

Analysis of Channel Form and Evaluation of the Givi Chay River Power (from Givi Dams to the Annex to the Ghezelozan River)

Elnaz Piroozi¹, Aghil Madadi^{*2}, Sayyad Asghari Saraskanrood³

- 1- PhD Student of Geomorphology, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 2- Associate professor of Geomorphology, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 3- Associate professor of Geomorphology, Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

Rivers have different patterns along their path, and understanding these patterns could help researchers understand and predict the responses of human activities and natural factors of the river. In addition, in the morphological analysis, the flow power is one of the most important parameters. Therefore, the purpose of this study was to analyze the channel form and to evaluate the river power in different return periods as well as to estimate the shear stress in the Givi Chay River using Landsat 8 images, topographic maps, geology, hydrological, and field data. Morphological and hydrological indices, as well as methods for analyzing the total river power, river specific power, and shear stress, were used to achieve the purpose of the study. The calculation of the bending coefficient showed that the river pattern was sinusoidal in the first and third intervals and was meandering in the second interval. According to the central angle characteristics, the first and the second intervals were in the highly-developed meandering form and the third interval was in the developed meandering form. Also, according to the results of the study, the highest amount of the total river power was in the first interval at the 4th, 5th, and 6th sections. The specific strength of the river was high in the third intervals and the 2nd, 1st, 5th, and 6th sections. At present, due to the low strength of the lithological formations in these sections, the erosion of the riverbed is observed in these sections. The lowest specific power was due to the high river width and low bed slope at sections 12 and 13. The highest amount of shear stress was in the first interval in sections 5, 6, 2, and the lowest shear stress was in sections 12 and 13. In general, channel formation and channel dynamics in the Givi Chay River were influenced by discharge, lithological resistance of the riverbed, and human interference (encroachment on the riverbed, construction of bridges, and dumping of construction waste and debris).

Keywords: Morphological Indices, Canal and River Power, Shear Stress, Givi Chay.

تحلیل شکل مجرا و ارزیابی قدرت رودخانه گیوی‌چای (از حدفاصل سد گیوی تا الحاق به رودخانه قزل‌اوزن)

الناز پیروزی، دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولیک، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

عقیل مددی*، دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
صیاد اصغری سراسکانرود، دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
وصول: ۱۳۹۸/۱۰/۳ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۷ صص ۹۸-۷۹

چکیده

رودها در مسیر خود الگوهای متفاوتی دارند و شناخت این الگوها به پژوهشگران در درک و پیش‌بینی واکنش‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی رودخانه کمک می‌کند؛ به علاوه در تجزیه و تحلیل‌های مورفولوژیکی، قدرت جریان، از مهم‌ترین عوامل محسوب می‌شود؛ بنابراین هدف این پژوهش، تحلیل شکل مجرا و ارزیابی قدرت رودخانه در دوره‌های بازگشت مختلف و همچنین برآورد تنش برشی در رودخانه گیوی‌چای با استفاده از تصویر لندست هشت، نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، داده‌های هیدرولوژیکی و میدانی است.

برای دستیابی به اهداف، از شاخص‌های مورفولوژیکی و روش‌های تحلیل قدرت کل، قدرت مخصوص رودخانه و تنش برشی موجود استفاده شد. محاسبه مقدار ضریب خمیدگی نشان داد الگوی رودخانه در بازه اول و سوم به‌صورت سینوسی و در بازه دوم به‌صورت پیچان‌رودی است و با توجه به مشخصه‌های زاویه مرکزی، بازه اول و دوم به‌صورت پیچان‌رود بسیار توسعه‌یافته و بازه سوم به‌صورت پیچان‌رود توسعه‌یافته است؛ همچنین با توجه به نتایج پژوهش، بیشترین میزان قدرت کل رودخانه در بازه اول و در مقاطع ۴، ۵ و ۶ است و قدرت مخصوص رودخانه در مقاطع بازه سوم و مقاطع ۲، ۱، ۵ و ۶ زیاد است؛ در حال حاضر نیز به علت مقاومت کم سازندهای لیتولوژی در این مقاطع، فرسایش بستر و کنار رودخانه مشهود است. کمترین قدرت مخصوص رودخانه به دلیل وجود عرض زیاد رودخانه و شیب کم بستر در مقاطع ۱۲ و ۱۳ بوده است. بیشترین میزان تنش برشی موجود نیز، در بازه اول و در مقاطع ۵، ۶ و ۲ و کمترین مقدار تنش برشی در مقاطع ۱۲ و ۱۳ است. در حالت کلی، شکل‌گیری الگو و دینامیک مجرا در گیوی‌چای متأثر از دبی، مقاومت لیتولوژیکی بستر و کناره رودخانه و دخالت‌های انسانی (مانند تجاوز به حریم بستر رود، احداث پل‌ها و ریختن زباله‌ها و نخاله‌های ساختمانی) است.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های مورفولوژیکی، مجرا و قدرت رودخانه، تنش برشی، گیوی‌چای

مقدمه

می‌شود (Flores et al., 2006: 2).

قدرت رودخانه بر ویژگی‌های جغرافیایی مانند میزان انتقال بار بستر (Bagnold, 1996: 12)، تأثیر ژئومورفیک سیلاب (Magilligan, 1992: 373)، مهاجرت کانال‌ها (Nanson & Hickin, 1986: 497) و الگوی کانال (Ferguson, 1995: 34) تأثیر بسیار زیادی دارد. تعیین قدرت فرسایشی رودخانه برای هر کدام از مقاطع از این نظر حائز اهمیت است که می‌توان شرایط و توان هیدرودینامیک جریان را ارزیابی و درباره اشکالی قضاوت کرد که در هر مقطع وجود دارد و متأثر از هیدرودینامیک جریان ایجاد شده یا عوامل دیگر در ایجاد آنها دخیل بوده است.

پژوهش‌هایی در زمینه تحلیل شکل مجرا و ارزیابی قدرت رودخانه انجام شده است؛ از جمله اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۵) نحوه توزیع قدرت رودخانه و تنش برشی را در محدوده شهری سراسکاندچای بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد در مقاطع ۱۰، ۱۱ و ۱۲ قدرت مخصوص و تنش برشی بیش از سایر مقاطع و در مقاطع ۹، ۱۵ و ۱۶ به علت عرض زیاد بستر رودخانه و شیب کم بستر، قدرت مخصوص و تنش برشی کمتر از سایر مقاطع بوده است.

اصغری سراسکانرود (۱۳۹۶) با استفاده از روش‌های شاخص‌های مورفولوژیکی و تحلیل قدرت رودخانه، شکل مجرا و قدرت رودخانه کلکان‌چای را تحلیل و ارزیابی کرده است. نتایج پژوهش نشان داد شکل‌گیری الگو و دینامیک مجرا در محدوده پژوهش متأثر از ویژگی‌های فرایندهای هیدرولوژیکی، مقاومت لیتولوژیکی و عوامل انسانی است و با کاهش عرض مجرا، قدرت رودخانه افزایش می‌یابد.

رودخانه‌ها و فرایندهای رودخانه‌ای در سطح زمین، مهم‌ترین سیستم‌های ژئومورفیک فعالاند (Bag et al., 2019: 614). رودها در امتداد مسیر خود شرایط متفاوتی را تجربه می‌کنند؛ به طوری که از مسیر کوهستانی شروع می‌کنند و پس از عبور از دشت‌ها به مصب دریاها یا دیگر رودهای اصلی می‌رسند و در هر کدام از این مناطق رفتاری کاملاً متفاوت را به نمایش می‌گذارند و در نتیجه الگوهای متفاوتی به خود می‌گیرند (اصغری سراسکانرود، ۱۳۹۶: ۱۱۸). مورفولوژی و الگوهای متفاوت رودخانه‌ها به عوامل متعددی بستگی دارد؛ مانند جنس و لیتولوژی مواد دیواره‌ها و بستر (Pike et al., 2010: 1; Batalla et al., 2018: 322)، فعالیت‌های تکنونیک (Petrovszki & Timar, 2010: 223; Ayaz & Dhali, 2019: 1). عوامل آنتروپوژنی مانند منحرف کردن سیلاب، احداث مناطق مسکونی، برداشت شن و ماسه، احداث اسکله‌ها و پل‌ها (Mandal et al., 2016: 99; Bandyopadhyay & Kumar, 2018: 151) و احداث سد (Minh Hai et al., 2019: 2; Himmerling et al., 2019: 1165)؛ ولی باید توجه داشت که غالباً یک یا دو عامل تغییرات را کنترل می‌کنند.

پژوهشگران بر این باورند که اصولاً طبقه‌بندی الگوی رودخانه و برقراری رابطه بین مورفولوژی و فرایندهای شکل‌گرفته در رودخانه به آنها در درک درست و پیش‌بینی واکنش‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی رودخانه کمک خواهد کرد (Montgomery & John, 1998: 597)؛ به علاوه مورفولوژی بستر کانال، تابعی از قدرت جریان و تنش برشی محلی است که با شیب کانال و دبی تعیین

دریاچه لوران جنوبی محاسبه کردند. نتایج پژوهش نشان داد میزان حمل رسوبات متأثر از مواد بستر و این عامل متأثر از توزیع قدرت رودخانه و تنش برشی است.

کیبت لنگت و همکاران^۷ (۲۰۱۹) در پژوهشی دینامیک رودخانه تانا را بررسی و بیان کرده‌اند نیروهای حرکتی بالقوه برای تغییرات مورفولوژیکی رودخانه شامل رژیم هیدرولوژیکی، شیب، لیتولوژی و کاربری اراضی است.

رودخانه گیوی چای از رودخانه‌های دائمی استان اردبیل در شمال غرب کشور ایران است و با توجه به بررسی پیشینه پژوهش، هنوز پژوهشگران پژوهش جامع و کاملی درباره این رودخانه انجام نداده‌اند؛ بنابراین در این پژوهش نخست الگوی رودخانه گیوی چای از حفاصل سد گیوی تا الحاق به رودخانه قزل‌اوزن بررسی شده است؛ سپس قدرت مخصوص و قدرت کل رودخانه برای دوره‌های بازگشت مختلف برآورد شده و در نهایت برای اینکه بدانیم آیا افزایش قدرت مخصوص رودخانه در نواحی مختلف تأثیر یکسانی خواهد داشت یا اینکه عوامل هر مقطع مهم‌ترین عامل برای تعیین میزان تغییرات مقطع است، تنش برشی موجود محاسبه شده است.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر google Earth و لندست هشت، شامل سنجنده OLI (۲۰۱۹)، نقشه‌های تعیین حد بستر و حریم رودخانه گیوی چای با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و داده‌های

مرتضوی و همکاران (۱۳۹۷) الگوهای پیچان‌رودی رودخانه گلمکان را با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که میانگین ضریب خمیدگی قوس‌ها برابر با ۱/۴۷ است و به ترتیب ۱۳/۶۸ و ۵۸/۹۲ درصد قوس‌ها در زمرة پیچان‌رود توسعه‌یافته و توسعه‌نیافته قرار دارند.

کافمن و همکاران^۱ (۲۰۰۸) از شاخص مقاومت نسبی برای ارزیابی کل پایداری بستر استفاده کردند و در شاخص پایداری نسبی بستر اصلاحاتی انجام دادند.

پارکر و همکاران^۲ (۲۰۱۱) قدرت رودخانه و ارتباط آن را با شیب و حمل ذرات درشت رودخانه بررسی کردند. نتایج نشان داد قدرت رودخانه با میزان حمل رودخانه رابطه بسیار نزدیکی دارد و با افزایش شیب، ذرات بزرگ‌تر حمل می‌شود.

