

## بررسی تغییرات پیچان رود آجی‌چای در پهنه سیلاب دشت

مریم بیاتی خطیبی<sup>۱</sup>

### چکیده

پیچان‌ها، به‌عنوان جالب‌ترین الگوی جریان، پویای زیادی را به مسیر جریان رودخانه‌ها می‌بخشند. ایجاد خمیدگی‌ها در مسیر جریان رودخانه‌ها، انرژی لازم برای جابجایی بیشتر کانال فعال در پهنه‌های دشت‌های سیلابی را فراهم می‌نمایند و با این جابجایی‌ها، تغییرات ژئومورفولوژیکی عمده‌ای در دشت‌های سیلابی رخ می‌دهد. در طول مسیر رودخانه‌هایی که تأسیسات زیادی در کناره‌ها و در مسیر رودخانه وجود دارد، این جابه‌جایی‌ها می‌تواند بسیار مشکل‌آفرین باشد. رودخانه آجی‌چای به‌عنوان تپیک‌ترین متاندر، جابه‌جایی‌های زیادی در مسیر جریان خود انجام می‌دهد (واقع در شمال‌غرب ایران و در موقعیت جغرافیایی از  $38^{\circ} 07'$ ،  $58^{\circ} 37'$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 15'$ ،  $47^{\circ} 45'$  طول شرقی). در این مقاله سعی شده است با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها بر روی عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و به‌کارگیری روش‌های تجربی، میزان جابه‌جایی‌ها، قابلیت حرکات جانبی در مسیر و همچنین زمان جابه‌جایی‌ها، محاسبه و برآورد گردد. در این بررسی‌ها، به پارامترهای خودپیچان مانند شعاع خمیدگی‌ها، استناد گردیده و پهنای مسیر با بهره‌گیری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شعاع، از رابطه  $W$  محاسبه و به‌منظور بررسی قابلیت جابه‌جایی مسیر، نسب شعاع و پهنای ( $R/W$ ) به‌دست آمده است. زمان انجام جابه‌جایی‌های کانال فعال در دشت سیلابی نیز با استفاده از  $\Delta T$  برآورد شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که در طی زمان، کانال فعال رودخانه آجی‌چای در پهنه دشت سیلابی خود به‌طور مکرر جابه‌جا شده و در اثر این جابه‌جایی‌ها و در نتیجه در اثر ایجاد فرصت برای انجام فرسایش کناری ناشی از آن، دشت سیلابی فراخ‌تر شده است. در بخش‌هایی از مسیر آجی‌چای، زمان لازم برای انجام یک جابه‌جایی کامل از ۱ سال تا بیش از ۵ سال در بخش‌های دیگر طول مسیر آجی‌چای متفاوت است. میزان سینوزیته در طول مسیر آجی‌چای و در طی زمان تغییر یافته است و با هر تغییر در میزان سینوزیته و تغییر جهت جابه‌جایی خمیدگی‌ها، داغ آب‌هایی در دشت سیلابی بر جای مانده است.

**واژگان کلیدی:** پویای کانال، پیچان‌رود، جابه‌جایی کانال، زمان جابه‌جایی، دشت سیلابی، آجی‌چای.

## مقدمه

جابجایی‌هایی که مسیر جریان رودخانه در دشت سیلابی خود انجام می‌دهد، باعث بروز تغییرات عمده‌ای در محدوده جریان می‌گردد. عریض شدن دشت سیلابی، فرسایش کناری، جابه‌جایی در پوینت بارها، جابه‌جایی در مکان پشته‌های رسوبی میانی، خسارت به تأسیسات کناری و افزایش در میزان رسوب آب‌های جاری از جمله این تغییرات است. در رودخانه‌های پیچان‌دار که ایجاد خمیدگی‌ها در مسیر جریان، انرژی لازم برای جابه‌جایی‌های بیشتر را فراهم می‌سازد، این تغییرات به مراتب بیشتر است و حتی بعضی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی ناشی از بروز چنین تغییراتی صرفاً در مسیر رودخانه‌های پیچان‌دار مشاهده می‌شود. با توجه به اهمیت و اثرات چنین تغییراتی در بروز بعضی از مشکلات در کناره‌های دشت‌های سیلابی و پایین دست رودخانه‌هایی با رسوبات بالا، محققان زیادی در مورد ویژگی‌های هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی رودخانه‌های پیچان‌دار و تغییراتی که در مسیر پدید می‌آورند، انجام داده‌اند. گوسوامی و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۹: ۲۲۸) از جمله این محققان هستند که به بررسی تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها در محدوده آسام هند پرداختند. بچکلی<sup>۳</sup> (۲۰۰۷: ۲۵) و هامیلتون و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۷: ۲۵) از دیگر محققانی هستند که با استفاده از تکنیک سنجش از دور، در مورد نحوه تغییرات در مورفولوژی رودخانه در طی زمان تحقیق نمودند و به این نتیجه رسیده‌اند که بسیاری از اشکال کناری و میانی بستر جریان رودخانه‌ها در اثر تغییرات کانال فعال پدید آمده‌اند. تغییر در مسیر رودخانه‌های پیچان‌دار در طی زمان در پاسخ به وقوع برخی از حوادث در مسیر رودخانه از جمله موضوعاتی بود که توجه برخی محققان مانند، کیس و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۸: ۹۷)، لی و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۷: ۱۸۶)، لوتینگ و فوکس<sup>۷</sup> (۲۰۰۷: ۵۲۶) شی و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۷: ۱۷۷) و وانگ و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۸: ۱۳۲) را

2- Goswami et al.

3- Bjerklie

4- Hamilton et al.

5- Kiss et al.

6- Li et al.

7- Lotting and Fox

8- Shi et al.

9- Wang et al.

به‌خود جلب نمود. فرسایش کناری، جابه‌جایی رسوبات در مسیرهای پر پیچ‌خم‌دار و استناد به ویژگی‌های نهشته‌های کناری و میانی در بررسی تغییرات در محدوده رودخانه‌های مئاندری، از جمله موضوعاتی هستند که در مسیر رودخانه‌های پیچان‌دار باید مورد توجه قرار گیرند. محققانی مانند، مالیک و ماتیا<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۷: ۵۷)، ماک ولیدر<sup>۱۱</sup> (۱۹۹۸: ۲۰۹) و وستلی و پارکر<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۸: ۱۲۴)، وود و همکاران<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۸: ۵۱۲) و لاور و پارکر<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۸: ۱۲۴) و همکاران<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۹: ۱۸۷) از این جنبه به مطالعه تغییرات و اثرات تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌های پیچان‌دار پرداختند و به این نتیجه رسیدند که قوس خمیدگی در جابه‌جایی اشکال میانی و جابه‌جایی مکانی مسیر کانال فعال نقش اولیه ایفا می‌کند.

با عنایت به این که در ایران نیز رودخانه‌های پیچان‌دار دارای مسائل ویژه‌ای، از جمله فرسایش کناری تشدید شده و جابه‌جایی رسوبات در طول مسیر خود هستند، از سوی محققان داخلی نیز بررسی پیچان‌ها و علل تشکیل آن‌ها و همچنین مسائل ناشی از وقوع خمیدگی در طول مسیر رودخانه مورد توجه قرار گرفته است. این تحقیقات چه در قالب مطالعات موردی و در محیط طبیعی و میدانی و یا با هدف بررسی ویژگی‌های رفتاری پیچان‌ها در محیط آزمایشگاهی، در غنابخشی به اطلاعات موجود در مورد ویژگی‌های هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی این پدیده‌ها کمک نموده و گزارشات علمی ارائه شده، از مطالعات ارزنده در این مورد محسوب می‌شوند. در این زمینه می‌توان به مطالعات موردی، بیاتی خطیبی (۱۳۹۰: ۳۲) در محدوده آذربایجان و بر روی رودخانه قرنقو، یمانی و علی‌زاده (۱۳۸۹: ۲۱۶) در رودخانه جلگه شمالی هرمز، محمودی و همکاران (۱۳۸۷: ۱۳) در رودخانه گرگان و حسین‌آبادی و بجستان (۱۳۸۸: ۲۴) بر روی رودخانه کارون اشاره نمود. همچنین تحقیقات آزمایشگاهی مربوط به محققانی مانند جابرزاده و همکاران (۱۳۸۷: ۱۵) و ساسانی و همکاران (۱۳۸۴: ۵۲) از جمله تحقیقات داخلی بر روی این پدیده‌ها محسوب می‌شوند.

