نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۴۹، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۷۹-۵۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۰۳/۲۶

بررسی تغییرات پیچان‌رود آجی‌چای در پهنه سیلاب دشت

مریم بیاتی خطیبی[۱]

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 تیپیک‌ترین مئاندر، جابه‌جایی‌های زیادی در مسیر جریان خود انجام می‌دهد (واقع در شمال‌غرب ایران و در موقعیت جغرافیایی از ′۰۷ °۳۸، ′۵۸ °۳۷ عرض شمالی و ′۱۵ °۴۶ ، ′۴۵ °۴۷ 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 پهنا (R/W) به‌دست آمده است. زمان انجام جابه‌جایی‌های کانال فعال در دشت سیلابی نیز با استفاده از ΔT 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 مسیرآجی چای متفاوت است. میزان سینوزیته در طول مسیر آجی‌چای و درطی زمان تغییر یافته است و با هر تغییر در میزان سینوزیته و تغییر جهت جابه‌جای خمیدگی‌ها، داغ آب هایی در دشت سیلابی بر جای مانده است.

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

۱ـ استاد گروه پژوهش‌های جغرافیایی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز. Email:m_bayati@tabrizu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

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 ازجمله این تغییرات است. در رودخانه‌های پیچان‌دار که ایجاد خمیدگی‌ها در مسیر جریان، انرژی لازم برای جابه‌جایی‌های بیشتر را فراهم می‌سازد، این تغییرات به مراتب بیشتراست و حتی بعضی از پدیدهای 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[۲] (۱۹۹۹: ۲۲۸) از جمله این محققان هستند که به بررسی تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها در محدوده آسام هند پرداختند. بجکلی[۳] (۲۰۰۷: ۲۵) و هامیلتون و همکاران[۴] (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 ومیانی بسترجریاین رودخانه‌ها در اثر تغییرات کانال فعال پدید آمده‌اند. تغییر در مسیر رودخانه‌های پیچان‌دار در طی زمان در پاسخ به‌وقوع برخی از حوادث در مسیر رودخانه از جمله موضوعاتی بود که توجه برخی محققان مانند، کیس و همکاران[۵] (۲۰۰۸: ۹۷)، لی و همکاران[۶] (۲۰۰۷: ۱۸۶)، لوتینق و فوکس[۷] (۲۰۰۷: ۵۲۶) شی و همکاران[۸] (۲۰۰۷: ۱۷۷) و وانگ و همکاران[۹] (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.

Archive of SID

www.SID.ir

به‌خود جلب نـمود. فرسایش کناری، جابه‌جایی رسوبات در مسیرهای پر پیچ‌خم‌دار و استناد به‌ویژگی‌های 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[10] (۲۰۰۷: ۵۷)، ماک ولیدر[11] (۱۹۹۸: ۲۰۹) و وستلی و پارکر[12] (۲۰۰۸: ۱۲۴)، وود و همکاران[13] (۲۰۰۸: ۵۱۲) و لاور و پارکر[14] (۲۰۰۸: ۱۲۴) و لاورا و همکاران[15] (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 مسیرخود 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 قرارگرفته است. این تحقیقات چه در قالب مطالعات موردی و در محیط طبیعی و میدانی و یا با هدف بررسی ویژگی‌های رفتاری پیچان‌ها درمحیط 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 می شوند. 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 همکارن (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 برروی 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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