اسکوت^۳ (۲۰۱۳) قدرت جریان و تغییر هندسه کانال را در رودخانه آبی^۴ ویسکانسین^۵ بررسی کرده است. با توجه به نتایج پژوهش، دبی و مقاومت سازنده‌های اطراف رودخانه به‌مثابه دو عامل مهم کنترل تغییرات پایین دست در هندسه کانال جریان شناخته شده و قدرت جریان مقطعی به شدت با شکل کانال همراه است.

فیلیپس و دسلوگس^۶ (۲۰۱۴) با توجه به دبی رودخانه، شیب بستر، عرض مجرا و داده‌های میدانی، قدرت رودخانه را در رودخانه‌های واقع در حوضه

^۱. Kaufmann et al

^۲. Parker et al

^۳. Scott

^۴. Blue River

^۵. Wisconsin

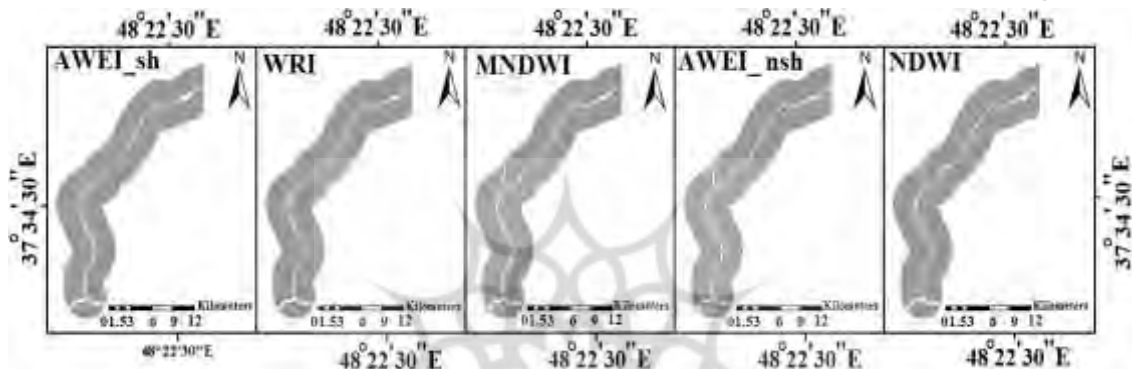
^۶. Phillips & Desloges

^۷. Kibet Langat

کاپا و صحت کلی، مسیر رودخانه استخراج شده با شاخص AWEI_sh تأیید و استفاده شد (جدول ۲). به منظور بررسی تراکم پوشش گیاهی محدوده پژوهش نیز، شاخص NDVI (رابطه ۱) به کار رفت که در این رابطه ρ_{NIR} : باند ۵ و ρ_{red} : باند ۴، لندست ۸ است.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

میدانی استفاده شده است. برای پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز، نرم‌افزارهای Arc ENVI، GIS، Excel، HEC RAS و Smada به کار رفته است. تصحیح اتمسفری با روش FLAASH روی تصویر ماهواره‌ای انجام و با استفاده از شاخص‌های آب شامل AWEI_، AWEI_ no shadow، MNDWI، NDWI و shadow (جدول ۱) مسیر رودخانه از روی تصاویر استخراج شد (شکل ۱). با توجه به ضریب



شکل ۱. اعمال شاخص‌های مختلف در منطقه پژوهش در سال ۲۰۱۹ (لندست ۸)؛ (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۱. شاخص‌های استفاده شده در پژوهش

| شاخص‌ها | رابطه‌های اصلی | اعمال شاخص‌ها در تصویر لندست هشت | مقدار پیکسل‌های آب | منابع |
|-----------------|--|---|--------------------|--------------------|
| NDWI | $(Green-NIR)/(Green+NIR)$ | $(B_3-B_5)/(B_3+B_5)$ | بزرگ‌تر از صفر | McFeeters (1996) |
| MNDWI | $(Green-MIR)/(Green+MIR)$ | $(B_3-B_6)/(B_3+B_6)$ | بزرگ‌تر از صفر | Xu (2006) |
| AWEI_ no shadow | $4 \times (Green-SWIR1) - (0.25 \times NIR + 2.75 \times SWIR2)$ | $4 \times (B_3-B_6) - (0.25 \times B_5 + 2.75 \times B_7)$ | بزرگ‌تر از صفر | Feyisa et al(2014) |
| AWEI_ shadow | $Blue + 2.5 \times Green - 1.5 \times (NIR + SWIR1) - 0.25 \times SWIR2$ | $B_2 + 2.5 \times B_3 - 1.5 \times (B_5 + B_6) - 0.25 \times B_7$ | بزرگ‌تر از صفر | Feyisa et al(2014) |
| WRI | $(Green+Red)/(NIR+SWIR1)$ | $(B_3+B_4)/(B_5+B_6)$ | بزرگ‌تر از یک | Shen & Li (2010) |

جدول ۲. صحت کلی و ضریب کاپا (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| شاخص | NDWI | MNDWI | AWEI_nsh | AWEI_sh | WRI |
|----------------|-------|-------|----------|---------|-------|
| ضریب کاپا | ۰/۸۹ | ۰/۹۳ | ۰/۹۷ | ۰/۹۸ | ۰/۹۰ |
| صحت کلی (درصد) | ۹۰/۰۳ | ۹۵/۳۵ | ۹۸/۵۱ | ۹۹/۴۲ | ۹۲/۰۶ |

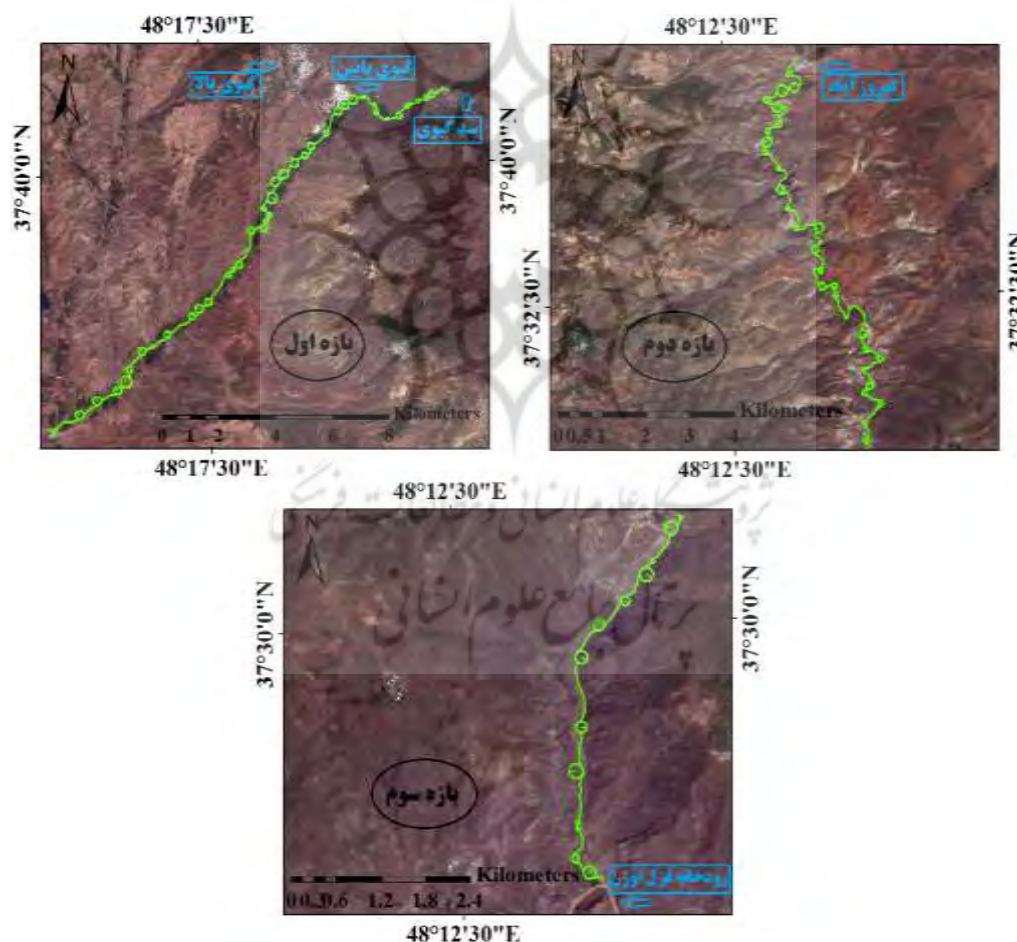
$$S = \frac{L}{\lambda/2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲) S : ضریب خمیدگی، L : طول قوس و $\lambda/2$: نصف طول موج است. زاویه مرکزی قوس‌های زده‌شده روی هرکدام از بازه‌ها نیز، با استفاده از رابطه ۳ (ضریب کورنیاس) محاسبه شد.

$$A = \frac{180L}{R\pi} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه بالا A : زاویه مرکزی، L : زاویه مرکزی و R : شعاع دایره برازش‌شده است. مسیر رودخانه و دایره برازش‌شده بر پیچان رودها در شکل ۲ نمایش داده شده است.

پس از استخراج مسیر رودخانه با توجه به شاخص‌های طیفی آب، در مرحله بعد براساس متغیرهای مختلفی از قبیل کنترل زمین‌شناسی و توپوگرافی، عرض دشت سیلابی و آثار آنتروپوژنیک و با توجه به مشاهده میدانی و استفاده از تصاویر Google Earth و ماهواره لندست، برای انجام بررسی دقیق‌تر و علمی‌تر، رودخانه در پایین‌دست سد گیوی به سه بازه تقسیم شد: بازه ۱ (بازه دشتی)، بازه ۲ (بازه کوهستانی) و بازه ۳ (بازه نیمه‌کوهستانی). ضریب خمیدگی با استفاده از رابطه ۲ (ضریب پیتز) به دست آمد.



شکل ۲. مسیر رودخانه و دایره برازش‌شده بر پیچان رودها (تصویر سنتینل ۲، ترکیب باندهای قرمز، سبز و آبی)

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

مقطع مشخص از داده‌های دبی پیک ماهانه و دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف استفاده شده است (جدول ۳). با توجه به داده‌های ایستگاه هیدرومتری فیروزآباد، دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از نرم‌افزار Smada و توزیع گامبل به دست آمده است. با توجه به اینکه تنش برشی مرزی (موجود)، شروع حرکت ذرات رسوبی با جریان آب در بستر رود را نشان می‌دهد، تنش برشی موجود (مرزی) با استفاده از رابطه (۶) به دست آمد.

$$\tau = \rho w g R S \quad \text{رابطه (۶)}$$

بر اساس این رابطه τ : تنش برشی مرزی برحسب نیوتن بر مترمربع، ρw : وزن مخصوص آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، g : شتاب ثقل برحسب متر بر مجذور ثانیه، R : شعاع هیدرولیک یا عمق آب برحسب متر و S : شیب بستر یا شیب خط انرژی است (Phillips & Desloges, 2014: 3).

قدرت کل رودخانه با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$\Omega = \gamma Q S \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه Ω : قدرت کل رودخانه (در واحد وات بر متر)، γ : وزن مخصوص آب (۹۸۱۰ نیوتن بر مترمربع)، Q : دبی (مترمکعب بر ثانیه) و S : شیب کانال است. قدرت رودخانه همچنین ممکن است در واحد بستر رود به صورت قدرت مخصوص در واحد مترمربع به شکل رابطه (۵) بیان شود.

$$\omega = \gamma Q S / W \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه ω : قدرت مخصوص رود در واحد وات بر مترمربع است که به میانگین مقطع عرضی قدرت رود در هر واحد از عرض رودخانه (یا قدرت رود در واحد سطح بستر، مترمربع) بیان می‌شود (Phillips & Desloges, 2014: 3). برای تعیین قدرت مخصوص رود در شرایط عادی جریان از میانگین سالیانه جریان و برای تعیین حداکثر توان رود در یک

جدول ۳. دوره بازگشت دبی پیک ماهانه و دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه گیوی چای به روش توزیع گامبل

| | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| دوره‌های بازگشت | ۲ | ۲/۳۳ | ۵ | ۱۰ | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۵۰۰ |
| دبی پیک ماهانه | ۱۹/۸۶ | ۲۳/۰۴ | ۳۶/۸۸ | ۴۸/۱۶ | ۶۲/۴۰ | ۷۲/۹۷ | ۸۳/۴۶ | ۹۳/۹۱ | ۱۰۷/۷۰ |
| دبی حداکثر لحظه‌ای | ۶۹ | ۸۲ | ۱۱۷ | ۱۴۸ | ۱۸۹ | ۲۱۹ | ۲۵۰ | ۲۸۱ | ۳۲۳ |

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

و گیوی را با دره تنگ و عمیقی می‌برد و به شهر گیوی می‌رسد. در این منطقه این رود به «گیوی چای» معروف است. این رودخانه پس از گذشتن از شهر گیوی و پیوستن به رودخانه فیروزآباد به قزل‌اوزن می‌ریزد (شکل ۳).