10- Malik and Matyia

11- Mack and Leeder

12- Wesley and Parker

13- Wood et al.

14- Lauer and Parker

15- Laura et al.

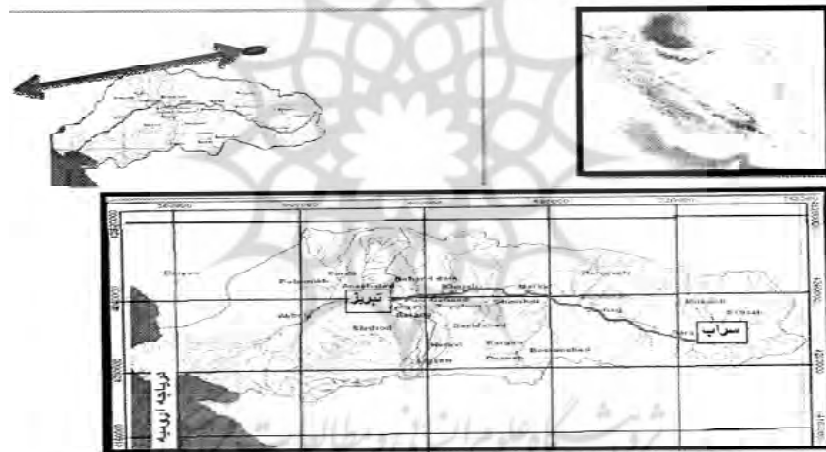
رودخانه آجی‌چای، به‌عنوان رودخانه مهم حوضه آبریز ارومیه، در مسیر خود دارای خمیدگی‌های فراوانی است. وقوع خمیدگی‌ها در مسیر جریان، سرعت وقوع تغییرات در محدوده جریان این رودخانه را افزایش داده است. با عنایت به نوع سازندهای سطحی در مسیر جریان این رودخانه و ایجاد تأسیسات در مسیر و کناره‌های آن، وقوع تغییرات می‌تواند به این تأسیسات مشکل‌زا باشد. با توجه به مواردی که ذکر شد و همچنین با هدف درک تغییرات مکانی و زمانی کانال فعال در پهنه دشت سیلابی، در این مقاله سعی خواهد شد، پویایی و تغییرات ناشی از جابه‌جایی کانال فعال که در اثر ایجاد خمیدگی‌ها در مسیر رودخانه مذکور صورت می‌گیرد، مورد بررسی قرار گیرد.

#### موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

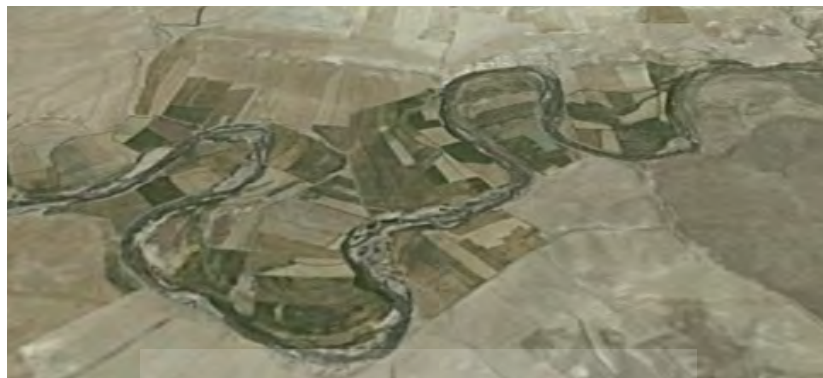
محدوده انتخابی برای مطالعه، بخشی از مسیر پر پیچ و خم رودخانه آجی‌چای است که در موقعیت جغرافیایی از  $38^{\circ} 07'$ ،  $37^{\circ} 58'$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 15'$ ،  $47^{\circ} 45'$  طول شرقی و در شمال غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). رودخانه آجی‌چای در حوضه بزرگی به همین نام جاری است که حوضه مذکور از بزرگ‌ترین زیرحوضه‌های هفتگانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بعد از سیمینه‌رود و زرینه‌رود محسوب می‌شود. این حوضه با وسعت  $513316$  کیلومترمربع در شمال‌غرب ایران واقع شده که رودخانه اصلی آجی‌چای بعد از جمع‌آوری آب‌های جاری، در نهایت آن‌ها را به دریاچه ارومیه تخلیه می‌کند. بارش متوسط سالانه محدوده مورد مطالعه طبق داده‌های ایستگاه‌های مسیر جریان  $526$  میلی‌متر بوده که مقدار آن دارای نوسانات سالانه است. نوع سازندهای سطحی که آجی‌چای و شاخ‌های آن در سطح آن‌ها جاری است، در بخش‌های مختلف، متفاوت است. در نزدیکی سراب سطح منطقه توسط شوره‌زارها پوشیده شده است و می‌توان در این محدوده‌ها در بخشی از سال شاهد تشکیل پلایه‌هایی نیز بود.

دشت سیلابی مسیر رودخانه آجی‌چای از نظر پهنای و ویژگی‌های مسیر جریان - از سراب تا فرودگاه تبریز - بسیار متفاوت است (شکل ۲). در نزدیکی سراب دشت سیلابی بسیار گسترده و پهن است و در مقطع عرضی آن اشکال ژئومورفیک بسیاری از جمله چالاب‌ها و

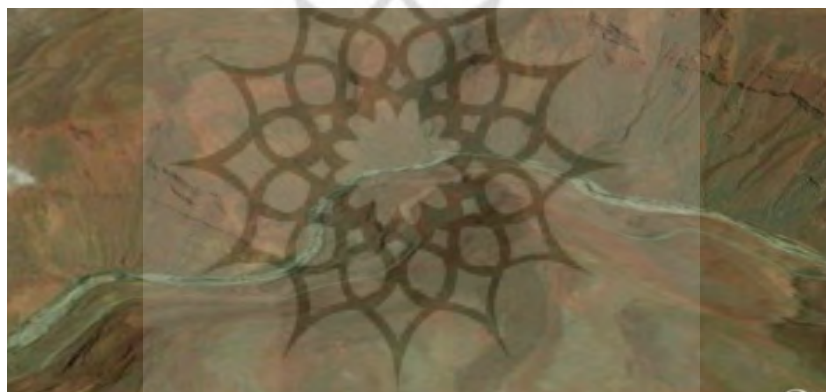
پشته‌های رسوبی قابل مشاهده است (شکل ۲ الف). در مسیر جریان این رودخانه هر چه به محدوده کوهستانی و به ارتفاعات تبریز نزدیک می‌شود از پهنای دشت سیلابی آن کاسته می‌شود (شکل ۲ ب). مسیر رودخانه رودخانه آجی‌چای دارای خمیدگی‌های متعددی است و با توجه به تعدد چنین پیچ‌وخم‌هایی، این رودخانه از نمونه قابل معرفی برای الگوی رودخانه پیچان‌دار محسوب می‌شود. در بخش‌هایی از مسیر که زمینه برای گسترش خمیدگی‌ها وجود داشته است، قوس‌های بزرگی تشکیل و در نتیجه دشت سیلابی عریضی پدید آمده است (شکل ۲) اما در محدوده‌هایی که مسیر در بین دره کم‌عرضی قرار گرفته، از میزان بزرگی قوس خمیدگی‌های مسیر تاحدی کاسته شده است (شکل ۲).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (مسیر رودخانه آجی‌چای از سراب تا تبریز)



الف) مسیر آجی چای در دشت فراخ

ب) مسیر آجی چای در محدوده کوهستانی  
شکل (۲) مسیر پیچان‌دار رودخانه آجی چای

### مواد و روش‌ها

در این مقاله برای بررسی جابه‌جایی‌ها در مسیر پیچان‌دار آجی چای و همچنین به منظور مقایسه میزان تغییرات مکانی در بخش‌های مختلف، مسیر رودخانه (از سراب تا تبریز) به سی قطعه یکسان تقسیم شده (شکل ۳) و کلیه اندازه‌گیری‌ها در طول این سی قطعه صورت گرفته است. برای بررسی میزان جابه‌جایی رودخانه مذکور در کلیه بخش‌های مسیر، از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی استفاده شده است. داغ آب‌های بر جای مانده در مسیر جریان نشان‌دهنده مسیرهای قدیمی و جدید است که با استناد به خطوط این داغ آب‌ها

ترسیم و کلیه اندازه‌گیری‌ها صورت گرفته است. به عبارت دیگر، محاسبات مربوط به شعاع قوس‌های ایجاد شده در مسیر جریان آجی‌چای طبق داده‌های حاصل از این اندازه‌گیری‌ها انجام یافته است.