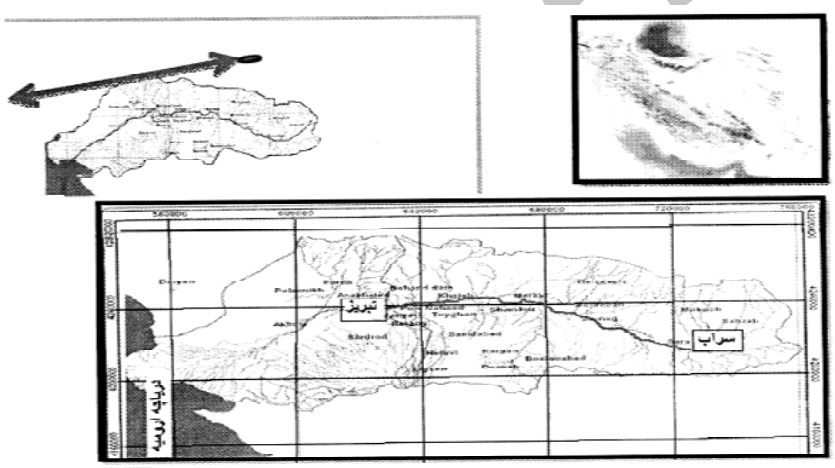
محدوده انتخابی برای مطالعه،بخشی ازمسیر پر پیچ وخم رودخانه آجی چای است که در موقعیت جغرافیایی از ′۰۷ °۳۸ ،′۵۸ °۳۷ عرض شمالی و ′۱۵ °۴۶، ′۴۵ °۴۷ طول شرقی و در شمال غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). رودخانه آجی‌چای در حوضه بزرگی به همین نام جاری است که حوضه مذکور از بزرگ‌ترین زیرحوضه‌های هفتگانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه بعد از سیمینه‌رود و زرینه‌رود محسوب می‌شود. این حوضه با وسعت ۵۱۳۳۱٫۶ 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 مسیرجریان ۵۲۶ میلی‌متر بوده که مقدار آن دارای نوسانات سالانه است. نوع سازندهای سطحی که آجی‌چای و شاخاب‌های 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 پلایاهایی نیز بود.

دشت سیلابی مسیر رودخانه آجی‌چای از نظر پهنا و ویژگی‌های مسیر جریان – از سراب تا فرودگاه تبریز–بسیار متفاوت است (شکل۲). در نزدیکی سراب دشت سیلابی بسیار گسترده و پهن است و در مقطع عرضی آن اشکال ژئومورفیک بسیاری از جمله چالاب‌ها و

Archive of SID

www.SID.ir

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 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 (شکل۲) اما در محدوده‌هایی که مسیر در بین دره کم‌عرضی قرار گرفته، از میزان و بزرگی قوس خمیدگی‌های مسیرتاحدی کاسته شده است (شکل ۲).



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

www.SID.ir

الف) مسیر آجی چای در دشت فراخ

ب) مسیر آجی چای در محدوده کوهستانی

شکل (۲) مسیر پیچان‌دار رودخانه آجی‌چای

مواد و روش‌ها

در این مقاله برای بررسی جابه‌جایی‌ها در مسیر پیچان‌دار آجی‌چای و همچنین به‌منظور مقایسه میزان تغییرات مکانی در بخش‌های مختلف، مسیر رودخانه (از سراب تا تبریز) به سی قطعه یکسان تقسیم شده (شکل ۳) وکلیه 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

www.SID.ir

ترسیم و کلیه اندازه‌گیری‌ها صورت گرفته است. به‌عبارت 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 مسیرجریان 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 پهنا در مسیر پیچان‌دار آجی‌چای

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

$$W=0.71R_C^{0.89}$$ رابطه (۱)

W=پهنای مسیر (به متر) و Rc =شعاع قوس خمیدگی (به متر)

ب) اندازگیری و محاسبه میزان جابه‌جایی و زمان لازم برای جابه‌جایی مسیرجریان 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 زیراستفاده شده است:

$$\Delta t=Wcb/V$$ رابطه (۲)