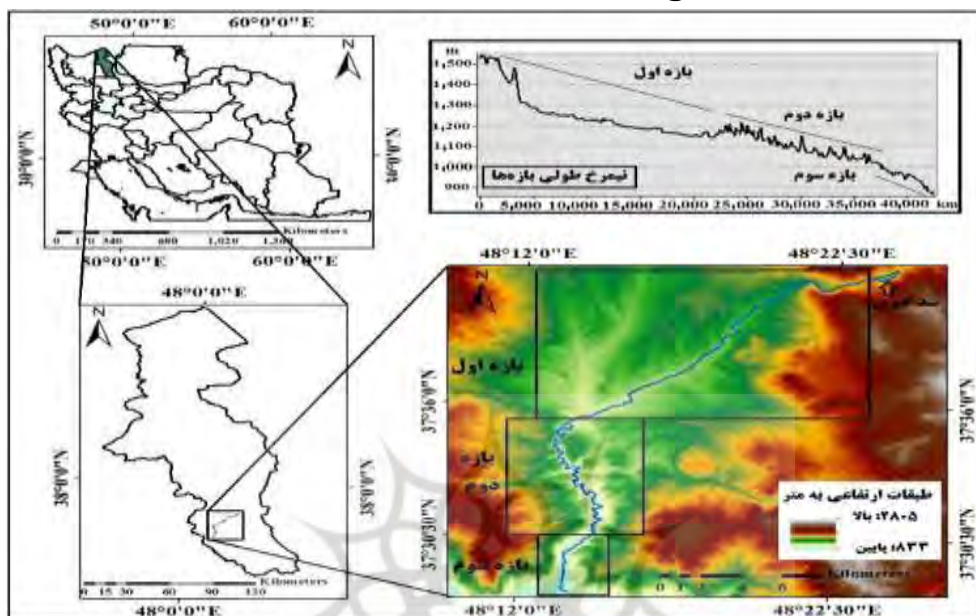
محدوده پژوهش بین $۱۴^{\circ} ۴۸'$ تا $۲۳^{\circ} ۴۸'$ طول شرقی و $۲۸^{\circ} ۳۷'$ تا $۴۱^{\circ} ۳۷'$ عرض شمالی قرار دارد.

معرفی محدوده پژوهش

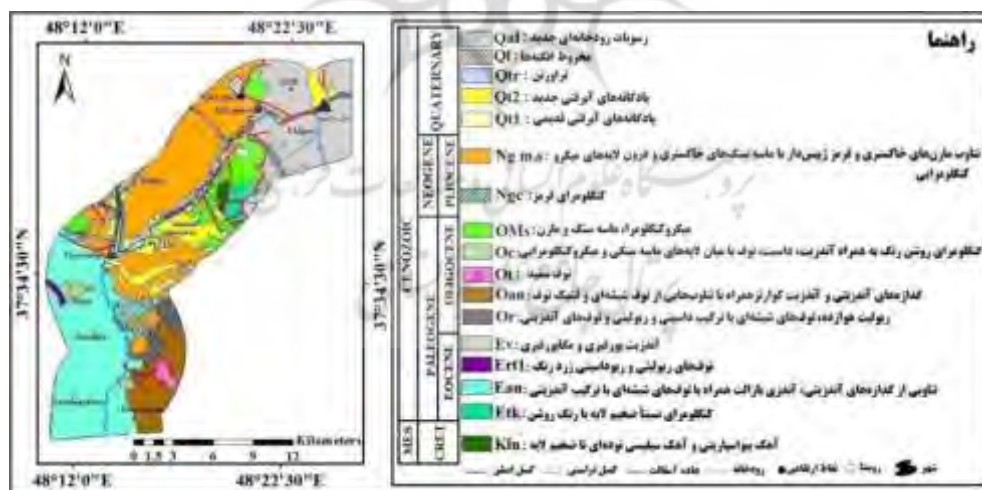
رودخانه گیوی چای از جمله رودخانه‌های دائمی استان اردبیل است. دو رود هیرو که از ارتفاعات جنوب شهر خلخال سرچشمه گرفته است و آریاچای که از شمال به جنوب جاری است، در پایین دست به هم می‌پیوندند و جریان در نزدیکی روستای اینالوا به سمت غرب منحرف می‌شود و ارتفاعات بین خلخال

همراه بوده است؛ به علاوه رسوبات کواترنری محدوده مشتمل بر پادگانه‌های آبرفتی، واریزه‌ها و رسوبات دامنه‌ای و نهشته‌های رودخانه‌ای است (شکل ۴).

این محدوده به‌طور عمده از سازندهای آتشفشانی و آذرآواری ترشیری به‌ویژه ائوسن، الیگوسن و میوسن تشکیل شده که با رسوب‌گذاری سنگ‌هایی نظیر کنگلومرا، ماسه‌سنگ، مارن و لایه‌های گچ و آهک



شکل ۳. نقشه موقعیت محدوده پژوهش (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۴. نقشه زمین‌شناسی محدوده پژوهش (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

خمیدگی ۱/۵ تا ۱/۰۵ دارد؛ بنابراین پلان‌فرم مجرا به‌صورت سینوسی است؛ ولی در بازه دوم بیش از ۶۰ درصد از محدوده خمیدگی ۱/۵ تا ۲ دارد؛ بنابراین

یافته‌های پژوهش

بررسی شکل و الگوی رودخانه گیوی چای

در بازه‌های اول و سوم، بخش اعظم بازه، ضریب

قوس مئاندر، پهنای دشت سیلابی به دلیل فرسایش افزایش یافته است.

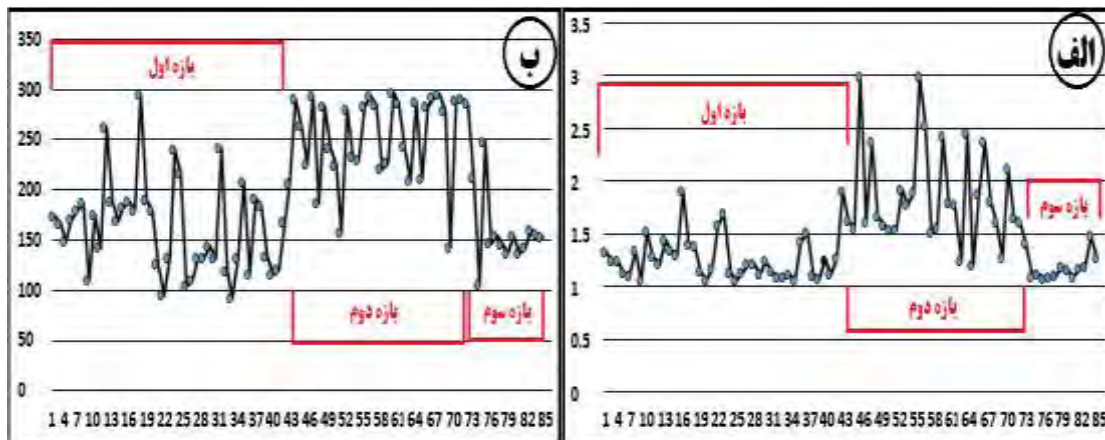
در بازه دوم، میانگین زاویه مرکزی نسبت به دیگر بازه‌ها زیاد است؛ در واقع رودخانه در مسیری پریپیچ و خم‌دار جریان یافته که به علت مقاومت زمین‌شناسی کنار رودخانه و عرض کم منتج از این عامل است و میزان توسعه پیمان‌رودی به‌طور کامل از لیتولوژی بستر و کناره تأثیر پذیرفته و پیمان‌رودهای توسعه‌یافته در سازندهایی با مقاومت کم و با توان زیاد برش هیدرولیکی گسترش یافته‌اند؛ ولی از آنجا که توپوگرافی منطقه بسیار خشن است و رودخانه در دره عمیق محاط شده، مرحله تبدیل به نعل اسبی دیده نمی‌شود (جدول ۴). در شکل ۵، روند تغییرات ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی در رودخانه گیوی‌چای نمایش داده شده است.

الگوی بازه به‌صورت پیمان‌رودی است. در بازه اول و سوم، انحراف معیار ضریب خمیدگی کم و به‌طور کلی نشان‌دهنده وجود قوس‌های شبیه به هم است. در بازه دوم، مقدار انحراف معیار نسبتاً زیاد و این امر بیان‌کننده قوس‌های نامشابه است.

همچنین با توجه به نتایج پژوهش، بازه اول و دوم به‌صورت پیمان‌رود بسیار توسعه‌یافته و بازه سوم از نوع پیمان‌رود توسعه‌یافته است. در بازه اول، پیمان‌رودی شدید به علت شیب کم بستر و آبرفتی بودن آن، و مئاندرها از نوع آزاد و دشتی است. با افزایش قوس مئاندرها و تمرکز انرژی رودخانه در یک نقطه مشخص، شدت فرسایش به حداکثر خود می‌رسد و در جایی که قوس مئاندر به طرف کناره‌ها متمرکز و با دیواره کنار بستر مماس شده، مقدار انبوهی از مواد کناری به داخل بستر سرازیر شده و با شدت گرفتن انرژی مئاندري در محدوده خمیدگی و

جدول ۴. مشخصه‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی رودخانه گیوی‌چای (منبع: نویسنده‌گان، ۱۳۹۸)

| نوع بازه | انحراف معیار | میانگین | حداکثر | حداقل | تقسیم‌بندی رودخانه برحسب ضریب خمیدگی | | | | بازه | مشخصه‌های ضریب خمیدگی |
|-------------------|--------------|---------|--------|--------|--------------------------------------|---------|---------|-------|------|-----------------------|
| | | | | | >2 | ۱/۵-۲ | ۱/۵-۱/۵ | ۱-۱/۵ | | |
| سینوسی | ۰/۱۸ | ۱/۲۵ | ۱/۹۰ | ۱/۰۵ | - | ۱۲/۵ | ۸۷/۵ | - | ۱ | |
| پیمان‌رودی | ۰/۴۶ | ۱/۸۶ | ۲/۹۹ | ۱/۲۰ | ۲۵/۸۰ | ۶۴/۵۲ | ۹/۶۸ | - | ۲ | |
| سینوسی | ۰/۱۲ | ۱/۱۸ | ۱/۴۷ | ۱/۰۶ | - | - | ۱۰۰ | - | ۳ | |
| نوع بازه | انحراف معیار | میانگین | حداکثر | حداقل | تقسیم‌بندی رودخانه برحسب زاویه مرکزی | | | | بازه | مشخصه‌های زاویه مرکزی |
| | | | | | >۲۹۶ | ۱۵۸-۲۹۶ | ۸۵-۱۵۸ | ۴۱-۸۵ | | |
| بسیار توسعه‌یافته | ۴۷ | ۱۶۳/۵۰ | ۲۹۴/۸۱ | ۹۱/۷۴ | - | ۵۲/۵ | ۴۷/۵ | - | ۱ | |
| بسیار توسعه‌یافته | ۴۲/۷۱ | ۲۵۵/۱۲ | ۲۹۵/۹۲ | ۱۴۳/۱۶ | - | ۹۶/۷۷ | ۳/۲۳ | - | ۲ | |
| توسعه‌یافته | ۳۵/۵۷ | ۱۵۷/۸۴ | ۲۴۷/۸۱ | ۱۰۶/۲۳ | - | ۲۳/۰۸ | ۷۶/۹۲ | - | ۳ | |



شکل ۵. الف. روند تغییرات ضریب خمیدگی در بازه‌ها؛ ب. روند تغییرات زاویه مرکزی در بازه‌ها

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

رودخانه، آزادی عمل و قدرت تحرک رودخانه در تشکیلات سست و آبرفتی مسیر رودخانه و ملایم بودن پیچ‌هاست؛ بنابراین شعاع قوس‌های بزرگ‌تر به علت فرسایش‌پذیری بستر رودخانه و شعاع کمتر به علت کوهستانی بودن و لیتولوژی مقاوم است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد اندازه شعاع قوس‌های پیچان رودی تشکیل شده در طول رودخانه گیوی چای بسیار متفاوت است (جدول ۵).