برای بررسی میزان انحراف رودخانه از محور اصلی (به طرف راست و یا چپ) و در نتیجه تثبیت محدوده‌های تحت تغییرات ناشی از جابه‌جایی مسیر جریان رودخانه آجی‌چای، سعی شده در طول مسیر و در هر قطعه انتخابی، میزان انحراف مسیر جریان رودخانه به راست و چپ از محور اصلی اندازه‌گیری شود (شکل ۴) و نتایج در قالب نمودار ارائه گردد.

#### الف) بررسی رابطه شعاع و پهنای در مسیر پیچان‌دار آجی‌چای

برای بررسی شعاع قوس‌های خمیدگی‌های در مسیر پیچان‌دار آجی‌چای، دواپری به محدوده خمیدگی کشیده شده و شعاع دواپر اندازه‌گیری شده است، سپس با استفاده از مقادیر حاصل از اندازه‌گیری، پهنای مسیر با استفاده از رابطه (۱) به دست آمده و در نهایت نسبت شعاع قوس خمیدگی‌ها و پهنای مسیر (که نسبت این دو شاخصی از میزان جابه‌جایی در مسیر است) در هر قطعه از مسیر (R/W) به دست آمده است (در واقع برای بررسی قابلیت جابه‌جایی مسیر به راست و چپ، نسبت این دو پارامتری یعنی R/W محاسبه شده است) و مقادیر حاصل از محاسبات و اندازه‌گیری‌ها، در نمودارها نشان داده شده است.

$$W=0.71R_C^{0.89} \quad \text{رابطه (۱)}$$

W=پهنای مسیر (به متر) و R<sub>C</sub>=شعاع قوس خمیدگی (به متر)

#### ب) اندازه‌گیری و محاسبه میزان جابه‌جایی و زمان لازم برای جابه‌جایی مسیر جریان پیچان‌ها

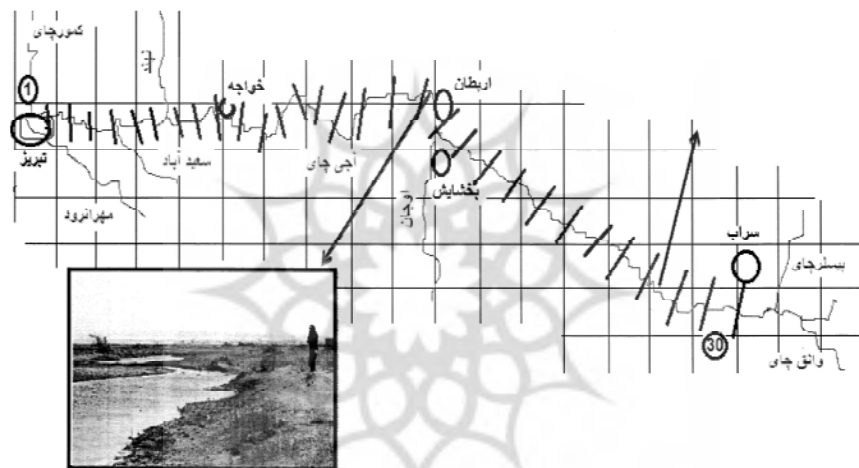
در این مقاله، برای بررسی میزان جابه‌جایی مسیر جریان پیچان‌ها و استخراج داده‌های لازم، از تصاویر ماهواره‌ای (شکل ۵) و برای برآورد زمان لازم برای وقوع جابه‌جایی‌ها از رابطه زیر استفاده شده است:

$$\Delta t=Wcb/V \quad \text{رابطه (۲)}$$

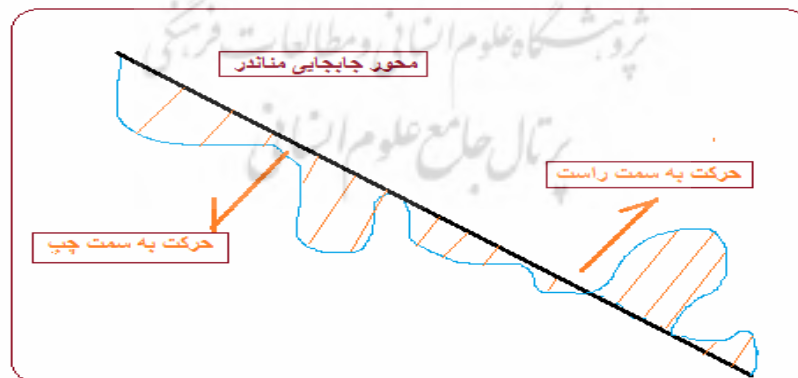
در این رابطه،  $\Delta t = \text{زمان جابه‌جایی به متر در سال}$ ،  $Wcb = \text{پهنای کمربند کانال پیچان به متر}$  و  $V = \text{میزان جابه‌جایی به متر}$

(ت) بررسی میزان سینوزیته و خمیدگی‌ها در مسیر آبی‌چای

برای بررسی میزان خمیدگی مسیر جریان آبی‌چای از رابطه سینوزیته استفاده شده است (رابطه ۳).

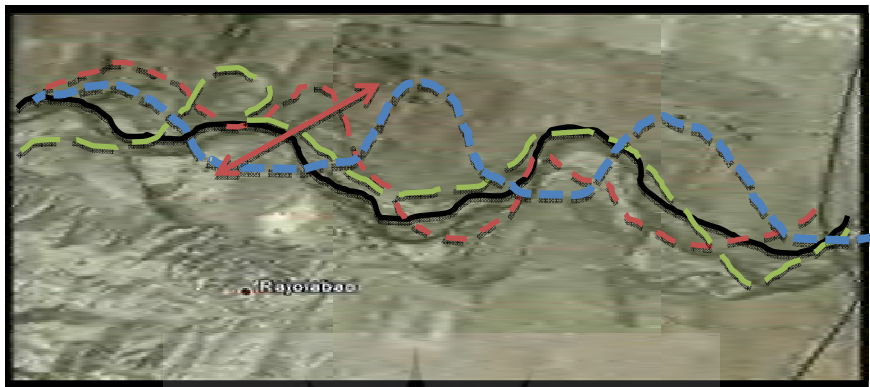


شکل (۳) تقسیم‌بندی مسیر آبی‌چای



شکل (۴) جابه‌جایی رودخانه از محور به سمت راست و چپ





شکل (۵) نحوه بررسی جابه‌جایی مسیر در طی زمان‌های مختلف

محاسبه میزان سینوزیته هم در طول کل مسیر و هم در طول قطعات مختلف مسیر اندازه‌گیری شده است.

$$S=T/L \quad \text{رابطه (۳)}$$

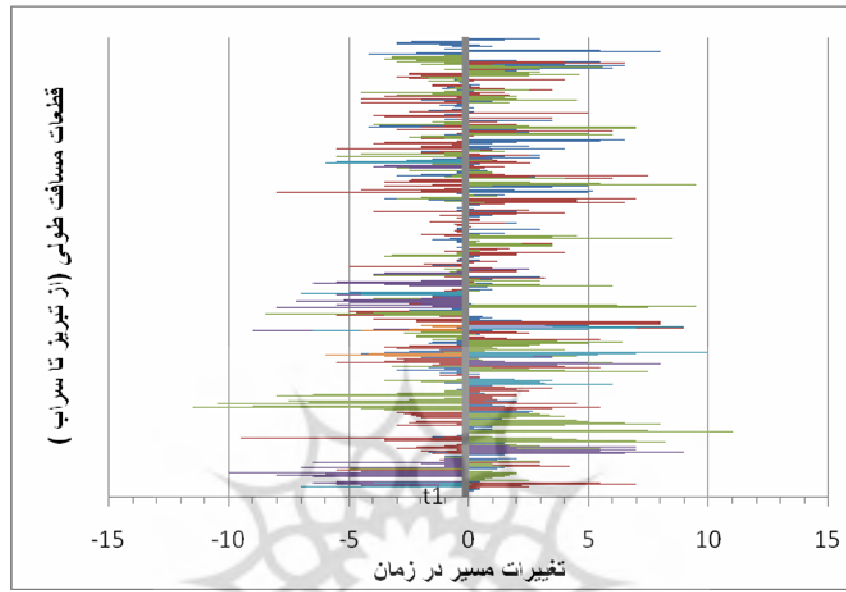
S=میزان سینوزیته، T=طول سینوزیته (کیلومتر) و L=مسافت طولی خط مستقیم (کیلومتر)