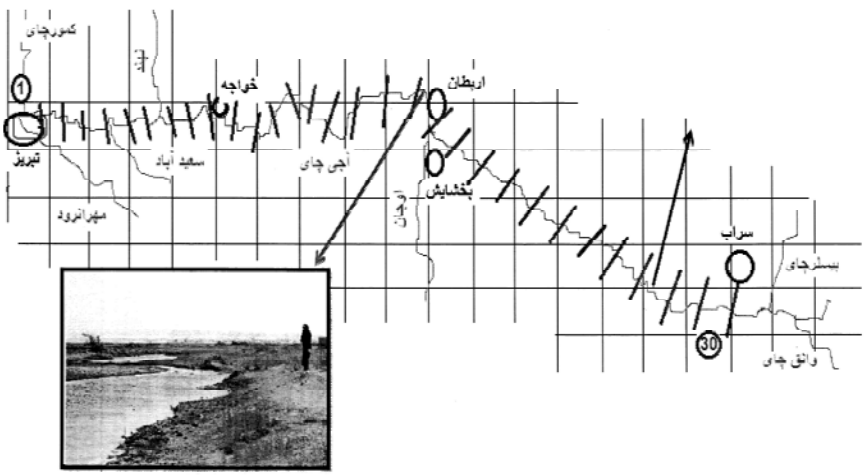
Archive of SID

www.SID.ir

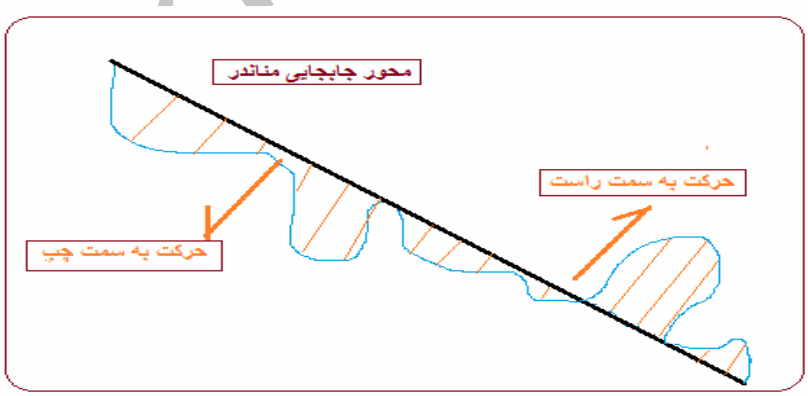
در این رابطه، Δt=زمان جابه‌جایی به متر در سال، Wcb=پهنای کمربند کانال پیچان به متر و V=میزان جابه‌جایی به متر

ت) بررسی میزان سینوزیته و خمیدگی‌ها در مسیر آجی‌چای

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

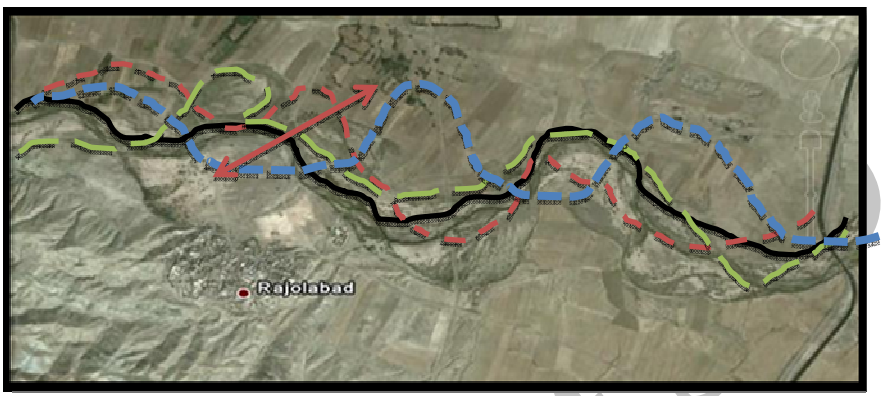


شکل (۳) تقسیم‌بندی مسیر آجی‌چای



شکل (٤) جابه‌جایی رودخانه از محور به سمت راست و چپ

www.SID.ir



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.

رابطه (۳) $S=T/L$

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

یافته‌ها و بحث

بررسی نقش پویایی پیچان رودها در جابه‌جایی کانال جریان درمسیر 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 مسیرجریان 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 پیچان‌رودها مورد بحث قرار گیرد.