جدول ۵. مشخصات سایر عوامل هندسی در رودخانه گیوی چای (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| بازه | تعداد مئاندر | میانگین طول موج (متر) | میانگین طول دره (متر) | میانگین شعاع دایره (متر) |
|------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| ۱ | ۴۰ | ۲۸۳/۵۷ | ۲۲۴/۷۹ | ۱۰۳/۵۴ |
| ۲ | ۳۱ | ۲۹۴/۰۲ | ۱۶۳/۱۸ | ۶۷/۸۷ |
| ۳ | ۱۳ | ۱۷۰/۳۰ | ۱۴۶/۰۴ | ۶۵/۹۳ |

در بازه سوم، شعاع قوس خمیدگی‌ها کوچک‌تر از سایر بازه‌هاست و نشانه تحت فشار بودن و ناپایداری قوس و انرژی بیشتر پیچان رود برای فرسایش است؛ یعنی قدرت خمیدگی‌های مسیر جریان در بازه سوم برای برش و جابه‌جایی بیشتر است.

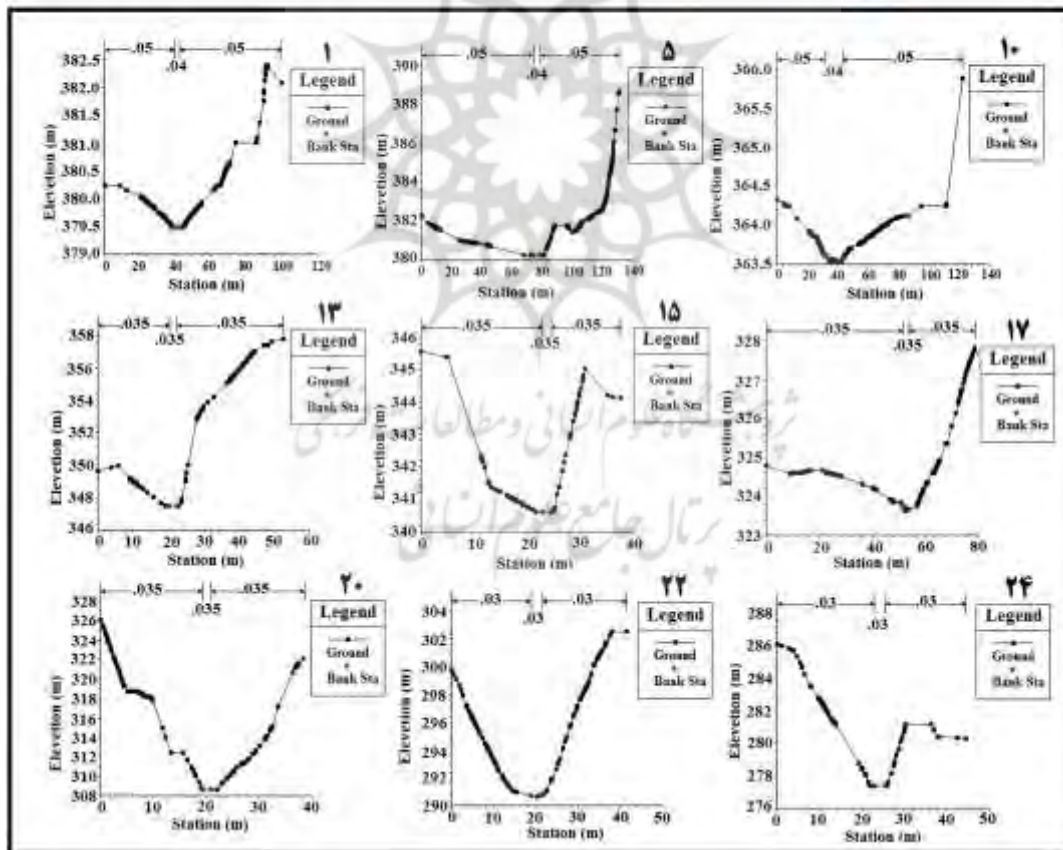
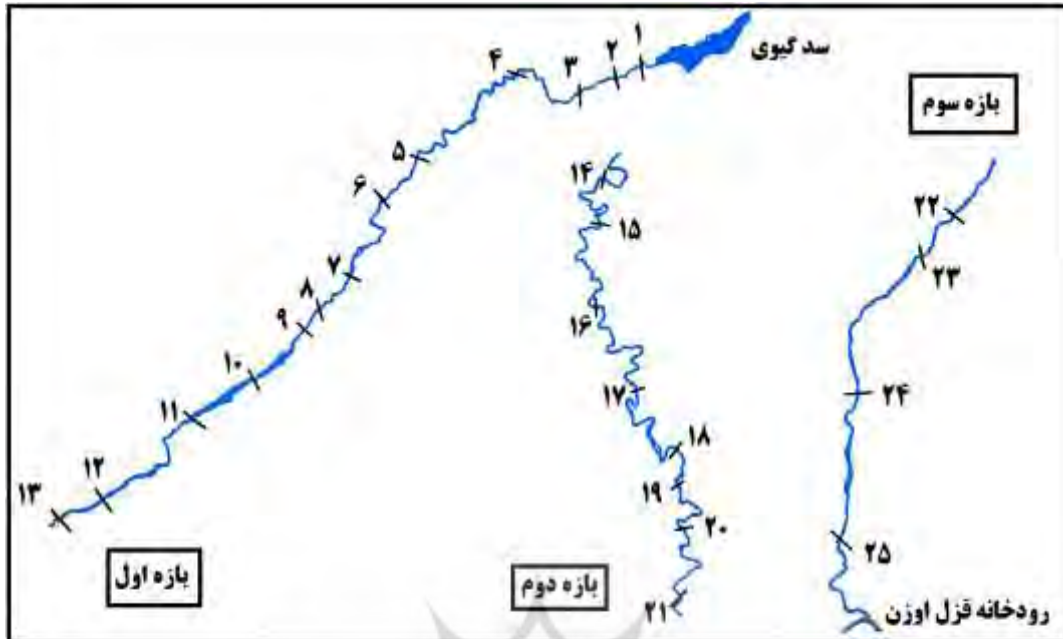
در بازه اول (بازه دشتی) در نتیجه جابه‌جایی سریع‌تر، شعاع حلقه‌ها از دیگر بازه‌های پژوهش بیشتر است. این امر نشان‌دهنده فرسایش‌پذیری کناره

مترمربع یا ۳۰۰ وات بر مترمربع است (Magilligan, 1992: 373). هرچه مقدار قدرت رودخانه از آستانه فرسایشی بیشتر شود، میزان تغییرات قابل تصور برای مقطع نیز افزایش خواهد یافت. شکل ۶ مقاطع عرضی

برآورد قدرت کل، قدرت مخصوص و تنش برشی موجود

حداقل آستانه‌ها به‌طور آزمایشی در تنش برشی و توان جریان واحد به ترتیب برابر با ۱۰۰ نانومتر در

بررسی‌شده‌ای را نشان می‌دهد که در برنامه RAS HEC تهیه شده است.



شکل ۶. موقعیت مقاطع بررسی‌شده روی مسیر رودخانه به همراه نمایش تعدادی از مقاطع عرضی

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

فرسایشی رودخانه زیاد خواهد بود و مقاطع ۱۳، ۱۲، ۸، ۱۱ و ۱۰ نیز، کمترین پتانسیل را دارند.

قدرت مخصوص رودخانه در دوره‌های بازگشت مختلف براساس دبی پیک ماهانه و دبی حداکثر لحظه‌ای برای مقاطع به ترتیب در جدول ۷ و ۸ نمایش داده شده است. با توجه به شاخص‌های عرض، شیب و عمق آب، بیشترین میزان تنش برشی موجود نیز در بازه اول و به ترتیب در مقاطع ۵، ۶، ۲، ۱ و ۴ و در تمامی مقاطع بازه سوم و کمترین مقدار تنش برشی در مقاطع ۱۲ و ۱۳ است؛ بنابراین قدرت مخصوص و تنش برشی با هم رابطه مستقیمی دارند؛ همچنین می‌توان گفت وجود انواع پوشش‌های گیاهی در بستر و کناره رودخانه‌ها باعث اضافه‌شدن زبری مسیر جریان، هدررفت انرژی آب، کندی جریان و کاهش سرعت و تنش برشی جریان می‌شود؛ به بیانی انرژی آب در محل دیواره با اندام‌های هوایی گیاه مستهلک می‌شود. ساقه گیاه که جریان از میان آن می‌گذرد، بیشترین نیروی کششی را تحمل می‌کند و با افزایش تراکم، ضریب زبری نیز افزایش می‌یابد. مقاومت هیدرولیکی نیز سبب جذب و ته‌نشست مواد رسوبی معلق در کناره‌های رودخانه و باعث کنترل عرض و افزایش پایداری دیواره‌ها خواهد شد.

شکل ۷، نقشه شاخص پوشش گیاهی (NDVI) محدوده پژوهش را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، در بازه سوم که مقدار پوشش گیاهی بسیار کم است، تنش برشی موجود نیز زیاد است و در بخش‌هایی از مسیر رودخانه که پوشش گیاهی متراکم دارد، پوشش گیاهی به‌صورت محافظ عمل می‌کند و باعث جلوگیری از فرسایش کناره‌ها و کاهش تنش

با توجه به عوامل عرض و شیب رودخانه و محاسبه قدرت کل و قدرت مخصوص (جدول ۶) و با مبنا قراردادن توان ۳۰۰ وات مترمربع به‌مثابه قدرت فرسایشی، از لحاظ قدرت کل رودخانه، در بازه اول مقاطع ۴، ۵ و ۶، قدرت کل ۷۹۹/۵۱۵ وات بر مترمربع و مقاطع ۱، ۲ و ۳، قدرت کل ۵۷۵/۶۵۱ وات بر مترمربع دارند.

در بازه دوم در مقاطع ۱۷ تا ۲۱، قدرت کل به مقدار ۳۵۱/۷۸۷ وات بر مترمربع و در مقاطع بازه سوم نیز، قدرت رودخانه ۶۷۱/۵۹۳ وات بر مترمربع و فراتر از آستانه فرسایشی است. از لحاظ قدرت مخصوص رودخانه در شرایط میانگین سالیانه جریان، رودخانه در هیچ‌کدام از مقاطع کار فرسایشی عمده‌ای انجام نمی‌دهد؛ مگر در جاهایی که جریان مستقیماً به سواحل رودخانه برخورد می‌کند و عمل آب‌شستگی یا برش یا زیربری سواحل را انجام می‌دهد یا در جاهایی که جریان مستقیماً به رأس پیچ برخورد می‌کند.

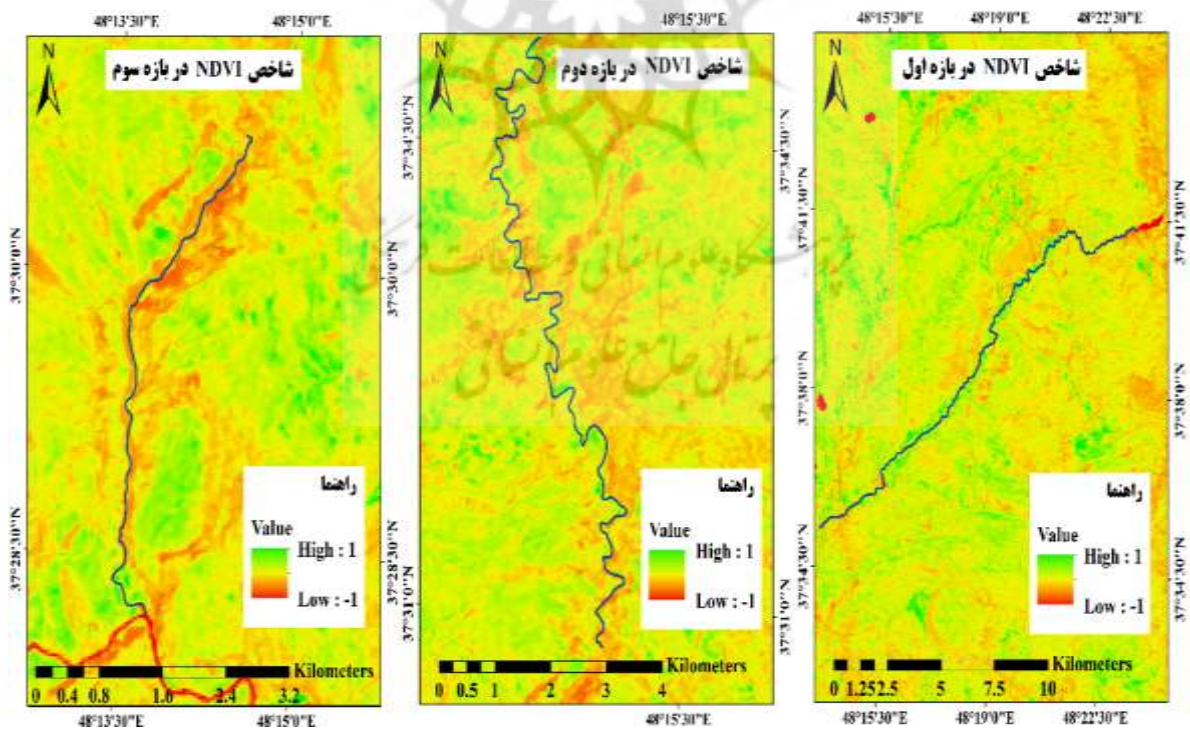
در شرایط میانگین سالیانه جریان، کمترین قدرت مخصوص رودخانه نسبت به تمامی مقاطع در مقاطع ۱۲ و ۱۳ و بیشترین آن در مقاطع بازه سوم و مقاطع ۲، ۱، ۵ و ۶ است. جریان پایه (Q_{۲/۳۳})، بیشترین نقش را در شکل، الگو و تغییرپذیری مقاطع رودخانه دارد و در بخش‌های فعال، بستر رودخانه متأثر از جریان پایه رودخانه دچار تغییرات و تحولات عمده می‌شود. با توجه به جریان پایه، مقاطع بازه سوم و مقاطع ۲، ۵، ۱ و ۶، بیشترین پتانسیل را برای تغییر شکل مقطع و تغییر سواحل خواهند داشت و در این مقاطع در دوره‌های بازگشت مختلف نیز، قدرت

برشی شده است.

جدول ۶. عوامل هیدرولوژیکی جریان مقاطع و محاسبه قدرت مخصوص رودخانه و تنش برشی هریک از مقاطع

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| شماره مقطع | بازه | عرض (متر) | شیب (درصد) | عمق آب (متر) | قدرت کل | قدرت مخصوص | تنش برشی موجود | شماره مقطع | بازه | عرض (متر) | شیب (درصد) | عمق آب (متر) | قدرت کل | قدرت مخصوص | تنش برشی |
|------------|------|-----------|------------|--------------|---------|------------|----------------|------------|------|-----------|------------|--------------|---------|------------|----------|
| ۱ | اول | ۱۰/۸۱ | ۰/۰۱۸ | ۰/۶۵ | ۱۲۷/۹۲۲ | ۵۳/۲۵۱ | ۱۱۴/۷۷ | ۱۳ | اول | ۴۰/۵۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۴۰ | ۱۲۷/۹۲۲ | ۵۳/۲۵۱ | ۱۱۴/۷۷ |
| ۲ | اول | ۵/۱۹ | ۰/۰۱۸ | ۰/۷۷ | ۲۵۵/۸۴۵ | ۱۱۰/۹۱۵ | ۱۳۵/۹۶ | ۱۴ | دوم | ۱۳/۲ | ۰/۰۰۸ | ۰/۶۳ | ۲۵۵/۸۴۵ | ۱۱۰/۹۱۵ | ۱۳۵/۹۶ |
| ۳ | اول | ۱۳/۸۶ | ۰/۰۱۸ | ۰/۶۳ | ۲۵۵/۸۴۵ | ۴۱/۵۳۳ | ۱۱۱/۲۴۵ | ۱۵ | دوم | ۸/۷۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۷۷ | ۲۵۵/۸۴۵ | ۴۱/۵۳۳ | ۱۱۱/۲۴۵ |
| ۴ | اول | ۲۴/۱۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۵۴ | ۲۵۵/۸۴۵ | ۳۳/۱۳۳ | ۱۳۲/۴۳ | ۱۶ | دوم | ۹/۱۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۶۵ | ۲۵۵/۸۴۵ | ۳۳/۱۳۳ | ۱۳۲/۴۳ |
| ۵ | اول | ۱۶/۵۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۶۰ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۴۸/۲۲۱ | ۱۴۷/۱۵ | ۱۷ | دوم | ۸/۴۴ | ۰/۰۱۱ | ۰/۶۶ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۴۸/۲۲۱ | ۱۴۷/۱۵ |
| ۶ | اول | ۲۱/۹۷ | ۰/۰۲۵ | ۰/۵۸ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۳۶/۳۹ | ۱۴۲/۲۴ | ۱۸ | دوم | ۱۶/۲۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۵۴ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۳۶/۳۹ | ۱۴۲/۲۴ |
| ۷ | اول | ۱۵/۳۷ | ۰/۰۰۷ | ۰/۶۰ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۱۴/۵۶ | ۴۱/۲۰ | ۱۹ | دوم | ۸/۱۳ | ۰/۰۱۱ | ۰/۶۴ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۱۴/۵۶ | ۴۱/۲۰ |
| ۸ | اول | ۲۸/۵۸ | ۰/۰۰۷ | ۰/۵۰ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۷/۸۳۲ | ۳۴/۳۳ | ۲۰ | دوم | ۹/۳۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۶۱ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۷/۸۳۲ | ۳۴/۳۳ |
| ۹ | اول | ۱۴/۴ | ۰/۰۰۷ | ۰/۶۱ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۱۵/۵۴۶ | ۴۱/۸۸ | ۲۱ | دوم | ۱۴/۳۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۵۶ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۱۵/۵۴۶ | ۴۱/۸۸ |
| ۱۰ | اول | ۲۵/۹۲ | ۰/۰۰۷ | ۰/۵۲ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۸/۶۳۶ | ۳۵/۷۰ | ۲۲ | سوم | ۱۰/۷۱ | ۰/۰۲۱ | ۰/۵۸ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۸/۶۳۶ | ۳۵/۷۰ |
| ۱۱ | اول | ۲۵/۸۱ | ۰/۰۰۷ | ۰/۵۳ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۸/۶۷۳ | ۳۶/۳۹ | ۲۳ | سوم | ۸/۶۹ | ۰/۰۲۱ | ۰/۶۰ | ۳۵۱/۷۹۹ | ۸/۶۷۳ | ۳۶/۳۹ |
| ۱۲ | اول | ۳۱/۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۴۸ | ۱۲۷/۹۲۲ | ۴/۰۴۸ | ۱۸/۸۳ | ۲۴ | سوم | ۸/۳۴ | ۰/۰۲۱ | ۰/۶۰ | ۱۲۷/۹۲۲ | ۴/۰۴۸ | ۱۸/۸۳ |
| | | | | | ۱۲۷/۹۲۲ | | | ۲۵ | سوم | ۷/۹۳ | ۰/۰۲۱ | ۰/۶۱ | ۱۲۷/۹۲۲ | | |



شکل ۷. شاخص NDVI بازه‌های پژوهش (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۷. میزان قدرت مخصوص رودخانه در دوره‌های بازگشت مختلف براساس دبی بیک ماهانه در مقاطع

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| ۵۰۰ | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۵ | ۱۰ | ۵ | ۲/۳۳ (دبی پایه) | ۲ | دوره بازگشت | |
|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|--------------------|---------|-------------|------------|
| | | | | | | | | | بازه | شماره مقطع |
| ۱۷۵۹/۲۷ | ۱۵۳۴/۰۱ | ۱۳۶۳/۳۱ | ۱۱۹۱/۹۶ | ۱۰۱۹/۳ | ۷۸۶/۶۸۸ | ۶۰۲/۴۳۰ | ۳۷۶/۳۵۶ | ۳۲۴/۴۱۱ | اول | ۱ |
| ۳۶۶۴/۲۹ | ۳۱۹۵/۱۱ | ۲۸۳۹/۵۷ | ۲۴۸۲/۶۷ | ۲۱۲۳/۰۴ | ۱۶۳۸/۵۵ | ۱۲۵۴/۷۷ | ۷۸۳/۸۹۳ | ۶۷۵/۶۹۹ | اول | ۲ |
| ۱۳۷۲/۱۳ | ۱۱۹۶/۴۴ | ۱۰۶۳/۳ | ۹۲۹/۶۵۷ | ۷۹۴/۹۹۲ | ۶۱۳/۵۷۱ | ۴۶۹/۸۶۱ | ۲۹۳/۵۳۶ | ۲۵۳/۰۲۲ | اول | ۳ |
| ۱۰۴۹/۶۳ | ۹۵۴/۴۷۳ | ۸۴۸/۲۶۲ | ۷۴۱/۶۴۵ | ۶۳۴/۲۱۵ | ۴۸۹/۴۸۴ | ۳۷۴/۸۳۷ | ۲۳۴/۱۷۲ | ۲۰۱/۸۵۱ | اول | ۴ |
| ۱۵۹۳/۰۹ | ۱۳۸۹/۱۱ | ۱۲۳۴/۵۳ | ۱۰۷۹/۳۷ | ۹۲۳/۰۱۶ | ۷۱۲/۳۷۹ | ۵۴۵/۵۲۶ | ۳۴۰/۸۰۶ | ۲۹۳/۷۶۷ | اول | ۵ |
| ۱۲۰۲/۲۵ | ۱۰۴۸/۳۱ | ۹۳۱/۶۶ | ۸۱۴/۵۶ | ۶۹۶/۵۶۸ | ۵۳۷/۶۰۸ | ۴۱۱/۶۹ | ۲۵۷/۱۹۴ | ۲۲۱/۶۹۶ | اول | ۶ |
| ۴۸۱/۱۸۱ | ۴۱۹/۵۷۱ | ۳۷۲/۸۸۲ | ۳۲۶/۰۱۵ | ۲۷۸/۷۹ | ۲۱۵/۱۶۹ | ۱۶۴/۷۷۲ | ۱۰۲/۹۳۸ | ۸۸/۷۳۰ | اول | ۷ |
| ۲۵۸/۷۷۴ | ۲۲۵/۶۴ | ۲۰۰/۳۵۲ | ۱۷۵/۳۲۷ | ۱۴۹/۹۳ | ۱۱۵/۷۱۵ | ۸۸/۶۱۲ | ۵۵/۳۵۸ | ۴۷/۷۱۸ | اول | ۸ |
| ۵۱۳/۵۹۴ | ۴۴۷/۸۳۳ | ۳۹۸ | ۳۴۷/۹۷۶ | ۲۹۷/۵۷ | ۲۲۹/۶۶۳ | ۱۷۵/۸۷۲ | ۱۰۹/۸۷۲ | ۹۴/۷۰۷ | اول | ۹ |
| ۲۸۵/۳۳ | ۲۴۸/۷۹۶ | ۲۲۱/۱۱۱ | ۱۹۳/۳۲ | ۱۶۵/۳۱۷ | ۱۲۷/۵۵۹۱ | ۹۷/۷۰۶ | ۶۱/۰۴ | ۵۲/۶۱۵ | اول | ۱۰ |
| ۲۸۶/۵۴۶ | ۲۴۹/۸۵۷ | ۲۲۲/۰۵۳ | ۱۹۴/۱۴۴ | ۱۶۶/۰۲۱ | ۱۲۸/۱۳۴ | ۹۸/۱۲۲ | ۶۱/۳۰۰ | ۵۲/۸۳۹ | اول | ۱۱ |
| ۱۳۳/۷۳۹ | ۱۱۶/۶۱۵ | ۱۰۳/۶۳۸ | ۹۰/۶۱۲ | ۷۷/۴۸۶ | ۵۹/۸۰۳ | ۴۵/۷۹۶ | ۲۸/۶۱۰ | ۲۴/۶۶۱ | اول | ۱۲ |
| ۱۰۴/۲۴۶ | ۹۰/۸۹۸ | ۸۰/۷۸۳ | ۷۰/۶۳۰ | ۶۰/۳۹۹ | ۴۶/۶۱۵ | ۳۵/۶۹۷ | ۲۲/۳۰۱ | ۱۹/۲۲۳ | اول | ۱۳ |
| ۶۴۰/۳۳۵ | ۵۵۸/۳۳۸ | ۴۹۶/۲۰۸ | ۴۳۳/۸۴ | ۳۷۰/۹۹۶ | ۲۸۶/۳۳۳ | ۲۱۹/۲۶۸ | ۱۳۶/۹۸۳ | ۱۱۸/۰۷۷ | دوم | ۱۴ |
| ۹۶۵/۹۷۷ | ۸۴۲/۲۹۲ | ۷۴۸/۵۶۵ | ۶۵۴/۴۷۸ | ۵۵۹/۶۷۵ | ۴۳۱/۹۵۴ | ۳۳۰/۷۸۲ | ۲۰۶/۶۴۹ | ۱۷۸/۱۲۷ | دوم | ۱۵ |
| ۹۲۳/۷۴۸ | ۸۰۵/۴۷۱ | ۷۱۵/۸۴۱ | ۶۲۵/۸۶۷ | ۵۳۵/۲۰۸ | ۴۱۳/۰۷۱ | ۳۱۶/۳۲۲ | ۱۹۷/۶۱۵ | ۱۷۰/۳۴ | دوم | ۱۶ |
| ۱۳۷۷ | ۱۲۰۰/۶۹ | ۱۰۶۷/۰۸ | ۹۳۲/۹۶۱ | ۷۹۷/۸۱۸ | ۶۱۵/۷۵۲ | ۴۷۱/۵۳۱ | ۲۹۴/۵۷۹ | ۲۵۳/۹۲۱ | دوم | ۱۷ |
| ۷۱۶/۵۱۷ | ۶۲۴/۷۷۴ | ۵۵۵/۲۵۱ | ۴۸۵/۴۶۲ | ۴۱۵/۱۴۱ | ۳۲۰/۴۰۴ | ۲۴۵/۳۵۹ | ۱۵۳/۲۸۳ | ۱۳۲/۱۲۷ | دوم | ۱۸ |
| ۱۴۲۹/۵۱ | ۱۲۴۶/۴۷ | ۱۱۰۷/۷۷ | ۹۶۸/۵۳۵ | ۸۲۸/۲۳۹ | ۶۳۹/۲۳۱ | ۴۸۹/۵۱۱ | ۳۰۵/۸۱۱ | ۲۶۳/۶۰۳ | دوم | ۱۹ |
| ۱۲۴۶/۹۹ | ۱۰۸۷/۳۲ | ۹۶۶/۳۲۷ | ۸۴۴/۸۷ | ۷۲۲/۴۸۸ | ۵۵۷/۶۱۲ | ۴۲۷/۰۰۹ | ۲۶۶/۷۶۵ | ۲۲۹/۹۴۶ | دوم | ۲۰ |
| ۸۱۱/۵۸۶ | ۷۰۷/۶۷ | ۶۲۸/۹۲۲ | ۵۴۹/۸۷۴ | ۴۷۰/۲۲۲ | ۳۶۲/۹۱۵ | ۲۷۷/۹۱۳ | ۱۷۳/۶۲۱ | ۱۴۹/۶۵۷ | دوم | ۲۱ |
| ۲۰۷۱/۶۴ | ۱۸۰۶/۳۹ | ۱۶۰۵/۳۸ | ۱۴۰۳/۶ | ۱۲۰۰/۲۸ | ۹۲۶/۳۷۳ | ۷۰۹/۳۹۸ | ۴۴۳/۱۸۱ | ۳۸۲/۰۱۳ | سوم | ۲۲ |
| ۲۵۵۳/۲ | ۲۲۲۶/۲۸ | ۱۹۷۸/۵۵ | ۱۷۲۹/۸۷ | ۱۴۷۹/۲۹ | ۱۱۴۱/۷۱ | ۸۷۴/۲۹۸ | ۵۴۶/۱۹۹ | ۴۷۰/۸۱۲ | سوم | ۲۳ |
| ۲۶۶۰/۳۴ | ۲۳۱۹/۷۱ | ۲۰۶۱/۵۸ | ۱۸۰۲/۴۶ | ۱۵۴۱/۳۷ | ۱۱۸۹/۶۲ | ۹۱۰/۹۸۹ | ۵۶۹/۱۲۱ | ۴۹۰/۵۷۱ | سوم | ۲۴ |
| ۲۷۹۷/۸۹ | ۲۴۳۹/۶۵ | ۲۱۶۸/۱۷ | ۱۸۹۵/۶۶ | ۱۶۲۱/۰۶ | ۱۲۵۱/۱۳ | ۹۵۸/۰۸۹ | ۵۹۸/۵۴۶ | ۵۱۵/۹۳۴ | سوم | ۲۵ |

جدول ۸. میزان قدرت مخصوص رودخانه در دوره‌های بازگشت مختلف براساس دبی حداکثر لحظه‌ای در مقاطع

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| ۵۰۰ | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۵ | ۱۰ | ۵ | ۲/۳۳ (دبی پایه) | ۲ | دوره بازگشت | |
|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|--------------------|---------|-------------|------|
| | | | | | | | | | شماره مقطع | بازه |
| ۵۲۷۶/۱۶ | ۴۵۹۰/۱ | ۴۰۸۳/۷۲ | ۳۵۷۷/۳۴ | ۳۰۸۷/۲۹ | ۲۳۸۴/۸۹ | ۱۹۱۱/۱۸ | ۱۳۳۹/۴۶ | ۱۱۲۷/۱۱ | اول | ۱ |
| ۱۰۹۸۹/۵ | ۹۵۶۰/۵ | ۸۵۰۵/۷۸ | ۷۴۵۱/۰۶ | ۶۴۳۰/۳۷ | ۴۹۶۷/۳۸ | ۳۹۸۰/۷۱ | ۲۷۸۹/۹ | ۲۳۴۷/۶ | اول | ۲ |
| ۴۱۱۵/۱ | ۳۵۸۰/۰۱ | ۳۱۸۵/۰۶ | ۲۷۹۰/۱۲ | ۲۴۰۷/۹۱ | ۱۸۶۰/۰۸ | ۱۴۹۰/۶۱ | ۱۰۴۴/۷ | ۸۷۹/۰۷۸ | اول | ۳ |
| ۳۲۸۲/۸۷ | ۲۸۵۶ | ۲۵۴۰/۹۲ | ۲۲۲۵/۸۵ | ۱۹۲۰/۹۴ | ۱۴۸۳/۹ | ۱۱۸۹/۱۵ | ۸۳۳/۴۲۳ | ۷۰۱/۲۹۵ | اول | ۴ |
| ۴۷۷۷/۷۹ | ۴۱۵۶/۵۳ | ۳۶۹۷/۹۸ | ۳۲۳۹/۴۳ | ۲۷۹۵/۶۷ | ۲۱۵۹/۶۲ | ۱۷۳۰/۶۵ | ۱۲۱۲/۹۴ | ۱۰۲۰/۶۴ | اول | ۵ |
| ۳۶۰۵/۶۳ | ۳۱۳۶/۷۹ | ۲۷۹۰/۷۴ | ۲۴۴۴/۶۹ | ۲۱۰۹/۸ | ۱۶۲۹/۷۹ | ۱۳۰۶/۰۷ | ۹۱۵/۳۶۲ | ۷۷۰/۲۴۴ | اول | ۶ |
| ۱۴۴۳/۱ | ۱۲۵۵/۴۵ | ۱۱۱۶/۹۵ | ۹۷۸/۴۴۷ | ۸۴۴/۴۱۳ | ۶۵۲/۲۹۸ | ۵۲۲/۷۳۲ | ۳۶۶/۳۵۹ | ۳۰۸/۲۷۸ | اول | ۷ |
| ۷۷۶/۰۸۲ | ۶۷۵/۱۶۷ | ۶۰۰/۶۸۲ | ۵۲۶/۱۹۸ | ۴۵۴/۱۱۶ | ۳۵۰/۷۹۸ | ۲۸۱/۱۱۹ | ۱۹۷/۰۲۴ | ۱۶۵/۷۸۸ | اول | ۸ |
| ۱۵۴۰/۳۱ | ۱۳۴۰/۰۲ | ۱۱۹۲/۱۹ | ۱۰۴۴/۳۶ | ۹۰۱/۲۹۴ | ۶۹۶/۲۳۸ | ۵۵۷/۹۴ | ۳۹۱/۰۳۸ | ۳۲۹/۰۴۴ | اول | ۹ |
| ۸۵۵/۷۲۶ | ۷۴۴/۴۵۵ | ۶۶۲/۳۲۶ | ۵۸۰/۱۹۸ | ۵۰۰/۷۱۹ | ۳۸۶/۷۹۹ | ۳۰۹/۹۶۹ | ۲۱۷/۲۴۳ | ۱۸۲/۸۰۲ | اول | ۱۰ |
| ۸۵۹/۳۷۳ | ۷۴۷/۶۲۸ | ۶۶۵/۱۴۹ | ۵۸۲/۶۷۱ | ۵۰۲/۸۵۳ | ۳۸۸/۴۴۷ | ۳۱۱/۲۹ | ۲۱۸/۱۶۹ | ۱۸۳/۵۸۱ | اول | ۱۱ |
| ۴۰۱/۰۹۲ | ۳۴۸/۹۳۸ | ۳۱۰/۴۳ | ۲۷۱/۹۴۸ | ۲۳۴/۶۹۵ | ۱۸۱/۲۹۹ | ۱۴۵/۲۸۷ | ۱۰۱/۸۲۵ | ۸۵/۶۸۲ | اول | ۱۲ |
| ۳۱۲/۶۴۲ | ۲۷۱/۹۸۹ | ۲۴۱/۹۸۳ | ۲۱۱/۹۷۷ | ۱۸۲/۹۳۹ | ۱۴۱/۳۱۸ | ۱۱۳/۲۴۸ | ۷۹/۳۷۰ | ۶۶/۷۸۷ | اول | ۱۳ |
| ۱۹۲۰/۳۸ | ۱۶۷۰/۶۷ | ۱۴۸۶/۳۶ | ۱۳۰۲/۰۵ | ۱۱۲۳/۶۹ | ۸۶۷/۰۳۶ | ۶۹۵/۶۱۸ | ۴۸۷/۵۲۷ | ۴۱۰/۲۳۶ | دوم | ۱۴ |
| ۲۸۹۷/۰۳ | ۲۵۲۰/۳۳ | ۲۲۴۲/۲۹ | ۱۹۶۴/۲۴ | ۱۶۹۵/۱۷ | ۱۳۰۹/۴۹ | ۱۰۴۹/۳۹ | ۷۳۵/۴۷ | ۶۱۸/۸۷۱ | دوم | ۱۵ |
| ۲۷۷۰/۳۹ | ۲۴۱۰/۱۵ | ۲۱۴۴/۲۶ | ۱۸۷۸/۳۷ | ۱۶۲۱/۰۶ | ۱۲۵۲/۲۵ | ۱۰۰۳/۵۱ | ۷۰۳/۳۱۸ | ۵۹۱/۸۱۶ | دوم | ۱۶ |
| ۴۱۲۹/۷۳ | ۳۵۹۲/۷۴ | ۳۱۹۶/۳۹ | ۲۸۰۰/۰۳ | ۲۴۱۶/۴۷ | ۱۸۶۶/۶۹ | ۱۴۹۵/۹۱ | ۱۰۴۸/۴۱ | ۸۸۲/۲۰۳ | دوم | ۱۷ |
| ۲۱۴۸/۸۹ | ۱۸۶۹/۴۶ | ۱۶۶۳/۲۲ | ۱۴۵۶/۹۸ | ۱۲۵۷/۴ | ۹۷۱/۳۲۳ | ۷۷۸/۳۸۹ | ۵۴۵/۵۳۸ | ۴۵۹/۰۵ | دوم | ۱۸ |
| ۴۲۸۷/۲ | ۳۷۲۹/۷۳ | ۳۳۱۸/۲۷ | ۲۹۰/۶۸ | ۲۵۰/۸/۶۱ | ۱۹۳۷/۸۷ | ۱۵۵۲/۹۵ | ۱۰۸۸/۳۹ | ۹۱۵/۸۴۱ | دوم | ۱۹ |
| ۳۷۳۹/۸ | ۳۲۵۳/۵۱ | ۲۸۹۴/۵۸ | ۲۵۳۵/۶۵ | ۲۱۸۸/۳ | ۱۶۹۰/۴۴ | ۱۳۵۴/۶۶ | ۹۴۹/۴۲۳ | ۷۹۸/۹۰۵ | دوم | ۲۰ |
| ۲۴۳۴ | ۲۱۱۷/۵۱ | ۱۸۸۳/۹ | ۱۶۵۰/۳ | ۱۴۲۴/۲۳ | ۱۱۰۰/۲ | ۸۸۱/۶۶۷ | ۶۱۷/۹۲ | ۵۱۹/۹۵۷ | دوم | ۲۱ |
| ۶۲۱۳ | ۵۴۰۵/۱۲ | ۴۸۰۸/۸۲ | ۴۲۱۲/۵۳ | ۳۶۳۵/۴۷ | ۲۸۰۸/۳۵ | ۲۲۵۰/۵۳ | ۱۵۷۷/۲۹ | ۱۳۲۷/۲۴ | سوم | ۲۲ |
| ۷۶۵۷/۲۲ | ۶۶۶۱/۵۴ | ۵۹۲۶/۶۴ | ۵۱۹۱/۷۴ | ۴۴۸۰/۵۴ | ۳۴۶۱/۱۶ | ۲۷۷۳/۶۷ | ۱۹۴۳/۹۴ | ۱۶۳۵/۷۵ | سوم | ۲۳ |
| ۷۹۷۸/۵۶ | ۶۹۴۱/۱ | ۶۱۷۵/۳۶ | ۵۴۰۹/۶۲ | ۴۶۶۸/۵۷ | ۳۶۰۶/۴۱ | ۲۸۹۰/۰۷ | ۲۰۲۵/۵۲ | ۱۷۰۴/۴ | سوم | ۲۴ |
| ۸۳۹۱/۰۸ | ۷۲۹۹/۹۸ | ۶۴۹۴/۶۴ | ۵۶۸۹/۳۱ | ۴۹۰۹/۹۵ | ۳۷۹۲/۸۷ | ۳۰۳۹/۴۹ | ۲۱۳۰/۲۴ | ۱۷۹۲/۵۲ | سوم | ۲۵ |

قدرت رودخانه، عرض پهنای مجرا و شیب است. در بازه اول و پس از سد گیوی، رودخانه از دره‌های ارتفاعات مشرف به شهر گیوی عبور می‌کند که در این محدوده عرض بستر ناشی از جنس کرانه‌ها (EV):

با توجه به پژوهش‌های حافظ^۱ (۲۰۰۰)، فلورس^۲ (۲۰۰۶)، اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۵) و اصغری سراسکانرود (۱۳۹۶)، از عوامل تأثیرگذار بر

^۱. Hafez

^۲. Flores

عرض در مقاطع در این بخش از رودخانه به علت فعالیت‌های انسانی و وجود پوشش گیاهی به صورت باغ‌هاست. در این مقاطع حریم رودخانه به صورت کاملاً مشخص با باغ‌ها اشغال و عرض رودخانه بسیار کم شده است و پتانسیل بسیار زیادی برای کانالیزه کردن جریان و افزایش میزان مخاطرات احتمالی دارد.

از مهم‌ترین دخالت‌های انسانی در محدوده، ایجاد دیواره‌ها و فنس‌کشی‌ها برای جداسازی املاک شخصی و ایجاد رستوران‌ها، احداث پل‌ها و تخلیه نخاله‌های ساختمانی است که به تجاوز به حریم رودخانه و تنگ کردن بستر رودخانه منجر می‌شوند. وجود پیچ‌وخم‌های رودخانه، سرعت زیاد جریان آب و تجاوز به حریم رودخانه باعث کناره‌شویی، کف‌کنی و در بعضی مناطق دیگر سبب بالآمدن سطح آب و ورود آب به اراضی و باغ‌های حاشیه رودخانه شده است و کاهش ظرفیت انتقال آب در بستر، یکی از عوامل طغیان رودخانه است. احداث پل‌ها (مانند پل‌های پایین‌دست سد گیوی، کورپوقولاغی و روستای میکایل‌آباد) باعث شده است پایه‌های پل‌ها مشابه یک سد یا بند عمل کند و سبب پس‌زدگی آب و رسوب‌گذاری در بالادست شود؛ همچنین رودخانه بر اثر احداث پایه‌های پل، محدود و تنگ و پل باعث تمرکز تنش جریان در محدوده احداث پل و موجب آب‌شستگی کف و کناره‌ها شده است.

پمپاژ آب رودخانه برای آبیاری اراضی زراعی و باغ‌های موجود پیرامون رودخانه، از دیگر مداخلات انسانی در حواشی رودخانه گیوی چای است که دبی

آندزیت، تراکی آندزیت، تراکی بازالت و آندزیت بازالت) کاهش می‌یابد و بستر رودخانه رسوبات درشت و پوشیده از سنگ‌های شکسته ناشی از سقوط از کرانه‌ها و حمل از بالادست دارد (مقاطع ۱ تا ۳). با فاصله گرفتن از سد و عبور از شهر گیوی، رودخانه وارد دشت گیوی و سیلاب-دشت اصلی با پهنای بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و طول بیش از ۱۲ کیلومتر تا فیروزآباد می‌شود (مقاطع ۴ تا ۱۳). تعداد زیادی از اراضی زراعی و باغی این محدوده در قسمت سیلاب-دشت رودخانه واقع شده است. به دلیل عبور رودخانه از سازندهای فرسایش‌پذیر (Qt2): رسوبات پادگانه‌های آبرفتی جوان شامل رس، رس‌های ماسه‌دار و شن و قلوه‌سنگ و Qal: رسوبات رودخانه‌ای فعلی و به صورت قلوه‌سنگ، شن، ماسه و در بعضی مناطق رس و سیلت منفصل)، به‌ویژه در حوالی سکرآباد و میکایل‌آباد، بستر رودخانه عریض و پادگانه‌های جوان دیده می‌شود. حجم زیادی از مواد کناره (به‌ویژه طی سیلاب‌ها) فرسایش می‌یابد و کناره‌های سست به عریض شدن کانال و پشته‌های داخل مجرا منجر می‌شود. این رسوبات به‌وضوح در خم‌ها، جزایر میانی و اراضی حاشیه‌ای و پرشیب کناری رودخانه مشهود است و پیوسته با جریان‌ها جابه‌جا می‌شود و فرسایش می‌یابد و تغییرات مورفولوژیکی بستر در این محدوده زیاد است (شکل ۸. الف و ب)؛ به علاوه پس از روستاهای گرگ‌آباد (سعیدآباد)، با کاهش شیب و افزایش عرض رودخانه، مئاندرهایی در ناوه اصلی رودخانه تشکیل می‌شود که رسوب‌گذاری در بخش بیرونی قوس در این مئاندرها انجام می‌شود. کاهش

جریان را کاهش می‌دهد و موجب افزایش رسوبات و همچنین تغییر مسیر جریان می‌شود (شکل ۹).



شکل ۸. الف و ب. فرسایش کنار رودخانه به علت وجود مواد سست و فرسایش‌پذیر

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)



شکل ۹. نمونه‌هایی از دخالت‌های انسانی در رودخانه گیوی‌چای؛ الف. احداث پل‌ها؛ ب. ایجاد دیواره‌ها و فنس‌کشی‌ها و تنگ‌کردن بستر رودخانه؛ ج. پمپاژ آب رودخانه؛ د. ریختن زباله‌ها و نخاله‌ها در اطراف رودخانه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

زمین‌شناسی Ean (تناوبی از گدازه‌های آندزیتی، آندزی بازالت و بازالت همراه با توف شیشه‌ای با ترکیب آندزیتی)، Ngms (تناوب مارن‌های خاکستری و قرمز ژیپس‌دار با ماسه‌سنگ‌های خاکستری و درون‌لایه‌های میکروکنگلومرایی) و Ngc (کنگلومرای قرمز رنگ) است.

در بازه سوم نیز از میزان عرض رودخانه کاسته می‌شود و بستر رودخانه پوشیده از رسوبات درشت‌دانه است. این امر تا پیوستن به قزل‌اوزن امتداد

در ابتدای بازه دوم، محدوده فیروزآباد در تداوم سیلاب-دشت بازه پیشین قرار دارد و با الحاق سنگورچای، رود وارد بخش کوهستانی می‌شود. اراضی کرانه دره‌های عمیق با شیب تند و در مسیر رودخانه به دلیل برخورد با ارتفاعات و برون‌زدهای سنگی، تغییر مسیر متناوب و مماندر دارد. تغییرات رودخانه پیرو تغییرات دره است و حالت ممانداری شدن در طول دره دیده می‌شود (مقاطع ۱۴ تا ۲۱). مسیر رودخانه در این بازه منطبق بر واحد

بازالت همراه با توف شیشه‌ای با ترکیب آندزیتی است؛ بنابراین در این منطقه رودخانه گیوی چای با دیواره‌های بلند دره‌ای محدود شده است و سیلاب-دشت بزرگی ندارد. مسیر اصلی رودخانه که خط‌القعر در آن واقع است، پیچ‌وخم دارد و رسوب‌گذاری در قوس‌های این پیچ‌ها انجام می‌شود. رسوبات عمدتاً درشت‌دانه و شامل قلوه‌سنگ، گراول و ماسه است و در این بخش بیشتر رسوب‌گذاری رودخانه در کنار پل‌های احداث شده دیده می‌شود (شکل ۱۰؛ الف و ب)



شکل ۱۰. الف و ب. مقاومت زمین‌شناسی کنار رودخانه و عرض کم منتج از این عامل (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

نتیجه‌گیری

به‌صورت پیچان‌رودی است و با در نظر گرفتن مشخصه‌های زاویه مرکزی، به ترتیب بازه اول و دوم به‌صورت پیچان‌رود بسیار توسعه یافته و بازه سوم از نوع پیچان‌رود توسعه یافته است. در بازه دشتی عامل تأثیرگذار بر پیچان‌شدن رودخانه، نوع سازند آبرفتی و شیب کم است و مئاندرها از نوع آزاد و دشتی است و درمقابل در بخش کوهستانی، تغییرات رودخانه پیرو تغییرات دره و مقاومت لیتولوژیکی است و حالت مئاندردی شدن در طول دره دیده می‌شود. با در نظر گرفتن عوامل عرض، عمق و شیب

دارد و در بعضی مناطق به دلیل ریزش مواد سنگی از ارتفاعات، پرشدگی آبراهه و تغییر مسیر به وجود آمده است. در این بازه، شکل‌بندی مقاطع تابع مقاومت لیتولوژیکی بستر و کناره‌های رودخانه است و کاربری زراعی در آن دیده نمی‌شود؛ بنابراین عرض کم رودخانه در بازه سوم (مقاطع ۲۲ تا ۲۵) به دلیل مقاومت لیتولوژیکی است و از فیروزآباد تا الحاق رودخانه به قزل‌اوزن، مسیر رودخانه منطبق بر واحد زمین‌شناسی Ban با روند شمالی جنوبی است و این واحد تناوبی از گدازه‌های آندزیتی، آندزی بازالت و

شناختن شکل و الگوی کانال‌های رودخانه‌ای را «مورفولوژی رودخانه» می‌نامند؛ از این رو که شناخت الگوی رودخانه و عوامل دخیل در آن، برای شناخت شرایط فعلی و نیز پتانسیل تغییرات رودخانه در آینده ضروری است. در این پژوهش نیز برای شناخت الگوی رودخانه گیوی چای و نیز بررسی توزیع قدرت و تنش برشی در این رودخانه اقدام شده است. با توجه به شاخص ضریب خمیدگی، پلان‌فرم رودخانه در بازه اول و سوم به‌صورت سینوسی و در بازه دوم

پژوهشگران همخوانی دارد؛ شامل اصغری سراسکانرود (۱۳۹۶) که بر نقش فرایندهای هیدرولوژیکی، مقاومت لیتولوژیکی و عوامل انسانی، در تغییرات الگوی رودخانه، توزیع قدرت و تنش برشی رودخانه تأکید دارد، اسکوت (۲۰۱۳) که دبی و مقاومت سازندهای پیرامون رودخانه را به‌مثابه دو عامل مهم کنترل تغییرات پلان‌فرم و قدرت رودخانه شناخته است، فیلیپس و دسلوگس (۲۰۱۴) که مواد بستر را مهم‌ترین عامل دخیل در توزیع قدرت رودخانه و تنش برشی دانسته‌اند و کیت لنگت و همکاران (۲۰۱۹) که رژیم هیدرولوژیکی، شیب، لیتولوژی و کاربری اراضی را عواملی مهم در ایجاد تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ای معرفی کرده‌اند.

منابع

اصغری سراسکانرود، صیاد، زینالی، بتول، اصغری سراسکانرود، صالح، (۱۳۹۵). بررسی نحوه توزیع قدرت رودخانه و تنش برشی و اثرات مخاطره‌آمیز آن در محدوده شهری سراسکانرود، فصلنامه تحقیقات علوم جغرافیایی، سال ۳۱، شماره ۱، ۴۵-۵۶.

اصغری سراسکانرود، صیاد، (۱۳۹۶). تحلیل شکل مجرای رودخانه کلکان چای (حداصل کلکان تا الحاق به رودخانه قرنقو)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۶، شماره ۲، ۱۱۶-۱۳۲.

مرتضوی، محمدرضا، بهنیافر، ابوالفضل، قنبرزاده، هادی، (۱۳۹۷). بررسی الگوی پیچان‌رودی رودخانه گلمکان با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، مجله علوم جغرافیایی، دوره ۱۴، شماره ۲۹، ۲۸۰-۲۹۰.

رودخانه و محاسبه قدرت کل، قدرت مخصوص و تنش برشی موجود، بیشترین مقدار قدرت کل رودخانه در بازه اول و در مقاطع ۴، ۵ و ۶ است. از لحاظ قدرت مخصوص رودخانه، مقاطع بازه سوم و مقاطع ۲، ۵، ۱ و ۶، بیشترین پتانسیل را برای تغییر شکل مقطع و تغییر سواحل دارند و در این مقاطع در دوره‌های بازگشت مختلف نیز، قدرت فرسایشی رودخانه زیاد خواهد بود و مقاطع ۱۳، ۱۲، ۸، ۱۱ و ۱۰ با توجه به عرض زیاد رودخانه و شیب کم بستر، کمترین قدرت مخصوص رودخانه را دارند.

بیشترین میزان تنش برشی موجود نیز در بازه اول و به ترتیب در مقاطع ۵، ۶، ۲ و ۴ و در نتیجه فرسایش‌پذیری کناره رودخانه، آزادی عمل و قدرت تحرک رودخانه در تشکیلات سست و آبرفتی مسیر رودخانه و ملایم‌بودن پیچ‌هاست؛ به علاوه در مقاطع بازه سوم نیز، مقادیر تنش برشی موجود بیشتر است و در بازه سوم شعاع قوس خمیدگی‌ها نیز کوچک‌تر از سایر بازه‌هاست و این امر، قدرت خمیدگی‌های مسیر جریان را در بازه سوم برای برش و جابه‌جایی بیشتر تأیید می‌کند؛ همچنین به دلیل عرض زیاد و شیب کم بستر، کمترین مقدار تنش برشی در مقاطع ۱۲ و ۱۳ قرار دارد و قدرت مخصوص و تنش برشی با هم رابطه مستقیمی دارند.

در حالت کلی یافته‌های پژوهش حاکی از شکل‌گیری الگو و تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گیوی‌چای بیشتر متأثر از فرایندهای هیدرولوژیکی ناشی از فرایند تدارک دبی، مقاومت لیتولوژیکی بستر و کناره‌های رودخانه و نیز دخالت‌های انسانی مانند تجاوز به حریم بستر رودخانه، احداث پل‌ها و ریختن نخاله‌های ساختمانی است.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های برخی

- environmental and man-made changes**, Journal of Environmental Hydrology, Vol 8, Pp 1- 18.
- Hmmerling, M.H., Walczak, N., Nowak, A., Mazur, R., Chmist, J., (2019). **Modelling Velocity Distributions and River Bed Changes Using Computer Code SSIIM below Sills Stabilizing the Riverbed**, Original Research, Vol 28, No 3, Pp 1165-1179.
- Kaufmann, R., Faustini, M., Larsen, P., Shirazi, A., (2008). **A Roughness-corrected Index of Relative Bed Stability for Regional Stream Surveys**, Geomorphology, Vol 99, Pp 150- 170.
- Kibet Langat, F., Kumar, L., Koech, R., (2019). **Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques**, Geomorphology, Vol 325, Pp 92- 102.
- Magilligan, F.J., (1992). **Thresholds and the spatial variability of flood power during extreme floods**, Geomorphology, Vol 5, Issues 3– 5, Pp 373- 390.
- Mandal, M., Ghosh, D., Ghosh, B., (2016). **Environmental impact of sand mining: A case study along the lower reaches of Ajaya River, west Bengal, India**. J. Environ. & Sociobiol, Vol 13, No 1, Pp 99-108.
- Mcfeeters, S.K., (1996). **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features**, International Journal of Remote Sensing, Vol 17, No 7, Pp 1425-1432.
- Minh Hai, D., Umeda, Sh., Yuhi, M., (2019). **Morphological Changes of the Lower Tedoru River, Japan, over 50 Years**, water, Vol 11, No 1852, Pp 2- 17.
- Montgomery, D.R., John, M., (1998). **Channel reach morphology in mountain drainage basins**, Geological Society of America Bulletin, Vol 109, No 5, Pp 596- 611.
- Nanson, G.C., Hickin, E.J., (1986). **A statistical analysis of bank erosion and channel migration in western Canada**, Geological Society of America Bulletin, Vol 97, Pp 497– 504.
- Parker, C., Clifford, N.J., Thorne, C.R., (2011). **Understanding the influence of slope on the threshold of coarse grain motion: revisiting critical stream power**, Geomorphology, Vol 126, No 1- 2, Pp 51- 65.
- Ayaz, S., Dhali, M.K., (2019). **Longitudinal profiles and geomorphic indices analysis on tectonic evidence of fluvial form, process and landform deformation of Eastern Himalayan Rivers, India**, Geology, Ecology and Landscapes, Vol 4, No 1, Pp 1- 12.
- Bag, R., Mondal, I., Bandyopadhyay, J., (2019). **Assessing the oscillation of channel geometry and meander migration cardinality of Bhagirathi River, West Bengal, India**, Journal of Geographical Sciences, Vol 29, No 4, Pp 613- 634.
- Bagnold, R.A., (1966). **An Approach to the Sediment Transport Problem from General Physics**, Geological Survey Professional Paper 422-I, United States governments printing office, Pp 11- 37.
- Bandyopadhyay, Sh., Kumar, De.S., (2018). **Anthropogenic impacts on the morphology of the Haora River, Tripura, India**, Geomorphologie relief processus environnement, Vol 24, No 2, Pp 151- 166.
- Batalla, R.J., Iroume, A., Hernandez, M., Lena, M., Vericat, D., (2018). **Recent geomorphological evolution of a natural river channel in a Mediterranean Chilean basin**, Geomorphology, Vol 303, Pp 322- 337.
- Scott, A.L., (2013). **Stream power, channel change, and channel geometry in the Blue River, Wisconsin**, Physical Geography, Vol 34, No 4– 5, Pp 293– 314.
- Ferguson, R.I., (1987). **Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern**, In K.S. Richards (Ed.), River channels: Environment and process, Pp 129– 158.
- Feyisa, G., Meilby, H., Fensholt, R., Proud, S., (2014). **Automated water extraction index: a new technique for surface water mapping using landsat imagery**, Remot sensing of environment, Vol 140, Pp 23- 35.
- Flores, A.N., Bledsoe, B.P., Cuhaciyan, C.O., Wohl, E.E., (2006). **Channel reach morphology dependence on energy, scale and hydro climatic processes with implications for prediction using geospatial data**, Water Resources Research, Vol 42, No 6, Pp 1- 15.
- Hafez, Y.I., (2000). **Response theory for alluvial river adjustment to**

- Petrovszki, J., Timar, G., (2010). **Channel sinuosity of the Koros River system, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity**, Geomorphology, Vol 122, No 3- 4, Pp 223-230.
- Phillips, R.T.J., Desloges, R., (2014). **Glacially conditioned specific stream powers in low-relief river catchments of the southern Laurentian Great Lakes**, Geomorphology, Vol 206, Pp 271- 287.
- Pike, A., Scatena, F.N., Wohl, E., (2010). **Lithological and fluvial controls on the geomorphology of tropical montane stream channels in Puerto Rico**, Earth Surface Processes and Landforms, Vol 35, No 12, Pp 1- 16.
- Shen, L., Li, C., (2010). **Water body Extraction from lansat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm**. Geoinfirmatics, 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China, 8-20 June 2010, Pp 1- 4.
- Xu, H., (2006). **Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery**, International Journal of Remote Sensing, Vol 27, No 14, Pp 3025-3033.