲۳	۴/۶۱	۴/۳۷	۱/۰۵	مستقیم
۲۴	۵/۶۹	۴/۷۳	۱/۲۰	سینوسی

- 1 - Straight  
2 - Meander  
3 - Braided

با توجه به جدول (۱) بیشتر مسیر رودخانه قزل اوزن در بازه مورد مطالعه از الگوی سینوسی تبعیت می کند به طوری که از ۲۴ ترانسکت، تعداد ۱۵ ترانسکت الگوی سینوسی دارد. البته در برخی از بخش های مسیر رودخانه، گرایش به الگوی مستقیم نیز دیده می شود که تعداد ۶ ترانسکت از این الگو تبعیت می کند. گرایش به الگوی مئاندری در این بازه از مسیر رودخانه کم و تنها در ۳ ترانسکت دیده می شوند. رودخانه قزل اوزن در بازه مورد مطالعه، به جهت مورفولوژی محیط اطراف مجرای رودخانه، وضعیت همگنی ندارد. در حالت کلی می توان ۲ تیپ شاخص را در این ارتباط مورد شناسایی قرار داد. تیپ اول فرم کوهستانی است که بیشتر مسیر رودخانه در این فرم جریان دارد. در این بخش ها، رودخانه غالباً در معبری تنگ و باریک طی مسیر می کند و یال های دامنه در سواحل راست و چپ رودخانه با شیب تند به مجرا ختم می شود. تیپ دوم، فرم دشت سیلابی است که بخش کمتری از رود در آن جاری است. در این مناطق به جهت پهن تر شدن مجرا، کاهش شیب دامنه ها و وجود زمین های قابل کشت، سواحل اطراف به زیر کشت رفته اند و مناطق مسکونی شکل گرفته اند. از نظر شکل ظاهری رودخانه قزل اوزن در این قسمت، حالت شریانی دارد؛ زیرا پتانسیل حمل رسوبات آن بالا بوده و برای اتلاف انرژی مازاد، جریان در آن تمایل به گستردگی دارد. از این رو تهنشست مواد رسوبی کف به میزان فراوان صورت می یابد شکل (۲).



شکل (۲). فرم شریانی رودخانه قزل اوزن در ترانسکت شماره ۱۳

### بررسی کمی تغییرات جانبی مجرا

در این پژوهش، مجرای بازه مورد مطالعه از رودخانه قزل اوزن براساس مورفولوژی و روند تغییرات به ۲۴ ترانسکت تقسیم بندی شد و شاخص های کمی برای هر ترانسکت محاسبه گردید. میانگین میزان مهاجرت مجرای رودخانه قزل اوزن در طول ۲۰ سال گذشته در حدود ۴/۴۷ متر در سال بوده است و از این نظر به احتمال زیاد یکی از پویاترین رودخانه های ایران است. در جدول (۲) میانگین جابجایی عرضی به صورت

جداگانه برای هر یک از ترانسکت‌ها محاسبه گردید. بیشترین شدت جابجایی عرضی مجرا بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳ به مقدار قابل توجه ۱۰/۵۸ متر در سال، مربوط به ترانسکت شماره ۱۶ است که در نتیجه آن ۵۲/۵۱ هکتار بر ساحل سمت راست رودخانه افزوده و به همین میزان از مساحت ساحل سمت چپ رودخانه کاسته شده است. در ترانسکت‌های ۱۵ و ۱۲ مقدار جابجایی به ترتیب ۱۰/۴۴ و ۹/۶۵ متر بر سال بوده است. در اثر این جابجایی، در ترانسکت ۱۵ مقدار ۷۸/۷۶ هکتار از ساحل سمت راست کاسته و به همین میزان بر ساحل سمت چپ افزوده شده و در ترانسکت ۱۲ مقدار ۵۷/۳۵ هکتار بر ساحل سمت راست افزوده و به همین مقدار از مساحت ساحل سمت چپ کاسته شده است. در این بین کمترین شدت جابجایی به میزان ۰/۷۸ متر بر سال به ترانسکت ۱۹ مربوط می‌شود شکل (۳). با توجه به مباحث مطرح شده در تعیین شکل مسطحاتی مجرای رودخانه قزل‌اوزن، ترانسکت‌های ۱۲، ۱۵ و ۱۶ که بیشترین جابجایی عرضی در سال را داشته‌اند از الگوی سینوسی تبعیت می‌کنند.