Archive of SID

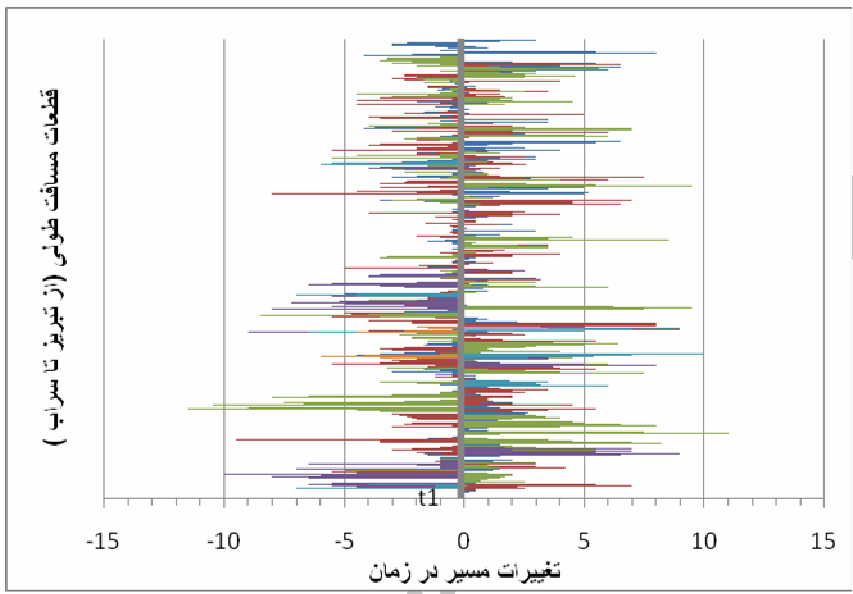
www.SID.ir

الف) میزان تغییرات درمسیرجریان پیچان‌دار آجی‌چای 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 آجی‌چای مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که، میزان جابه‌جایی مسیر جریان رودخانه آجی‌چای 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 آجی‌چای 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 مسیرآجی چای در طی زمان، متفاوت بوده است. در نزدیکی فرودگاه تبریز (قطعه۱، 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 جابه‌جائی‌ها تا حدی افزایش یافته است (قطعه ۲،۳ و ۴، شکل۶) 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، شکل۶). در قسمت میانی مسیر (از سراب تا تبریز) فاصله‌گیری از محور در طی زمان افزایش می‌یابد (شکل۶ و ۷) که گاه میزان جابه‌جایی در زمان‌های مختلف همدیگر را تعقیب و گاه این امر تحقق نمی‌یابد (از قطعه ۱۵ تا ۳۰ در شکل۶). در نزدیکی مهربان این فاصله‌گیری کاهش و دوباره افزایش می‌یابد (قطعه ۳۰ و ۲۹ شکل۶ و ۷).

Archive of SID

www.SID.ir

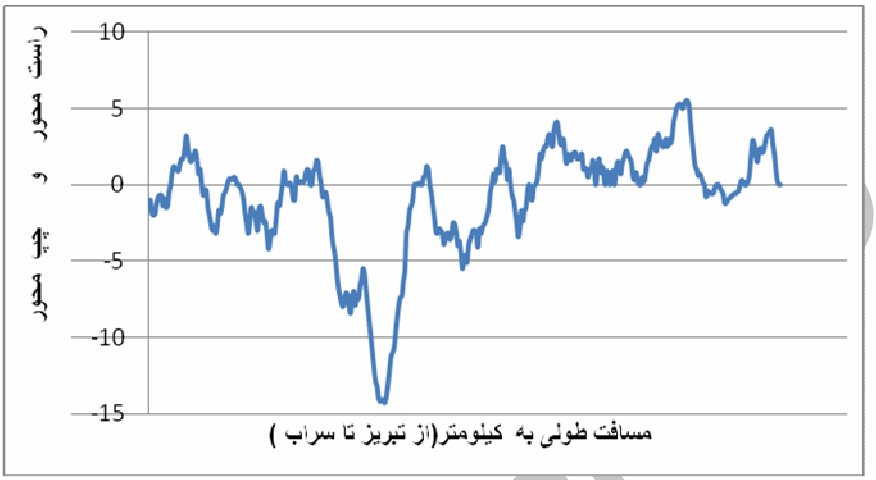


شکل (٦) میزان تغییرات مسیر به طرف راست و چپ محور اصلی در طی زمان (در کل مسیر جریان آجی‌چای)

اگر تغییر درمکان جابه‌جایی مسیر در کل طول جریان (از سراب تا تبریز) درطی 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 مسیرآجی چای در شرایط کنونی حاکی از این است (شکل۷) که در بیشتر بخش‌های آجی‌چای این تغییرات زیاد بوده، که وقوع این تغییرات به منزله افزایش میزان فرسایش کناری وگسترش عرض دشت‌های سیلابی و برجای‌گذاری و جابه‌جایی پشته‌های میانی در بستر سیلابی است.