### یافته‌ها و بحث

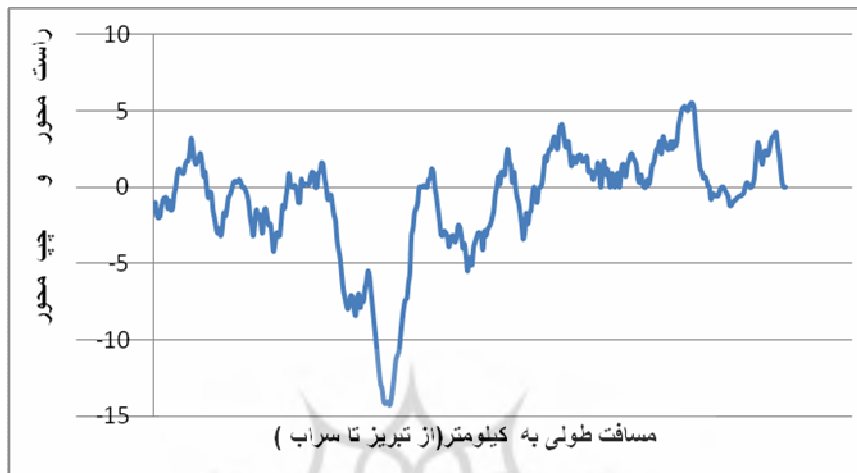
بررسی نقش پویایی پیچان رودها در جابه‌جایی کانال جریان در مسیر رودخانه‌های پیچان‌دار و در تغییر دشت سیلابی از بسیاری جهات بخصوص از بعد بررسی علل و اثرات بعدی تغییرات، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هرچه پویایی پیچان‌ها بیشتر باشد، میزان تغییرات در مسیر جریان رودخانه در طول زمان بیشتر خواهد شد و در نتیجه جابه‌جایی در مکان پشته‌های رسوبی میانی بستر نیز زیاد و میزان فرسایش کناری نیز بالا خواهد بود و در نتیجه دشت سیلابی در طی زمان پهن‌تر و به‌طور کلی تغییرات در اشکال ژئومورفولوژیکی در دشت سیلابی سریع‌تر خواهد شد. لذا در این مقاله سعی شده است از ابعاد مختلف پویایی پیچان رودها مورد بحث قرار گیرد.

### الف) میزان تغییرات در مسیر جریان پیچان‌دار آبی‌چای در طول قطعات مختلف

بررسی و تعیین میزان جابه‌جایی مسیر جریان در عرض یک دشت سیلابی از نظر بررسی پتانسیل فرسایش کناری و در نتیجه جلوگیری از افزایش حجم رسوبات در مسیر رودخانه‌ها و همچنین در اتخاذ تدابیری در جهت کاهش خسارت به تأسیسات کناری از اهمیت برخوردار است. لذا با توجه به موارد فوق میزان و نحوه جابه‌جایی‌ها در مسیر جریان آبی‌چای مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که، میزان جابه‌جایی مسیر جریان رودخانه آبی‌چای در پهنای دشت سیلابی خود و در طول سی قطعه مختلف مسیر (شکل ۶) بسیار متفاوت بوده است. بررسی نمودار ترسیمی حاکی از این است که بیشترین میزان جابه‌جایی در ۱۵۰ کیلومتری مسیر (از تبریز) و با جهت‌گیری حرکت به سمت چپ از محور اصلی صورت گرفته است (شکل ۷) و با نزدیک شدن به محدوده سراب، این جهت‌گیری برعکس شده است و میزان جابه‌جایی در این محدوده گاه کم و زمانی نیز بیشتر شده است. نتایج کلی حاکی از این است که، در محدوده مورد مطالعه، در بخش‌هایی که زمینه برای جابه‌جایی مسیر جریان رودخانه آبی‌چای فراهم بوده (دشت هموار و بدون ناهمواری عمده در کناره‌ها) رودخانه با دخالت و تأثیر سایر عوامل تعداد قوس‌های خود را افزایش و در نتیجه بر میزان جابه‌جایی خود افزوده است. بررسی تغییرات زمانی نیز حاکی از این است که، جابه‌جایی مسیر در طول قطعات مختلف مسیر آبی‌چای در طی زمان، متفاوت بوده است. در نزدیکی فرودگاه تبریز (قطعه ۱، شکل ۶) میزان انحراف مسیر از خط محور کم بوده اما در جهت بالا دست و در مسافت کمی دورتر از تبریز و در نزدیکی نهند، میزان این جابه‌جایی‌ها تا حدی افزایش یافته است (قطعه ۲، ۳ و ۴، شکل ۶) و با قرارگیری مسیر در بین ناهمواری و در نتیجه عدم فرصت برای جابه‌جایی بیشتر، تعداد قوس‌ها افزایش اما از میزان فاصله‌گیری مسیر از محور اصلی کاسته شده است (قطعه ۵، شکل ۶). در قسمت میانی مسیر (از سراب تا تبریز) فاصله‌گیری از محور در طی زمان افزایش می‌یابد (شکل ۶ و ۷) که گاه قطعه ۱۵ تا ۳۰ در شکل ۶). در نزدیکی مهربان این فاصله‌گیری کاهش و دوباره افزایش می‌یابد (قطعه ۳۰ و ۲۹ شکل ۶ و ۷).



شکل (۶) میزان تغییرات مسیر به طرف راست و چپ محور اصلی در طی زمان (در کل مسیر جریان آجی‌چای) اگر تغییر در مکان جابه‌جایی مسیر در کل طول جریان (از سراب تا تبریز) در طی زمان مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۶) می‌توان در مورد جابه‌جایی کانال فعال در کل مسیر جریان آجی‌چای قضاوت نمود. بررسی تغییرات مسیر برای کل مسیر آجی‌چای در شرایط کنونی حاکی از این است (شکل ۷) که در بیشتر بخش‌های آجی‌چای این تغییرات زیاد بوده، که وقوع این تغییرات به منزله افزایش میزان فرسایش کناری و گسترش عرض دشت‌های سیلابی و برجای‌گذاری و جابه‌جایی پشته‌های میانی در بستر سیلابی است.



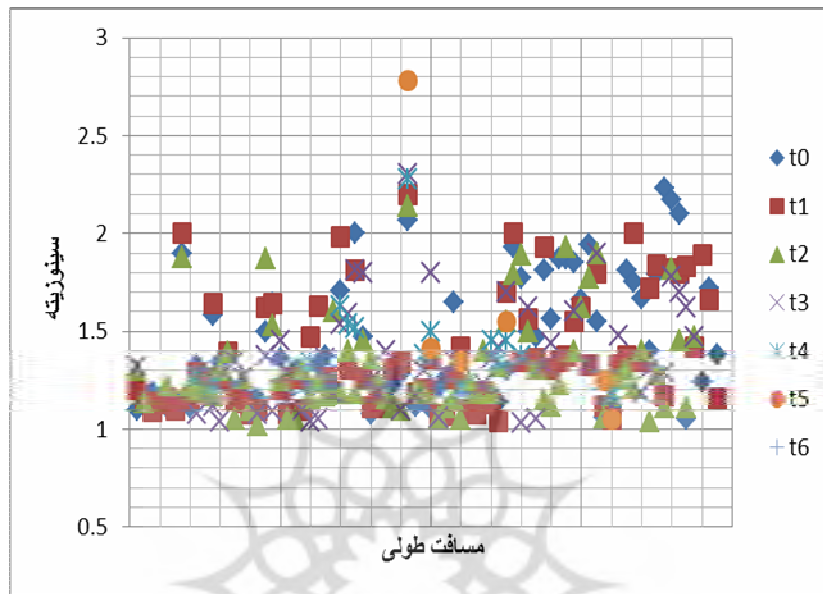
شکل (۷) انحراف کانال فعال رودخانه آجی‌چای از خط محور به چپ و راست (از تبریز تا بالاتر از سراب)

#### ب) بررسی میزان سینوزیته در مسیر آجی‌چای در طی زمان

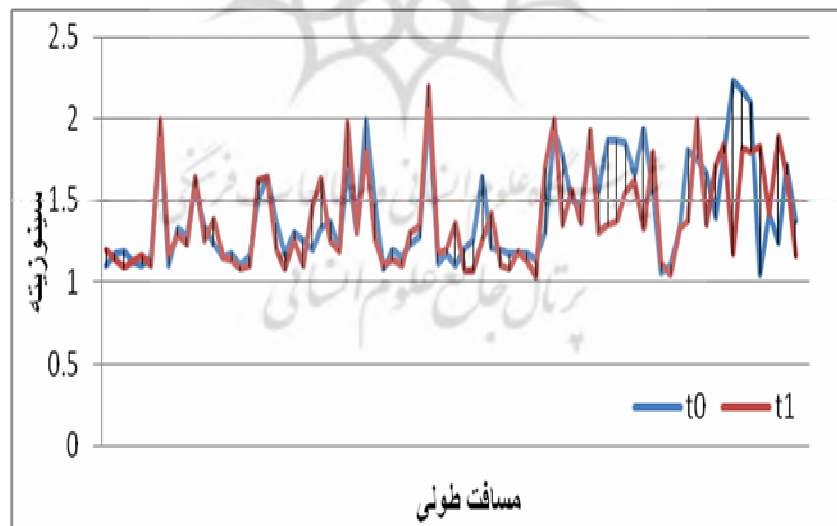
بررسی تغییرات در مسیر آجی‌چای همچنین حاکی از این می‌باشد که، با تغییرات در میزان جابه‌جایی مسیر جریان رودخانه، میزان سینوزیته نیز در طی زمان تغییر یافته است (شکل ۸). در بیشتر موارد، تغییرات در ویژگی‌های هیدرولوژیکی و در نتیجه تغییرات در میزان سینوزیته، علت اصلی جابه‌جایی رودخانه در مسیر جریان و در نهایت گسترش بستر سیلابی خود است. نتایج حاصل از بررسی تصاویر ماهواری و عکس‌های هوایی و انتقال داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات سینوزیته (شکل ۸) در طول زمان حاکی از این است که تغییرات در میزان سینوزیته در کلیه بخش‌های مسیر در زمان‌های مختلف به یکسان صورت نگرفته است و با توجه به شکل (۸) می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که میزان سینوزیته که عامل اصلی جابه‌جایی مسیر در دشت سیلابی است، در طی زمان‌های مختلف در نزدیکی سراب افزایش یافته است و برعکس از میزان آن در نزدیکی تبریز کاسته شده است. شایان ذکر است که در محدوده‌هایی که بستر و شرایط توپوگرافیک محل و همچنین عامل تکتونیک برای جابه‌جایی مساعدت نموده است، میزان سینوزیته افزایش یافته است (مانند محدوده

نزدیک سراب). بررسی مسیر جریان فعلی و مقایسه آن با آخرین تغییرات در سینوزیته مسیر (زمان  $t_0, t_1$ ) نشان می‌دهد (شکل ۸) که تغییرات در سینوزیته بستر و جابه‌جایی در کانال در محدوده تبریز تا نزدیکی خواجه زیاد نبوده است. این درحالی است که در نزدیکی سراب، بخشایش و مهربان این جابه‌جایی در طول زمان به مراتب بیشتر بوده است. به عبارت دیگر اگر تغییرات سینوزیته مسیر جریان بررسی تغییرات در جابه‌جایی بستر دخیل داده شود و به ازدیاد میزان سینوزیته در بخش یادشده نسبت به سایر قسمت‌ها در طول زمان توجه گردد (شکل‌های ۷ و ۶ و ۸)، علت تغییرات مشخص خواهد شد. بررسی تغییرات در شرایط نزدیک به شرایط کنونی نیز حاکی از این است که تغییرات در نزدیکی سراب بیشتر است (شکل ۹).

بررسی داغ آب‌های مسیرهای قدیمی جریان آجی‌چای نشان می‌دهد که در گذشته مسیر آجی‌چای متحمل تغییرات قابل ملاحظه‌ای از نظر جابه‌جایی‌های جانبی شده است (شکل ۱۰، الف و ب). در کانال جریان این رودخانه در گذشته قوس‌های بزرگی تشکیل یافته بود که دوباره در طی وقوع جابه‌جایی‌ها به مسیر قبلی برگشته است. یعنی در بخشی از مسیر آجی‌چای که در گذشته می‌توانستیم شاهد خمیدگی‌های بزرگ باشیم، امروزه فقط آثاری از این خمیدگی‌ها به صورت داغ آب‌های حاکی از حضور قوس‌های بزرگ در کناره‌های دشت‌های سیلابی برجای مانده و مسیر کنونی در چنین بخش‌هایی دارای الگوی مستقیمی است (شکل ۱۰). در محدوده مورد بررسی، در بخش‌هایی که رودخانه از قسمت‌های کناری کانال جریان به ناهموارهای کناری برخورد نموده، پای دیواره‌ها تحت فرسایش قرار گرفته و تا حدی از جابه‌جایی کناری کاسته شده است و گاه حضور پشته‌های میانی کانال جریان را به هزار مسیر تبدیل نموده است.



شکل (۸) میزان سینوزیته در طی زمان و در بخش‌های مختلف



شکل (۹) میزان سینوزیته در مسیر فعلی و مسیر گذشته آبی‌چای



(الف)

(ب)

شکل (۱۰) جابجایی قوس پیچان آجی‌چای و جابجایی و تغییر مسیر آن طی زمان. الف) داغ آب‌های بر جای مانده از قوس بزرگ مسیر قدیمی آجی‌چای و تبدیل آن به یک مسیر مستقیم، در نزدیکی ارتباط (ب) داغ آب‌های بر جای مانده از مسیر قبلی آجی‌چای، بین قارخون و دولت‌آباد

#### ت) بررسی شعاع قوس پیچان‌ها و رابطه شعاع و پهنا (R/W) در مسیر آجی‌چای

با توجه به اینکه شعاع قوس‌ها می‌تواند بیان‌کننده بسیاری از ویژگی‌های بستر جریان و عوامل فشار تأثیرگذار باشد، بنابراین می‌توان از بررسی شعاع قوس پیچ‌وخم‌های مسیر آجی‌چای، در مورد ویژگی‌های بستر و عوامل تأثیرگذار و پتانسیل فرسایش رودخانه اظهار نظر نمود. بررسی‌های صورت گرفته حاکی از این است که بین پارامترهای مختلف بستر جریان و نوع و اندازه خمیدگی‌ها در مسیرهای پیچان‌دار رابطه وجود دارد (آبادی و همکاران، ۲۰۰۶) که می‌توان با استناد به این روابط، معادله‌هایی را طراحی نمود و با استفاده از بعضی فاکتورهای قابل اندازه‌گیری مربوط به پیچان‌ها، در مورد سایر ویژگی‌های بستر و خودپیچان‌ها محاسباتی انجام داد و در مورد آن‌ها به نتایجی دست یافت. پهنای بستر و شعاع قوس‌های تشکیل شده در بستر سیلابی، از پارامترهای مهم ژئومورفیک هستند که می‌توان با استناد به آن‌ها در مورد میزان جابه‌جایی مسیر و فرسایش کناری آجی‌چای اظهار نظر نمود. انحنا کانال، اثر مهمی بر میزان جابه‌جایی مسیر جریان دارد و پهنای کانال نیز مشخص‌کننده حداکثر جابه‌جایی‌های رخ داده در مسیر جریان رودخانه در گذشته است با

بررسی نسبت شعاع بر پهنا (R/W) می‌توان در مورد جابه‌جایی‌های صورت گرفته نتیجه‌گیری نمود. میزان جابه‌جایی مسیر که با ایجاد چالاب‌ها و پشته‌ها و به‌طور کلی با فرسایش بستر همراه است، زمانی به حداکثر می‌رسد که نسبت شعاع بر پهنا در محدوده خاصی قرار گیرد یعنی  $(2.4 < R/W < 3.3)$ . میزان جابه‌جایی در فراتر از این دامنه کاهش می‌یابد (آبادی و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶). با توجه به موارد فوق در این مقاله با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، نسبت شعاع به پهنا (R/W) در طول قعات مختلف مسیر اندازه‌گیری و نتایج به‌صورت نمودار و جداول نمایش داده شده است (شکل ۱ و جدول ۱) با توجه به نمودار ترسیمی (شکل ۱۱) می‌توان گفت که نسبت شعاع به پهنا (R/W) در مسافت‌های مختلف آبی‌چای، متفاوت است. این تفاوت‌ها در بعضی از قطعات مسیر شدید می‌شود (مانند قطعات ۷ و ۸ در شکل ۱۱) و گاه میزان این تفاوت‌ها بین نسبت‌های مذکور کم و یا زیاد می‌باشد. شایان ذکر است که این تفاوت در نسبت‌ها در قسمت‌های نزدیک به تبریز و در بخش‌های میانی (شکل ۱۱) در مقایسه با سایر قسمت، کمتر است. با توجه به محاسبات صورت گرفته در مورد نسبت شعاع به پهنا و آستانه‌های ارائه شده، می‌توان در مورد قابلیت جابه‌جایی مسیر آبی‌چای در طی زمان، نتیجه‌گیری نمود. با عنایت به اطلاعات مندرج در جدول (۱ و ۲)، می‌توان گفت که قابلیت جابه‌جایی در نزدیکی تبریز و بالاتر از نهند تا مهربان زیاد است (مربوط به شرایط کنونی در جدول ۱). همچنین می‌توان گفت که قابلیت جابه‌جایی مسیر در بستر سیلابی در طی زمان نیز متفاوت است و مکان‌هایی با قابلیت کم و یا زیاد دقیقاً با یکدیگر منطبق نیستند.

جدول (۱) قابلیت جابه‌جایی کانال فعال در زمان T0

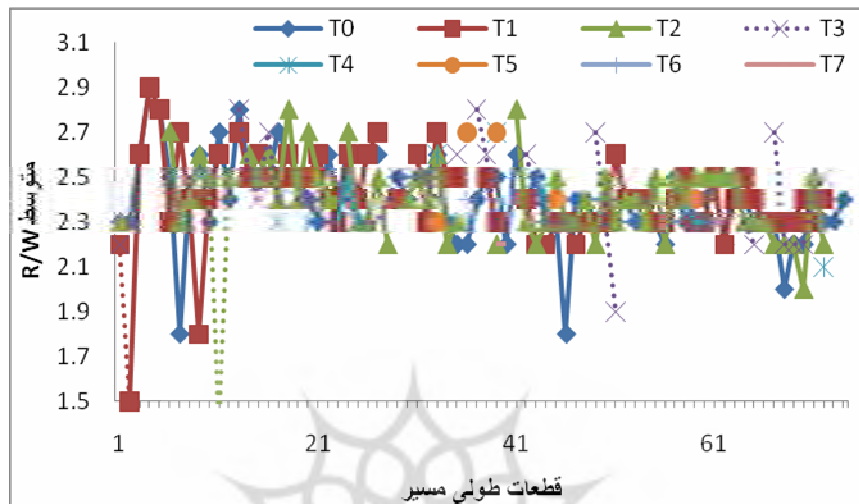
شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابه‌جایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابه‌جایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابه‌جایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابه‌جایی
۱	۲.۱	کم	۱۷	۲.۸	زیاد	۳۲	۲.۲	کم	۴۷	۲.۵	زیاد
۲	۲.۳	کم	۱۸	۲.۵	زیاد	۳۳	۲.۵	زیاد	۴۸	۲.۳	کم
۳	۲.۶	زیاد	۱۹	۲.۵	زیاد	۳۴	۲.۴	زیاد	۴۹	۲.۳	کم
۵ و ۴	۲.۹	زیاد	۲۰	۲.۵	زیاد	۳۵	۲.۵	زیاد	۵۰	۱.۸	کم



زیاد	۲.۴	۵۱	زیاد	۲.۵	۳۶	زیاد	۲.۷	۲۱	زیاد	۲.۸	۶
زیاد	۲.۴	۵۲	زیاد	۲.۶	۳۷	زیاد	۲.۶	۲۲	زیاد	۲.۶	۷
کم	۲.۳	۵۳	کم	۲.۳	۳۸	زیاد	۲.۵	۲۳	زیاد	۲.۵	۸
زیاد	۲.۴	۵۴	کم	۲.۲	۳۹	زیاد	۲.۴	۲۴	کم	۲	۹
زیاد	۲.۴	۵۵	کم	۲.۲	۴۰	کم	۲.۳	۲۵	کم	۱.۸	۱۰
کم	۲.۳	۵۶	زیاد	۲.۴	۴۱	زیاد	۲.۶	۲۶	کم	۲.۴	۱۱
زیاد	۲.۴	۵۷	زیاد	۲.۵	۴۲	زیاد	۲.۴	۲۷	زیاد	۲.۶	۱۲
کم	۲.۳	۵۸	زیاد	۲.۵	۴۳	زیاد	۲.۶	۲۸	کم	۲.۳	۱۳
کم	۲.۳	۵۹	کم	۲.۲	۴۴	زیاد	۲.۴	۲۹	کم	۲.۳	۱۴
کم	۲.۳	۶۰	زیاد	۲.۶	۴۵	زیاد	۲.۶	۳۰	زیاد	۲.۷	۱۵
کم	۲.۲	۶۱	زیاد	۲.۴	۴۶	زیاد	۲.۶	۳۱	زیاد	۲.۴	۱۶

جدول (۲) قابلیت جابجایی کانال فعال در زمان T1

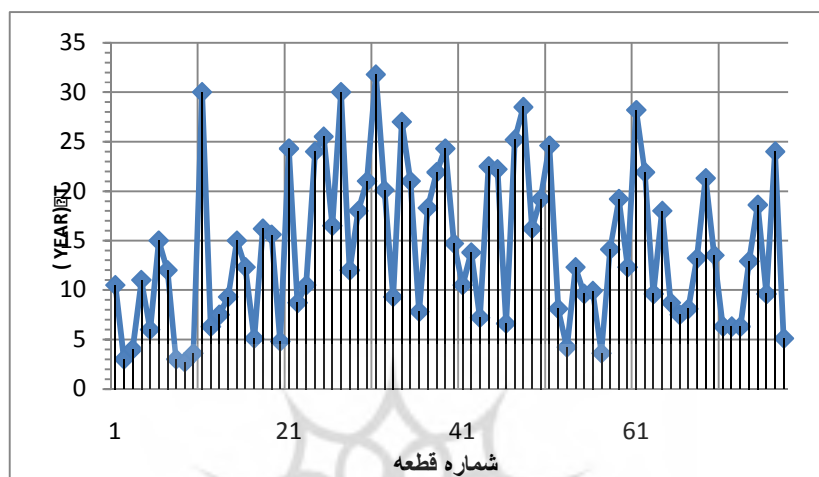
میزان جابجایی	R/W (متر)	شماره قطعه	میزان جابجایی	R/W (متر)	شماره قطعه	میزان جابجایی	R/W (متر)	شماره قطعه	میزان جابجایی	R/W (متر)	شماره قطعه
زیاد	۲.۴	۴۷	-	-	۳۲	زیاد	۲.۷	۱۷	کم	۲.۲	۱
کم	۲.۲	۴۸	زیاد	۲.۴	۳۳	زیاد	۲.۵	۱۸	کم	۱.۵	۲
کم	۲.۲	۴۹	-	-	۳۴	زیاد	۲.۶	۱۹	زیاد	۲.۶	۳
کم	۲.۳	۵۰	زیاد	۲.۶	۳۵	زیاد	۲.۵	۲۰	زیاد	۲.۹	۵ و ۴
کم	۲.۳	۵۱	زیاد	۲.۶	۳۶	زیاد	۲.۵	۲۱	زیاد	۲.۸	۶
کم	۲.۲	۵۲	زیاد	۲.۷	۳۷	زیاد	۲.۶	۲۲	زیاد	۲.۴	۷
کم	۲.۳	۵۳	زیاد	۲.۵	۳۸	زیاد	۲.۵	۲۳	زیاد	۲.۵	۸
کم	۲.۳	۵۴	زیاد	۲.۵	۳۹	زیاد	۲.۵	۲۴	کم	۲.۳	۹
کم	۲.۳	۵۵	کم	۲.۲	۴۰	زیاد	۲.۶	۲۵	زیاد	۲.۷	۱۰
زیاد	۲.۶	۵۶	-	-	۴۱	زیاد	۲.۴	۲۶	زیاد	۲.۴	۱۱
زیاد	۲.۴	۵۷	زیاد	۲.۵	۴۲	-	-	۲۷	کم	۱.۸	۱۲
زیاد	۲.۴	۵۸	کم	۲.۳	۴۳	زیاد	۲.۶	۲۸	زیاد	۲.۴	۱۳
زیاد	۲.۴	۵۹	-	-	۴۴	زیاد	۲.۴	۲۹	زیاد	۲.۶	۱۴
کم	۲.۳	۶۰	-	-	۴۵	زیاد	۲.۶	۳۰	زیاد	۲.۶	۱۵
کم	۲.۳	۶۱	-	۲.۴	۴۶	زیاد	۲.۷	۳۱	-	-	۱۶



شکل (۱۱) متوسط نسبت شعاع بر پهنا (R/W) در طول قطعات مختلف مسیر در طی زمان

### ث) بررسی زمان جابه‌جایی قوس خمیدگی در مسیر پیچان دار آجی‌چای

جابه‌جایی پیچان‌ها و برآورد زمان این جابه‌جایی‌ها از نظر فرسایش کناری و همچنین از نظر جابه‌جایی پشته‌های میانی در طول و عرض مسیر از اهمیت برخوردار است. با توجه به این که در مسیرهای پیچان‌دار، انرژی لازم برای جابه‌جایی‌های سریع همواره وجود دارد، می‌توان با استفاده از پارامترهای خودپیچان، زمان لازم برای جابه‌جایی کامل مسیر جریان از یک کناره به کناره دیگر را برآورد نمود. در این مقاله به لحاظ در نظر گرفتن مواردی که گفته شد، زمان جابه‌جایی مسیر جریان آجی‌چای محاسبه و به صورت نمودار نمایش داده شده است (شکل ۱۲). بررسی اطلاعات مندرج در جدول (۱) و اطلاعات نمایشی در شکل (۱۲) حاکی از این است که در مسیرهای نزدیک به تبریز (قطعه ۲ و ۳ شکل ۱۲ و ۱۳) و نزدیک سراب (قطعه ۱۹ و ۲۰ و...) زمان جابه‌جایی کوتاه و در قطعه ۱۱ و ۲۱ و در محدوده سراب این زمان طولانی است.



شکل (۱۲) زمان جابه‌جایی در مسیر جریان آجی چای (از سراب تا تبریز)



شکل (۱۳) تغییرات در شعاع قوس خمیدگی‌های مسیر آجی چای (نزدیک تبریز)

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته بر نحوه جابه‌جایی‌ها در کانال فعال آجی چای در طی زمان نشان می‌دهد که نحوه جابه‌جایی مسیر جریان در طول قطعات مختلف مسیر در طی زمان، متفاوت بوده است. این تفاوت از تفاوت در ویژگی‌های مسیر و در علل تأثیرگذار

در جابه‌جایی‌ها حکایت می‌کند. در بخش‌هایی از مسیر، مانند نزدیکی فرودگاه تبریز میزان انحراف مسیر از خط محور کم بوده اما در جهت بالا دست و در مسافت کمی دورتر از تبریز و در نزدیکی نهند، میزان این جابه‌جایی‌ها تا حدی افزایش می‌یابد و با قرارگیری مسیر در بین ناهمواری و در نتیجه عدم فرصت برای جابه‌جایی بیشتر، تعداد قوس‌ها افزایش یافته، اما از میزان فاصله‌گیری مسیر از محور اصلی کاسته می‌شود. در قسمت میانی مسیر (از سراب تا تبریز) فاصله‌گیری کانال فعال از محور اصلی خمیدگی در طی زمان افزایش می‌یابد که گاه میزان جابجایی در زمان‌های مختلف همدیگر را تعقیب و گاه این امر تحقق نمی‌یابد. در نزدیکی مهربان این فاصله‌گیری کاهش و دوباره با دور شدن از این محدوده میزان آن افزایش می‌یابد. میزان خمیدگی‌ها که انرژی لازم برای جابه‌جایی‌ها را فراهم می‌سازند در طی زمان در مسیر آجی‌چای تغییر می‌یابد. بررسی میزان سینوزیته که شاخص خمیدگی‌های مسیر محسوب می‌شود و متغیر اصلی در بررسی جابجایی‌ها در مسیر رودخانه آجی‌چای در دشت سیلابی است نشان می‌دهد که در طی زمان در نزدیکی سراب میزان آن افزایش یافته و برعکس از میزان آن در نزدیکی تبریز کاسته شده است. به‌طور کلی می‌توان با توجه به بررسی‌های صورت گرفته چنین نتیجه‌گیری نمود که مسیر آجی‌چای در اثر وجود پیچ و خم‌های زیاد بسیار پویا بوده و کانال فعال از یک کناره به کناره دیگر دائماً در حال جابه‌جایی است. گاه در اثر این پویایی، شعاع خمیدگی‌های مسیر جریان افزایش و گاه میزان آن کاهش می‌یابد و زمانی نیزالگوی مسیر کاملاً مستقیم می‌گردد. داغ آب‌هایی که در مسیر جریان و در دشت‌های سیلابی بر جای مانده، حاکی از گسترش قوس پیچان‌ها و جابه‌جایی آن‌ها در طی زمان تا کناره‌های مقابل جریان فعلی است. با عنایت به تفاوت در ویژگی‌های محلی و تأثیر این ویژگی‌ها در میزان جابجایی‌ها، به‌نظر می‌رسد که قابلیت جابه‌جایی متأثر از این ویژگی‌ها در طول مسیر متفاوت است. بررسی نتایج حاصل از محاسبات صورت گرفته در مورد نسبت شعاع به پهنا و آستانه‌های ارائه شده نشان می‌دهد که قابلیت جابه‌جایی در نزدیکی تبریز و بالاتر از نهند تا باتوجه به تفاوت در ویژگی‌ها محلی (مانند نوع سازندهای سطحی، توپوگرافی، فعالیت‌های تکتونیکی و حضور گنبد‌های نمکی و...) بسیار متفاوت است. نتایج مطالعات همچنین حاکی از این است که پویایی کانال فعال و قابلیت جابه‌جایی مسیر در

بستر سیلابی در طی زمان نیز دچار تغییرات شده و از نظر زمانی، مکان‌هایی با قابلیت کم و یا زیاد دقیقاً با یکدیگر منطبق نیستند. به عبارت دیگر میزان پویایی کانال فعال در رابطه با مکان و زمان بسیار متفاوت است.

رودخانه آجی‌چای با مسائل خاص ناشی از جابه‌جایی‌ها مسیر جریان در دشت سیلابی مواجه است. جابه‌جایی‌هایی که مسیر جریان این رودخانه در دشت سیلابی خود انجام می‌دهد، باعث بروز تغییرات عمده‌ای در محدوده جریان خود می‌گردد. عریض شدن دشت سیلابی، فرسایش کناری، جابه‌جایی در پوینت بارها، جابه‌جایی در مکان پشته‌های رسوبی میانی، خسارت به تأسیسات کناری و افزایش در میزان رسوب آب‌های جاری از جمله این تغییرات است. انرژی لازم برای وقوع جابه‌جایی‌ها توسط خمیدگی‌هایی فراهم می‌گردد که در مسیر رودخانه مذکور به‌طور متعدد ایجاد می‌گردد. نتایج حاصل از بررسی زمان جابه‌جایی‌ها در مسیر رودخانه آجی‌چای حاکی از این است که زمان جابه‌جایی مسیر جریان در عرض دشت سیلابی مسیر جریان این رودخانه از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. در بخشی از مسیر، این زمان به یک سال و در بعضی از نقاط دشت سیلابی آجی‌چای به بیش پنج سال می‌رسد. سرعت جابه‌جایی‌ها در مسیر رودخانه‌ای مانند آجی‌چای که دیواره‌های دشت سیلابی آن بسیار فرسایش‌پذیر می‌باشد، تأمل‌برانگیز است.

## منابع

- ۱- آبادی، حسین و محمودشفاى بچستان (۱۳۸۸). «بررسی عمق آبستگی محتمل در مئاندرهای رودخانه کارون»، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه اهواز.
- ۲- ابراهیمی، لیلا و غلامعباس بارانی (۱۳۸۵). «بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه آبی‌چای در محل ایستگاه سد ونیار»، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.
- ۳- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۹۰). «بررسی پتانسیل خطر وقوع سیل در مسیر رودخانه‌های مئاندری»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵.
- ۴- جابرزاده، مجید؛ عطاری، جلال؛ مجدزاده، محمدرضا و منصور ابوالقاسمی (۱۳۸۷). «مطالعات آزمایشگاهی جریانات چرخشی افقی و نقش آن در محل تشکیل نهشته رسوبی قوس»، چهارمین کنگره مهندسی عمران دانشگاه تهران.
- ۵- ساسانی، فاطمه؛ افضل، حسین و منوچهر حیدرپور (۱۳۸۴). «بررسی فاکتور نقش بررسی تغییر مکان‌های جانبی در طول بازه‌های قوس‌دار در یک رودخانه درشت دانه»، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران.
- ۶- محمودی، امین؛ طهماسبی، ابوالفضل؛ قره‌محمودلو، مجتبی و سعید جعفری (۱۳۸۷). «بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گرگان رود در مجاورت شهر گنبد»، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- ۷- یمانی، مجتبی و هیوا علمی‌زاده (۱۳۸۹). «بررسی تغییر پیچان رودی و ناپایداری بستر رودها در جلگه شمالی تنگه هرمز»، نشریه مدرس علوم انسانی، شماره ۱۴.
- 8- Abad, Jorge D., Marcelo H. Garcia (2006). "RVR Meander: A Toolbox for Re-meandering of Channelized Streams", *Computers & Geosciences*, 32, 92-101.
- 9- Alberta, M.H., M.S. Patersonb (2005), "Bounds for the Growth Rate of Meander Numbers", *Journal of Combinatorial Theory*, Series A 112, 250- 262

- 10- Bjerklie, David M. (2007), "Estimating the Bankfull Velocity and Discharge for Rivers Using Remotely Sensed River Morphology Information", *Journal of Hydrology*, 341, 144-155.
- 11- Black, E, C.E. Renshaw F.J. Magilligan, J.M. Kaste, W.B. Dade, J.D. Landis (2010), "Determining Lateral Migration Rates of Meandering Rivers Using Fallout Radionuclides", *Geomorphology*, 123, 364-369.
- 12- Dong Xu, Yuchuan Bai, Jianmin Ma, Yan Tan (2011), "Numerical Investigation of Long-term Planform Dynamics and Stability of River Meandering on Fluvial Floodplains, PII: S0169-555X (11) 00235-2 DOI: Doi: 10.1016/j.Gemorph, 2011.05.009 Reference: GEOMOR, 3595.
- 13- Fagan, Simon D., Gerald C. Nanson (2004), "The Morphology and Formation of Floodplain-surface Channels", Cooper Creek, Australia, *Geomorphology*, 60, 107-126.
- 14- Fernando Magdaleno, José A. Fernández-Yuste (2011), "Meander Dynamics in A Changing River Corridor", *Geomorphology*, 130, 197-207.
- 15- Formann, E., H.M. Habersack, St. Schober (2007), "Morphodynamic River Processes and Techniques for Assessment of Channel Evolution in Alpine Gravel Bed rivers", *Geomorphology* 90, 340-355.
- 16- Gangodagamage, Chandana, Elizabeth Barnes, Efi Foufoula-Georgiou (2007), "Scaling in River Corridor Widths Depicts Organization in Valley Morphology", *Geomorphology*, 91, 198-215.
- 17- Goswami, U., J.N. Sarma, A.D. Patgiri (1999), "River Channel Changes of the Subansiri in Assam, India", *Geomorphology*, 30, 227-244.
- 18- Hamilton, Stephen K., Josef Kellndorfer, Bernhard Lehner, Mathias Tobler (2007), "Remote Sensing of Floodplain Geomorphology as a Surrogate for Biodiversity in a Tropical River System (Madre de Dios, Peru)", *Geomorphology*, 89, 23-38.

- 19- Hau Xera, and Frank, Axel Voigt (2007), "Step Meandering in Epitaxial Growth", *Journal of Crystal Growth*, 303, 80-84.
- 20- Hooke, J.M. (2007), "Complexity, Self-organisation and Variation in Behaviour in Meandering Rivers", *Geomorphology*, 91, 236-258.
- 21- Hooke, J.M (2008), "Temporal Variations in Fluvial Processes on an Active Meandering River Over a 20-year Period", *Geomorphology*, Vol. 100, 3-13.
- 22- Kiss, Tímea Kiss, Károly Fiala, György Sipos (2008), "Alterations of Channel Parameters in Response to River Regulation Works Since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary)", *Geomorphology*, 98, 96-110.
- 23- Laura Jugaru Tiron, Jérôme Le Coz, Mireille Provansal, Nicolae Panin, Guillaume Raccasi, Guillaume Dramais, Philippe Dussouillez (2009), "Flow and Sediment Processes in a Cutoff Meander of the Danube Delta during Episodic Flooding", *Geomorphology*, 106 (2009) 186-197.
- 24- Lauer, J. Wesley, Gary Parker (2008), "Net Local Removal of Floodplain Sediment by River Meander Migration", *Geomorphology*, 96 , 123-149.
- 25- Li, Luqian, XiXi Lu, Zhongyuan Chen (2007), "River Channel Change during the Last 50 Years in the Middle Yangtze River, the Jianli Reach", *Geomorphology*, 85, 185-196.
- 26- Lottig, Noah R., Justin M. Fox (2007), "A Potential Mechanism for Disturbance-mediated Channel Migration in a Southeastern United States Salt Marsh", *Geomorphology*, 86, 525-528.
- 27- Mack, Greg H., Michae.R. Leeder (1998), "Channel Shifting of the Rio Grande, Southern Rio Grande Rift: Implications for Alluvial Stratigraphic Models", *Sedimentary Geology*, 17.207-2 19.
- 28- Malik, Ireneusz, Marcin Matyja (2007), "Bank Erosion History of a Mountain Stream Determined by Means of Anatomical Changes in Exposed Tree Roots Over the Last 100 Years (Bílá Opava River-Czech Republic)," *Geomorphology*, 30,56-67.



- 29- Shi, Yafeng, Qiang Zhang, Zhongyuan Chen., Tong Jiang., Jinglu Wu (2007), "Channel Morphology and Its Impact on Flood Passage, the Tianjiazhen Reach of the Middle Yangtze River", *Geomorphology*, 85, 176-184.
- 30- Wang, Yong-Hong, Peter V. Ridd, Hua-Lin Wu, Jia-Xue Wu, Huan-Ting Shen (2008), "Long-term Morphodynamic Evolution and the Equilibrium Mechanism of a Flood Channel in the Yangtze Estuary (China)", *Geomorphology*, 99, 130-138.
- 31- Wesley Lauer, J, Gary Parker (2008), "Net Local Removal of Floodplain Sediment by River Meander Migration", *Geomorphology*, 96, 123-149.
- 32- Wood, Spencer H., Alan D. Ziegler, Tharaporn Bundarnsin (2008), "Floodplain Deposits, Channel Changes and Riverbank Stratigraphy of the Mekong River, Area at the 14th-Century City of Chiang Saen", Northern Thailand, *Geomorphology*, 101, 510-523.