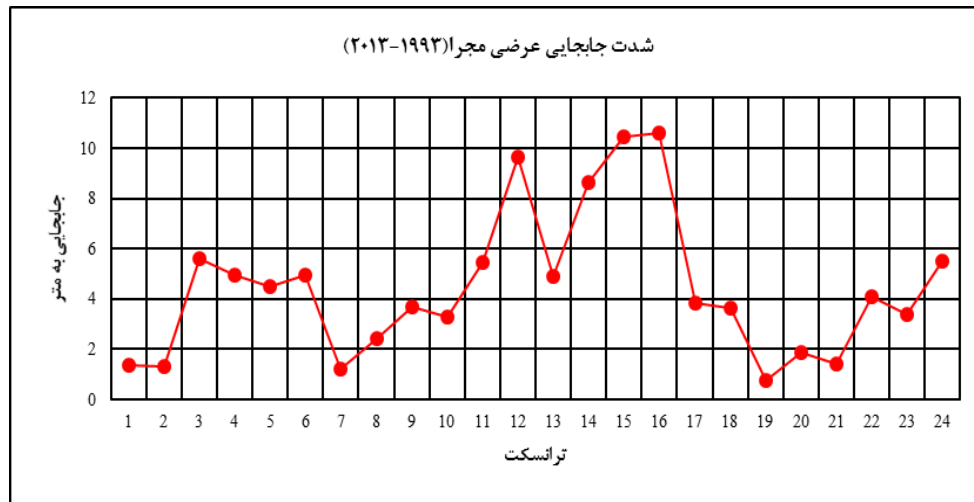
جدول (۲). مقادیر مربوط به شاخص‌های کمی مجرای رودخانه<sup>۱</sup>

ترانسکت	جهت نسبت به مجرا	مساحت در سال ۱۹۹۳ (هکتار)	مساحت در سال ۲۰۱۳ (هکتار)	میزان تغییرات (هکتار)	شدت جابجایی عرضی مجرا (m/y)
T1	R	۴۵۱/۳۶۶	۴۵۹/۷۵۱	-۸/۳۸۵	۱/۳۵
	L	۶۵۰/۷۲۴	۶۴۲/۳۴۰	۸/۳۸۳	
T2	R	۷۲۸/۰۱۵	۷۱۰/۶۴۶	۱۷/۳۶۹	۱/۳۳
	L	۹۹۰/۱۱۱	۱۰۰۷/۴۸	-۱۷/۳۶۹	
T3	R	۶۷۶/۴۴	۶۷۷/۹۷۹	-۱/۵۳۹	۵/۶۱
	L	۱۰۹۳/۳۹	۱۰۹۱/۸۵	۱/۵۳۹	
T4	R	۶۶۲/۰۹۹	۶۶۹/۱۵۰	-۷/۰۵	۴/۹۵
	L	۹۰۵/۵۶۷	۸۹۸/۵۱۷	۷/۰۵	
T5	R	۸۵۴/۵۹۶	۸۴۰/۷۲۳	۱۳/۸۷۳	۴/۴۹
	L	۹۴۱/۹۲۲	۹۵۵/۷۹۷	-۱۳/۸۷۵	
T6	R	۶۳۶/۳۷۵	۶۳۵/۵۶	۰/۸۱۵	۴/۹۶
	L	۱۲۶۵/۱۳	۱۲۶۵/۹۵	-۰/۸۱	
T7	R	۹۷۳/۱۵۱	۹۶۹/۵۳۸	۳/۶۱۳	۱/۲
	L	۱۲۵۶/۰۴	۱۲۵۹/۶۵	-۳/۶۱	
T8	R	۷۳۸/۳۶۴	۷۲۹/۳۹۶	۸/۹۶۸	۲/۴۳
	L	۹۹۶/۸۰۴	۱۰۰۵/۷۷	-۸/۹۶۵	
T9	R	۱۰۳۳/۴۹	۱۰۳۱/۶۴	۱/۸۵	۳/۷
	L	۱۰۲۸/۷۷	۱۰۳۰/۶۲	-۱/۸۵	
T10	R	۱۰۵۴/۸۱۹	۱۰۶۶/۳۹	-۱۱/۵۷	۳/۲۹
	L	۱۲۲۹/۲۴	۱۲۱۷/۶۷	۱۱/۵۷	

۱- تمامی شاخص‌ها بر اساس داده‌های وکتوری مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار Arc GIS اندازه‌گیری و محاسبه شده است.

۵/۴۳	۱۰/۱۵۳	۷۵۷/۴۷۶	۷۶۷/۶۳	R	T11
	-۱۰/۱۵۲	۶۹۳/۵۶۷	۶۸۳/۴۱۴	L	
۹/۶۵	۵۷/۳۵	۱۲۰۳/۷	۱۲۶۱/۰۵	R	T12
	-۵۷/۳۴	۹۷۰/۹۰۵	۹۱۳/۵۵۷	L	
۴/۸۸	-۱۲/۴۲۷	۶۴۱/۸۰۷	۶۲۹/۳۸	R	T13
	۱۲/۴۲۷	۴۴۶/۳۴۵	۴۵۸/۷۷۲	L	
۸/۶۴	-۷۰/۷۴۵	۹۱۸/۹۳۵	۸۴۸/۱۹	R	T14
	۷۰/۷۴۶	۷۲۱/۵۰۴	۷۹۲/۲۵	L	
۱۰/۴۴	-۷۸/۷۶۵	۷۸۳/۸۵۱	۷۰۵/۰۸۵	R	T15
	۷۸/۷۶۵	۵۸۵/۵۲۱	۶۶۴/۲۸۶	L	
۱۰/۵۸	۵۲/۵۱	۹۱۶/۴۴	۹۶۸/۹۵	R	T16
	-۵۲/۵۱	۸۹۰/۳۴۸	۸۳۷/۸۳۸	L	
۳/۸۵	۱۳/۰۸۲	۷۷۷/۶۴۶	۷۹۰/۷۲۸	R	T17
	-۱۳/۰۸۱	۸۴۰/۰۸۱	۸۲۷	L	
۳/۶۳	۱۰/۱۱۴	۹۲۹/۱۲	۹۳۹/۲۳۴	R	T18
	-۱۰/۱۲	۱۳۲۲/۲۹	۱۳۱۲/۱۷	L	
۰/۷۸	۴/۴۵۹	۹۶۰/۱۱۲	۹۶۴/۵۷۲	R	T19
	-۴/۴۶	۱۰۲۳/۳۳۴	۱۰۱۸/۸۸	L	
۱/۸۷	-۱۰/۷۸۹	۱۱۲۶/۸۵	۱۱۱۶/۰۶	R	T20
	۱۰/۹۷	۱۳۵۰/۸۵	۱۳۶۱/۶۴	L	
۱/۴۱	-۰/۵۱	۱۱۳۷/۶۵	۱۱۳۷/۱۴	R	T21
	۰/۵۱	۱۴۵۲/۳۴	۱۴۵۲/۸۵	L	
۴/۱۱	۱/۵۶	۱۰۲۳/۹	۱۰۲۵/۴۶	R	T22
	-۱/۵۷	۱۴۱۵/۵۵	۱۴۱۳/۹۸	L	
۳/۳۷	۱۱/۴۷۷	۶۹۳/۸۴۳	۷۰۵/۳۲	R	T23
	-۱۱/۴۸	۱۱۲۸/۵۳	۱۱۱۷/۰۵	L	
۵/۵۲	-۱۳/۵۲۶	۱۰۰۱/۱۲	۹۸۷/۵۹۳	R	T24
	۱۳/۵۲	۱۱۹۱/۲۸	۱۲۰۴/۸	L	

منبع: محاسبات نگارندگان



شکل (۳). شدت جابجایی عرضی مجرا در طول مسیر رودخانه قزل اوزن (از ماهنشان تا کوهبنان)

بررسی ویژگی‌های مورفولوژی بستر مجرا، در طول بازه مورد مطالعه نشان می‌دهد که جابجایی‌های عرضی بیشتر در قسمت‌هایی از مسیر رودخانه اتفاق افتاده که، بستر رودخانه دارای مشخصه‌های دشت سیلابی است و بستر رودخانه در این مناطق به میزان قابل توجهی عریض تر می‌شود. در این بخش از بازه مورد مطالعه، شیب به میزان زیادی کاهش و نزدیک صفر است. به دلیل همین ویژگی‌ها، در طول مسیر ۱۵۸ کیلومتری بازه مورد مطالعه، بیشترین گسترش اراضی کشاورزی در این مناطق قابل مشاهده است. به بیان دیگر، عبور رودخانه قزل اوزن از روی سازندهای سست و حساس به فرسایش باعث شده عرض رودخانه گسترش جانبی زیادی داشته باشد و آزادی عمل رودخانه نسبت به تغییرات جانبی بیشتر صورت گیرد. از این رو بیشترین عرض رودخانه نیز بر روی همین سازندها ایجاد شده است. همچنین باید افزود، عبور جریان رودخانه با دبی بالا در مواقع سیلابی از روی این سازندهای سست، سبب شده میزان بار معلق این رودخانه زیاد باشد.

### نتیجه‌گیری

جابجایی جانبی مجرای رودخانه قزل اوزن، از مسائل و مشکلات منطقه به ویژه برای کشاورزان منطقه محسوب می‌شود، به طوریکه در ترانسکت‌های مختلف این رودخانه، ده‌ها متر جابجایی مجرا در طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳ رخ داده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که پلانفرم رودخانه قزل اوزن در محدوده مورد مطالعه، بیشتر از نوع سینوسی است. همچنین نتایج حاصل از تغییرات جانبی مجرا نشان داد که میانگین میزان مهاجرت مجرای رودخانه ارس در طول ۲۰ سال گذشته در حدود ۴/۴۷ متر در سال بوده است. باید افزود که، در طی دوره ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳، نزدیک ۲۰۷/۱۴ هکتار به ساحل سمت راست رودخانه افزوده و نزدیک ۲۱۵/۳۱ هکتار از ساحل سمت راست کاسته شده است. بررسی ویژگی‌ها مورفولوژی بستر مجرا نیز نشان می‌دهد که جابجایی‌های عرضی بیشتر در قسمت‌های از مسیر رودخانه اتفاق افتاده که بستر رودخانه دارای مشخصه‌های سیلاب دشتی است. در حالی که در بخش‌های با مشخصه کوهستانی، جابجایی‌های عرضی بسیار کم و ناچیز است. براساس نتایج بدست آمده راستای جابجایی مجرای رودخانه قزل اوزن طی سال‌های

اخیر به نفع ساحل چپ بود است. به طوری که در طی دوره ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۳، نزدیک ۲۰۷/۱۴ هکتار به ساحل سمت راست رودخانه افزوده و نزدیک ۲۱۵/۳۱ هکتار از ساحل سمت راست کاسته شده است. در واقع با توجه به اختلاف اعداد فوق، در مجموع ۸/۱۷ هکتار از مساحت ساحل سمت راست کاسته شده است. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده در بخش های مختلف می توان چنین نتیجه گرفت که روش ترانسکت می تواند به عنوان روش جدیدی برای بررسی کمی میزان جابجایی جانبی مجرای رودخانه های سیلابی مورد استفاده قرار گیرد.

### منابع

- بهرامی؛ صاحب، (۱۳۸۷). **بررسی تغییرات مسیر رودخانه کارن با استفاده از تصاویر ماهواره ای Landsat 1991, Landsat 2006 و IRS** (مطالعه موردی: شوشتر - اهواز)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان.
- رضایی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا و اصغر اصغری سراسکانرود، (۱۳۹۱). **بررسی تغییرات الگوی هندسی رودخانه قزل اوزن با استفاده از تحلیل هندسه فراکتال، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی (دانشگاه تبریز)**، ۱۶(۴۰)، ۱۱۹-۱۳۹.
- رضائی مقدم، محمدحسین و نوشین پیروزی نژاد، (۱۳۹۳). **بررسی تغییرات مجرا و فرسایش کناره ای در رودخانه گاماسیاب از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹**. نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، ۱۸(۴۷)، ۱۰۹-۱۳۲.
- شریفی کیا، محمد و نعمت مال امیری. (۱۳۹۲). **آشکارسازی تغییرات الگوی مکانی رودخانه هیرمند و تحلیل مورفولوژیکی آن**. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۴، ۱۶۰-۱۴۹.
- یاسی، مهدی. (۱۳۹۴). **جزوه درسی مهندسی رودخانه پیشرفته (قسمت اول)**. کارشناسی ارشد و دکتری، گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه. صص ۴۰.
- یمانی، مجتبی، رحیمی، مسعود و عبدالکریم ویسی. (۱۳۹۴). **مورفومتری و مقایسه تغییرات عرضی رودخانه ارس طی سه دهه اخیر (مطالعه موردی: پایین دست سد میل مغان)**. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۴، ۸۹-۷۴.
- Abate, M., Nyssen, J., Steenhuis, T. S., Moges, M. M., Tilahun, S. A., Enku, T., and Adgo, E. (2015). **Morphological changes of Gumara River channel over 50 years, upper Blue Nile basin, Ethiopia**. *Journal of Hydrology*, 525, 152-164.
- Atwwod, J., T. Watts, K. Price, J. Kastens. (2005). **The big picture-satellite remote sensing application in rangeland assessment and crop insurance**. Reviewed and Published Proceedings, Agricultural Outlook Forum 2005. Speech Booklet 2, 26 p.
- Casado, A., Peiry, J., Cambo, A.M. (2016). **Geomorphic and vegetation changes in a meandering dryland river regulated bu a large dam, Sauce Grand River**. Argentina. *Geomorphology*, 268, 21-34.
- Charlton, R. (2008). **Fundamental of Fluvial Geomorphology**. 1-234.
- Dufour, S., Massimo, R., Hervé, P., Michalon, A. (2015). **How do river dynamics and human influences affect the landscape pattern of fluvial corridors?**

- Lessons from the Magra River, Central–Northern Italy.** *Journal of Landscape and Urban Planning*, 134, 107–118.
- Fung, T., Ledrew, E. (1998). **The Determination of Optimal Threshold Levels for Chsnge Detection Using Various Accuracy Indices, Potogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54, 1449 – 1454.
- Giardino, John R and Lee, Adam A. (2011). **Rates of channel migration on the Brazos River. Submitted to the Texas Water Development Board.** Department of Geology and Geophysics, Texas A and M University.
- Lauer, J. Wesley. (2006). **NCED Stream Restoration Toolbox**, Channel plan form Statistics. National center for earth-surface dynamics.
- Magdaleno, F., and Y. J. A., Fernandez. (2011). **Meander dynamics in a changing river corridor.** *Geomorphology*, 130, 197-207.
- Pires-Luiz, C. H and M., Philippe. (2010). **Inferring fluctuations of the aquifer by monitoring the area of small lakes in a Brazilian savanna region using a temporal sequence of 50 Landsat images.** ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, 7. 463-468.
- Price, K. P, Egbert, S. L., Nellis, M. D., Lee, R., and, R, Boyce. (1997). **Mapping Landcover in a High Plains Agroecosystem Using a Multidate Landsat Thematic Mapper Modeling Approach.** *Transaction of Them Kansas Academy of Science*, 100, 21- 33.
- Provansal, M., Dufour, S., François, S., Anthony, E.J., Raccasi, G., and Robresco, S. (2014). **The geomorphic evolution and sediment balance of the lower Rhône River (southern France) over the last 130 years: Hydropower dams versus other control factors.** *Journal of Geomorphology*, 219, 27– 41.
- Rhoads, B. L., Quinn, W. L., and W. Andresen. (2016). **Historical changes in channel network extent and channel planform in an intensively managed landscape: Natural versus human-induced effects,** *Journal of Geomorphology*, 252, 17–31.
- Rozo, M. G., Nogueira, A. C., and Castro, C. S. (2014). **Remote sensing-based analysis of the planform changes in the Upper Amazon River over the period 1986–2006.** *Journal of South American Earth Sciences*, 51, 28-44.
- Shields, F. Douglas., Simon, Andrew. Steffen, Lyle J. (2000). **Reservoir effects on downstream river channel migration.** *Environmental Conservation*, 27, 54–66.
- Tejeda, E. M., Zabalza, J., Rahman Kazi, S.A.G, Moreno, I.J., Vicente, S., Lehmann, A., Tague, C.L., Beniston M. (2014). **Hydrological impacts of climate and land-use changes in a mountain watershed: uncertainty estimation based on model comparison,** *Journal of ECOHYDROLOGY*, 10, 1 – 21.
- Xu, H. (2007). **Extraction of urban built-up land features from Landsat imagery using a thematic-oriented index combination technique.** *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73, 1381-1391.
- Zaharia, G., I, Gabriel, M., Lili. (2015). **Using Pressure and Alteration Indicators to Assess River Morphological Quality: Case Study of the Prahova River (Romania).** *Journal of Water*, 7, 2971-2989.
- Zhang, T., Xingnan, Z, Dazhong, X., Yangyang, L. (2014). **An Analysis of Land Use Change Dynamics and Its Impacts on Hydrological Processes in the Jialing River Basin,** *Journal of Water*, 3758 – 3782.