Archive

www.SID.ir



شکل (۷) انحراف کانال فعال فعلی 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 درمیزان جابه‌جایی مسیر جریان رودخانه، میزان سینوزیته نیز درطی 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 وانتقال 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 دردشت 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

Archive of SID

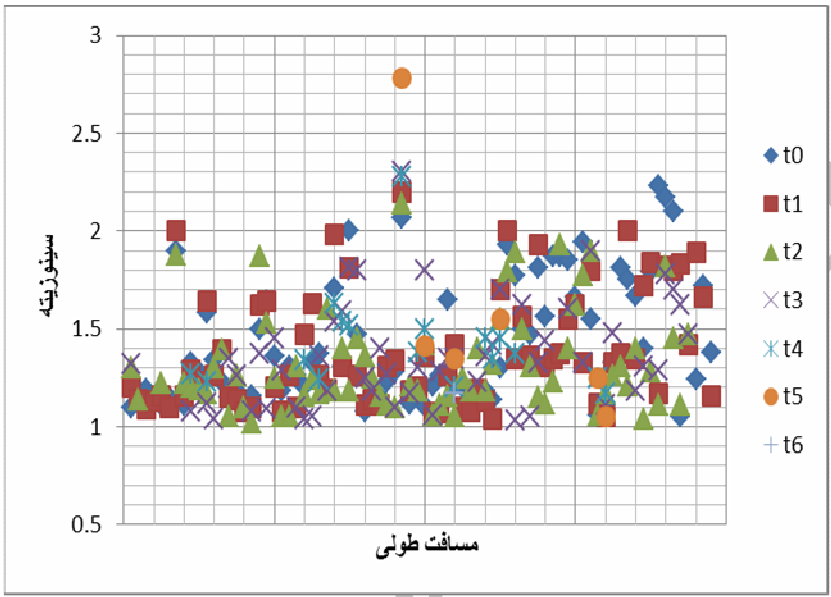
www.SID.ir

نزدیک سراب). بررسی مسیرجریان فعلی و مقایسه آن با آخرین تغییرات در سینوزیته مسیر (زمان t0,t1) نشان می‌دهد (شـکل 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 درطول زمان به‌مراتب بیشتر بوده است. به‌عبارت دیگر اگر تغییرات سینوزیته مسیر جریان بررسی تغییرات در جابه‌جایی بستر دخیل داده شود و به ازدیاد میزان سینوزیته در بخش یادشده نسبت به سایرقسمت‌ها 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).

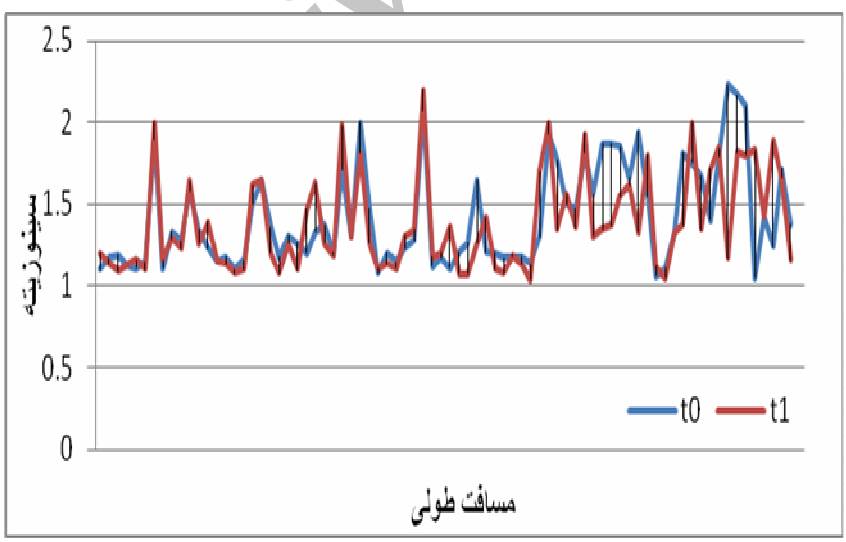
بررسی داغ آب‌های مسیرهای قدیمی جریان آجی‌چای نشان می‌دهد که درگذشته مسیر آجی‌چای متحمل تغییرات قابل ملاحظه‌ای از نظر جابه‌جایی‌های جانبی شده است (شکل ۱۰، الف و ب). در کانال جریان این رودخانه در گذشته قوس‌های بزرگی تشکیل یافته بود که دوباره در طی وقوع جابجایی‌ها به مسیر قبلی برگشته است. یعنی در بخشی از مسیر آجی‌چای که در گذشته می‌توانستیم شاهد خمیدگی‌های بزرگ باشیم، امروزه فقط آثاری از این خمیدگی‌ها به‌صورت داغ آب‌های حاکی از حضور قوس‌های بزرگ در کناره‌های دشت‌های سیلابی برجای مانده و مسیر کنونی در چنین بخش‌هایی دارای الگوی مستقیمی است (شکل۱۰). در محدوده مورد بررسی، در بخش‌هایی که رودخانه از قسمت‌های کناری کانال جریان به ناهموارهای کناری برخورد نموده، پای دیواره‌ها تحت فرسایش قرارگرفته و تا حدی از جابه‌جایی کناری کاسته شده است و گاه حضور پشته‌های میانی کانال جریان را به هزار مسیر تبدیل نموده است.

Archive of SID

www.SID.ir



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



شکل (۹) میزان سینوزیته در مسیر فعلی و مسیرگذشته آجی‌چای

www.SID.ir

الف) ب)

شکل (۱۰) جابجایی قوس پیچان آجی‌چای و جابجایی و تغییر مسیر آن طی زمان. الف) داغ آب های بر جای مانده از قوس بزرگ مسیر قدیمی آجی چای وتبدیل آن به یک مسیر مستقیم، در نزدیکی اربطان و ب) داغ آب‌های برجای 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 باشـد، 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 بسترجریان و نوع و اندازه خمیدگی‌ها در مسیرهای پیچان‌دار رابطه وجود دارد (آبادی و همکاران، ۲۰۰۶) که می‌توان با استنادبه این روابط ،معادله هایی 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. انحنای 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 بسترهمراه است،زمانی به حداکثر می‌رسد که نسبت شعاع بر پهنا در محدوده خاصی قرار گیرد یعنی (2.4<R/W>3.3). میزان جابه‌جایی درفراتر از این دامنه کاهش می‌یابد (آبادی و همکاران[۱۶]، 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 آجی‌چای، 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 مذکورکم و یا زیاد می‌باشد. شایان ذکر است که این تفاوت در نسبت‌ها در قسمت‌های نزدیک به تبریز و در بخش‌های میانی (شکل۱۱) 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 آجی‌چای در طی زمان، نتیجه‌گیری نمود. با عنایت به اطلاعات مندرج در جدول (۱و۲)، می‌توان گفت که قابلیت جابه‌جایی در نزدیکی تبریز و بالاتر از نهند تا مهربان زیاداست (مربوط به شرایط کنونی در جدول ۱). همچنین می‌توان گفت که قابلیت جابجایی مسیر در بستر سیلابی درطی 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 جابجایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی
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
۵و۴	۲،۹	زیاد	۲۰	۲،۵	زیاد	۳۵	۲،۵	زیاد	۵۰	۱،۸	کم

16- Abad et al.

Archive of SID

www.SID.ir

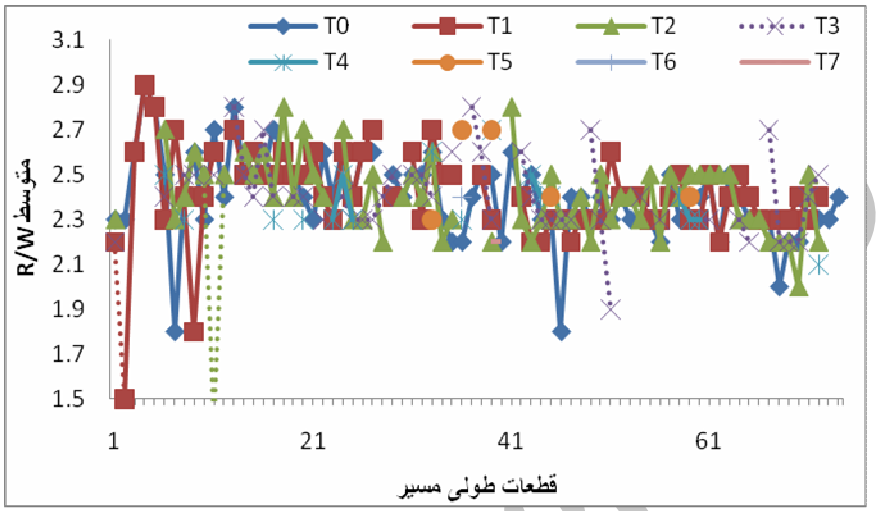
۶	۲،۸	زیاد	۲۱	۲،۷	زیاد	۳۶	۲،۵	زیاد	۵۱	۲،۴	زیاد
۷	۲،۶	زیاد	۲۲	۲،۶	زیاد	۳۷	۲،۶	زیاد	۵۲	۲،۴	زیاد
۸	۲،۵	زیاد	۲۳	۲،۵	زیاد	۳۸	۲،۳	کم	۵۳	۲،۳	کم
۹	۲	کم	۲۴	۲،۴	زیاد	۳۹	۲،۲	کم	۵۴	۲،۴	زیاد
۱۰	۱،۸	کم	۲۵	۲،۳	کم	۴۰	۲،۲	کم	۵۵	۲،۴	زیاد
۱۱	۲،۴	کم	۲۶	۲،۶	زیاد	۴۱	۲،۴	زیاد	۵۶	۲،۳	کم
۱۲	۲،۶	زیاد	۲۷	۲،۴	زیاد	۴۲	۲،۵	زیاد	۵۷	۲،۴	زیاد
۱۳	۲،۳	کم	۲۸	۲،۶	زیاد	۴۳	۲،۵	زیاد	۵۸	۲،۳	کم
۱۴	۲،۳	کم	۲۹	۲،۴	زیاد	۴۴	۲،۲	کم	۵۹	۲،۳	کم
۱۵	۲،۷	زیاد	۳۰	۲،۶	زیاد	۴۵	۲،۶	زیاد	۶۰	۲،۳	کم
۱۶	۲،۴	زیاد	۳۱	۲،۶	زیاد	۴۶	۲،۴	زیاد	۶۱	۲،۲	کم

جدول (۲) قابلیت جابجایی کانال فعال در زمان T1

شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی	شماره قطعه	R/W (متر)	میزان جابجایی
۱	۲،۲	کم	۱۷	۲،۷	زیاد	۳۲	–	–	۴۷	۲،۴	زیاد
۲	۱،۵	کم	۱۸	۲،۵	زیاد	۳۳	۲،۴	زیاد	۴۸	۲،۲	کم
۳	۲،۶	زیاد	۱۹	۲،۶	زیاد	۳۴	–	–	۴۹	۲،۲	کم
۵و۴	۲،۹	زیاد	۲۰	۲،۵	زیاد	۳۵	۲،۶	زیاد	۵۰	۲،۳	کم
۶	۲،۸	زیاد	۲۱	۲،۵	زیاد	۳۶	۲،۶	زیاد	۵۱	۲،۳	کم
۷	۲،۴	زیاد	۲۲	۲،۶	زیاد	۳۷	۲،۷	زیاد	۵۲	۲،۲	کم
۸	۲،۵	زیاد	۲۳	۲،۵	زیاد	۳۸	۲،۵	زیاد	۵۳	۲،۳	کم
۹	۲،۳	کم	۲۴	۲،۵	زیاد	۳۹	۲،۵	زیاد	۵۴	۲،۳	کم
۱۰	۲،۷	زیاد	۲۵	۲،۶	زیاد	۴۰	۲،۲	کم	۵۵	۲،۳	کم
۱۱	۲،۴	زیاد	۲۶	۲،۴	زیاد	۴۱	–	–	۵۶	۲،۶	زیاد
۱۲	۱،۸	کم	۲۷	–	–	۴۲	۲،۵	زیاد	۵۷	۲،۴	زیاد
۱۳	۲،۴	زیاد	۲۸	۲،۶	زیاد	۴۳	۲،۳	کم	۵۸	۲،۴	زیاد
۱۴	۲،۶	زیاد	۲۹	۲،۴	زیاد	۴۴	–	–	۵۹	۲،۴	زیاد
۱۵	۲،۶	زیاد	۳۰	۲،۶	زیاد	۴۵	–	–	۶۰	۲،۳	کم
۱۶	–	–	۳۱	۲،۷	زیاد	۴۶	۲،۴	–	۶۱	۲،۳	کم

Archive of SID

www.SID.ir



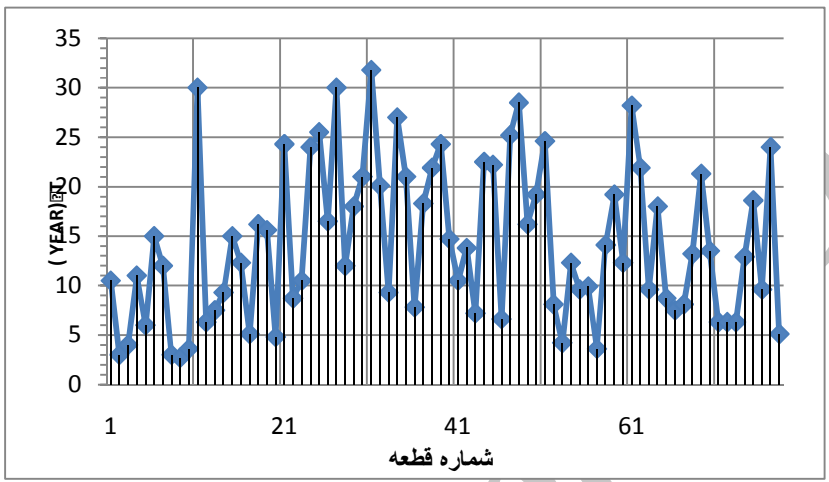
شکل (۱۱) متوسط نسبت شعاع بر پهنا (R/W) در طول قطعات مختلف مسیر در طی زمان

ث) بررسی زمان جابه‌جایی قوس خمیدگی در مسیر پیچان‌دار 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 مسیرجریان از یک کناره به کناره دیگر را برآورد نمود. در این مقاله به لحاظ در نظر گرفتن مواردی که گفته شد، زمان جابه‌جایی مسیرجریان آجی‌چای محاسبه و به‌صورت 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.

Archive of SID

www.SID.ir



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

شکل (۱۳) تغییرات درشعاع قوس خمیدگی‌های مسیر آجی‌چای (نزدیک تبریز)

نتیجه‌گیری

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

www.SID.ir

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 جابه‌جائی‌ها تا حدی افزایش می‌یابد و با قرارگیری مسیر در بین ناهمواری و در نتیجه عدم فرصت برای جابه‌جائی بیشتر، تعداد قوس‌ها افزایش یافته، اما از میزان فاصله‌گیری مسیرازمحوراصلی 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 امرتحقق 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 صور گرفته چنین نتیجه‌گیری نمود که مسیر آجی‌چای در اثر وجود پیچ وخم‌های 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 وگاه 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 ازگسترش 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 می‌دهدکه 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

Archive of SID

www.SID.ir

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. به‌عبارت دیگر میزان پویایی کانال فعال در رابطه با مکان و زمان بسیار متفاوت است.

رودخانه آجی‌چای با مسائل خاص ناشی ازجابه‌جایی‌ها مسیر جریان در دشت سیلابی مواجه است. جابه‌جایی‌هایی که مسیر جریان این رودخانـه در دشت سـیلابی 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.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱ـ آبادی، حسین و محمودشفای بجستان (۱۳۸۸). «بررسی عمق آبشتگی محتمل در مئاندرهای رودخانه کارون»، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه اهواز.

۲ـ ابراهیمی، لیلا و غلامعباس بارانی (۱۳۸۵). «بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه آجی‌چای در محل ایستگاه سد ونیار»، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

۳ـ بیاتی‌خطیبی، مریم (۱۳۹۰). «بررسی پتانسیل خطر وقوع سیل در مسیر رودخانه‌های مئاندری»، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره ۷۵.

۴ـ 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.

۵ـ ساسانی، فاطمه؛ افضلی، 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.

۶ـ 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.

۷ـ 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

Archive of SID

www.SID.ir

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.***Geomorph***, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir