

## بررسی تغییرات زمانی کانال فعال در مسیرهای پیچان‌دار با استفاده از روش‌های تجربی و با استناد به لایه‌بندی رسوبات کناری، مطالعه موردی: مسیر پیچان‌دار آجی‌چای

مریم بیاتی خطیبی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران\*

وصول: ۱۳۹۱/۲/۱۷ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲، صص ۶۶-۴۹

### چکیده

تغییرات ژئومورفولوژیکی در مسیرهای پیچان دار نسبت به سایر الگوهای جریان بسیار سریع تر صورت می‌گیرد. تمامی تغییراتی که در طول و عرض دشت‌های سیلابی در طی زمان و در اثر جابجایی قوس خمیدگی‌های مسیروخ می‌دهد، در نحوه لایه بندی و در اندازه رسوبات کناری منعکس می‌گردد. با علم بر این که چه تغییراتی به چه نحوی در لایه بندی و در اندازه رسوبات ترانس‌های کناری منعکس می‌شود، می‌توان در مورد نحوه وقوع تغییرات در مسیر جریان در طی زمان اظهار نظر نمود و در مورد تغییرات احتمالی بعدی پیش‌بینی‌هایی را انجام داد. با توجه به وقوع تغییرات زیاد در مسیر رودخانه آجی‌چای، در این مقاله سعی شده است، نحوه تغییرات در مسیر جریان این رودخانه در طی زمان مورد بررسی قرار گیرد. رودخانه آجی‌چای (واقع در موقعیت جغرافیایی از  $37^{\circ} 58'$  تا  $38^{\circ} 07'$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 15'$  تا  $47^{\circ} 45'$  طول شرقی) در طول مسیر خود دارای خمیدگی‌های زیادی است که جابجایی قوس این خمیدگی‌ها، به طرف راست و یا چپ محو اصلی جریان، چهره دشت سیلابی را در طول زمان تغییر داده است. در این مقاله، برای بررسی نحوه و میزان تغییرات زمانی کانال فعال در طول و عرض دشت سیلابی، از روش‌های تجربی و میدانی بهره‌گیری شده است. برای بررسی تغییرات شعاع قوس خمیدگی‌ها در طی زمان، از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و برای بررسی میزان سینوزیته از رابطه S استفاده شده است. برای برآورد میزان فرسایش کناری از رابطه E و برای برآورد زمان جابجایی‌ها از رابطه  $\Delta T$  استفاده شده و در ادامه مطالعات، به نحوه لایه بندی رسوبات در ترانس‌های رودخانه توجه شده است و در نتیجه گیری‌ها، به اطلاعات حاصل از چینه نگاری استناد شده است. این نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که اندازه شعاع قوس خمیدگی‌ها در طی زمان بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر یافته است. این نتایج همچنین حاکی از این است که جابجایی کانال فعال در اطراف محور کانال در طول زمان بطور مکرر صورت گرفته است. طبق نتایج حاصل از این بررسی‌ها، زمان جابجایی در تمامی طول کانال به یکسان نبوده و در بخش‌هایی از مسیر، این زمان کوتاه‌تر از ۵ سال و در بخش‌های دیگر این زمان طولانی‌تر بوده است. بررسی‌های لایه بندی ترانس‌های کناری در مسیر آجی‌چای همچنین نشان می‌دهد که با هر جابجایی در قوس خمیدگی مسیر، اندازه ذرات و نحوه لایه بندی رسوبات کناری تغییر یافته است. واژه‌های کلیدی: جابجایی کانال فعال، پیچان، سینوزیته، زمان جابجایی، لایه بندی رسوبات، رسوبات کناری، آجی‌چای

### مقدمه

تعریض دشت‌های سیلابی و ایجاد اشکال کناری

و میانی در دشت‌های سیلابی و افزایش رسوبات حاصل

از فرسایش کناره‌های و پشته‌های میانی در دشت‌های

دشت‌های سیلابی در اثر جابجایی کانال فعال، متحمل

تغییرات قابل ملاحظه‌ای در طول زمان می‌شوند.

(Black et al., 2010)، مارن (Maren, 2007) و داد (Dade, 2000) و هاجک و ولینسکی (Hajek and Wolinsky, 2012) از جمله محققینی هستند که با توجه به تغییرات در ذرات رسوبات رودخانه ای به وقوع تغییرات در مسیر جریان پی برده اند.

بررسی جابجایی کانال فعال در طی زمان و تغییراتی که در پهنه دشت سیلابی در گذشته صورت می‌گیرد، در مسیر رودخانه‌های پیچان دار به لحاظ سرعت وقوع تغییرات، از اهمیت زیادی برخوردار است. بروکس (Brooks, 2003) و بوشروهمکاران (Boucher et al., 2006) و ادی (Addy, 2011) جابجایی کانال فعال در بخش‌هایی از کانادا در دوره هلو سن و اندسون و همکاران (Anderson et al., 2011)، بنیتو و همکاران (Benito et al., 2003) و ایتنه و همکاران (Etinne et al., 2006) اثرات سیلاب‌های گذشته در تغییرات مسیر جریان رودخانه‌های پیچان دار را مورد بررسی قرار داده اند. چینه نگاری در نهشته‌های کناری از روش‌های معتبر در بررسی وقوع تغییرات در مسیر رودخانه‌های پیچان دار محسوب می‌شود. بیشتر محققین برای درک درست نحوه تغییرات گذشته در مسیرهای خمیده به نتایج حاصل از چینه نگاری استناد می‌کنند. اسپنسر و همکاران (Spencer et al., 2008)، گارسیا و همکاران (Garcia et al., 2011)، سیلویا (Sylvia, 2006) و گوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) از جمله این محققین محسوب می‌شود. این محققین با استفاده از روش چینه نگاری در بررسی تغییرات مسیر جریان رودخانه‌ها به نتایج ارزنده ای دست یافته اند. محققان داخلی نیز اخیراً به تغییرات در مسیر رودخانه‌های پیچان دار توجه ویژه ای مبذول نموده اند و تحقیقات ارزنده ای در این زمینه انجام داده اند (بیاتی خطیبی،

سیلابی، از نتایج این جابجایی‌ها محسوب می‌شوند. نتایج وقوع تمای تغییرات در طول و عرض دشت‌های سیلابی در طی زمان، در نحوه لایه بندی رسوبات کناری منعکس می‌گردد که می‌توان با علم بر این که چه تغییراتی به چه نحوی در لایه بندی ترانس‌ها منعکس می‌شود و در اثر وقوع جابجایی‌ها در مسیر، در اندازه ذرات تشکیل دهنده رسوبات چه تغییراتی رخ می‌دهد، در مورد نحوه وقوع تغییرات در گذشته اظهار نظر نمود و در مورد تغییرات احتمالی بعدی نیز پیش بینی‌هایی را انجام داد. وقوع جابجایی‌ها در مسیر رودخانه‌های پیچان دار بسیار سریع است و تاسیسات کناری و سدهای احداثی در مسیر چنین رودخانه‌هایی می‌توانند در اثر این جابجایی‌ها، متحمل خسارات سنگینی گردد. لذا برای درک رفتار رودخانه‌ها، به منظور اتخاذ تدابیر اصولی و متناسب با ویژگی‌های محلی، باید نحوه تغییرات زمانی در بستر جریان رودخانه مورد مطالعه قرار گیرد.

با توجه به اهمیت وقوع تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها و در پهنه و طول دشت‌های سیلابی، محققین مختلف از ابعاد متفاوت این تغییرات را مورد مطالعه قرار داده اند. بعضی از محققین با توجه به تغییرات در اندازه ذرات رسوبی، تفسیرهایی را در مورد وقوع تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها ارائه داده اند. در این مورد می‌توان به تحقیقات پیرمز و همکاران (Pirmez et al., 2007) و ویزراس و همکاران (Viseras et al., 2006) اشاره نمود که این محققین، نحوه و میزان وقوع تغییرات در مسیرهای پیچان دار را در اندازه و نحوه دانه بندی رسوبات جستجو کرده اند. جابجایی کانال فعال و نوع الگوی جریان نیز در اندازه ذرات منعکس می‌گردد. محققینی مانند بلک و همکاران

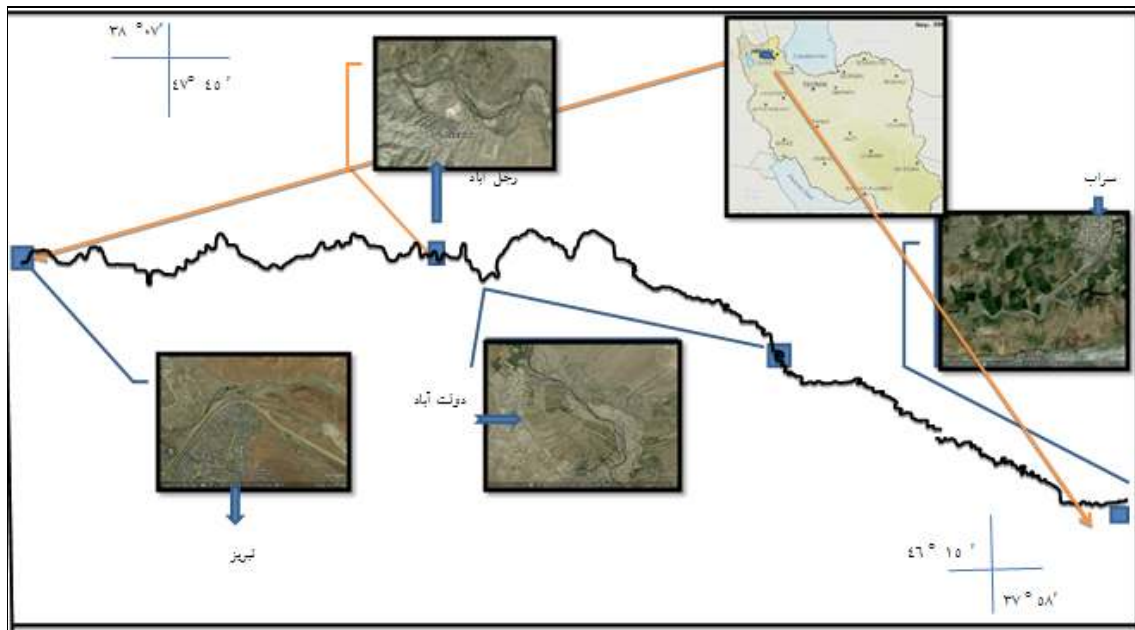
سرشاخه اصلی این رودخانه ازدامنه جنوبی سبلان و از ارتفاعات ۳۸۰۰ متری سرچشمه می‌گیرد. در ابتدا این شاخاب‌ها با اتصال به شاخاب‌های دیگر، شاخاب اصلی بیوک چای را تشکیل می‌دهند. شاخاب دیگری که به بیوک چای و در نهایت به رودخانه آجی چای متصل می‌شود، آغمیون چای است که از ارتفاعات ۳۸۰۰ متری سرچشمه می‌گیرند و پس از گذر از اطراف روستاهای صومعه زرین و آغمیون در نزدیکی آبادی قرادلاغ به بیوک چای متصل می‌شود. دو شاخه رازلیق و پسار بعد از اتصال بهم در کنار جاده سراب - اردبیل و پس از آن رودخانه تاجیارد در بالادست روستای اندرآب به جریانات مزبور پیوسته و آجی چای را تشکیل می‌دهند. رودخانه وائق که از ارتفاعات شمالی بزقوش سرچشمه می‌گیرد، در مسیر به رودخانه آجی چای متصل می‌گردد. در نزدیکی سراب رودخانه آجی چای شاخاب‌های فرعی زیادی را دریافت می‌کند و در طی مسیر در پایین دست شهر مهربان با شاخه مهم کیچیک چای متصل می‌گردد و در طول مسیر خود با شاخه مهم دیگری یعنی اوجان که ازدامنه‌های سه‌سند سرچشمه می‌گیرد، برخورد می‌کند. با اتصال شاخاب‌های متعدد به رودخانه اصلی، مقدار دبی آن افزایش می‌یابد. رودخانه پاژچای، رودخانه نهند، رودخانه سعیدآباد، رودخانه گمناب چای از رودخانه‌های دیگری هستند که در مسیر به رودخانه آجی چای متصل می‌گردند. این رودخانه بالغ بر ۰.۵ میلیارد متر مکعب حجم متوسط جریان سالانه دارد و در مسیر آن خمیدگی‌های زیادی تشکیل شده است.

۱۳۹۰؛ نوحه گرو یمانی، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۹؛ حسین آبادی و بجستان، ۱۳۸۸؛ محمودی و همکاران، ۱۳۸۷ و جابریزاده و همکاران (۱۳۷۸) که نتایج به دست آمده ارائه ویژگی‌های مکانی و درعین حال کلی مسیرهای پیچان دار هستند.

مسیر رودخانه آجی چای (در طول مسافت جریان طولانی خود) دارای پیچش‌های زیادی است که هر قوس ایجاد شده در مسیر آن، انرژی کافی برای ایجاد تغییرات سریع در مسیر آن پدید می‌آورد. اشکال ژئومورفولوژیکی زیادی در اثر جابجایی‌های سریع در عرض و طول دشت‌های سیلابی آن ایجاد می‌شود. در طول زمان، مکان و شکل آنها عوض می‌شود. تراس‌های کناری این رودخانه در اثر برش‌های کناری، لایه بندی آنها نمایان شده است که می‌توان با استناد به نحوه آرایش و دانه بندی رسوبات، در مورد نحوه تغییرات در دشت‌های سیلابی آجی چای در طی زمان اظهار نظر نمود. در این مقاله سعی بر این است که ضمن بررسی تغییرات مسیر، نحوه چینه بندی تراس‌ها در مسیرهای پیچان دار، مطالعه و با استناد به تراس‌های کناری آجی چای، در مورد جابجایی قوس بخش‌های خمیده مسیر نتیجه گیری نمود.

#### -محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در این مقاله، بخشی از مسیر آجی چای است که در شمال غرب ایران و در موقعیت جغرافیایی از  $38^{\circ} 07'$  تا  $37^{\circ} 58'$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 15'$  تا  $47^{\circ} 45'$  طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). شاخاب‌های متعددی از ارتفاعات اطراف سرچشمه می‌گیرند که در نهایت با اتصال بهم دیگر، رودخانه اصلی آجی چای را تشکیل می‌دهند.

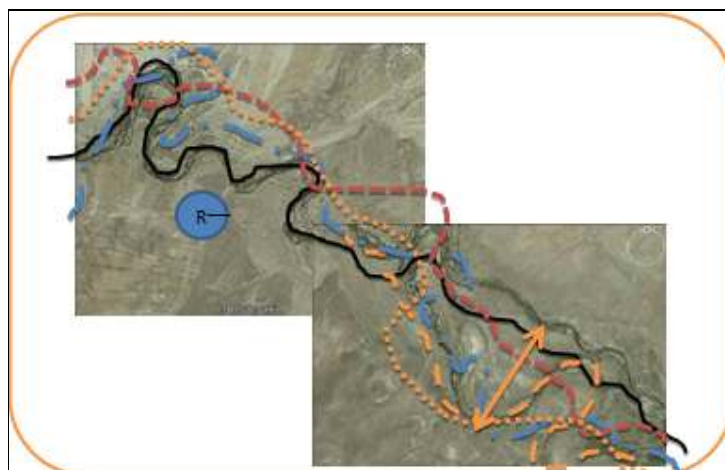


شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

#### مواد و روش‌ها

در این مقاله، برای بررسی تغییرات مسیر پریپیچ و خم دار رودخانه آجی چای و پیگیری تغییرات زمانی در لایه بندی رسوبات کناری، ابتداسعی شده است تغییرات مکانی و تغییرات در خمیدگی مسیر در طی زمان، با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره ای، با استناد به داغ آب‌های برجای مانده ترسیم و اندازه گیری‌های لازم صورت گیرد (شکل ۲) و با استفاده از داده‌های اولیه، میزان سینوزیته مسیر جریان با

بکارگیری رابطه سینوزیته محاسبه شود. برای بررسی جابجایی‌ها، شعاع قوس خمیدگی‌ها در مسیر جریان (R) و همچنین پهنای (W) مسیر اندازه گیری (شکل ۲) شده و با استفاده از مقادیر به دست آمده، نسبت دو پارامتر (R/W) برای انجام نتیجه گیری در مورد توان جابجایی مسیر در طی زمان، و در نهایت قضاوت در مورد تناسب لایه بندی رسوبات کناری با این جابجایی‌ها، به دست آمده است.



شکل (۲) تغییرات میزان سینوزیته و جابجایی در مسیر جریان آجی چای در طی زمان در بخش‌های میانی مسیر و اندازه گیری شعاع خمیدگی‌های مسیر

دانه بندی خاک‌های مسیر جریان آجی چای، نمونه‌هایی از سازندهای سطحی مسیر و نقاط نزدیک به مسیر، برداشت شده است.

#### بحث و نتایج

تمامی تغییرات رخ داده در الگوی جریان در طی زمان و به تبع آن تغییر در ویژگی‌های فرسایشی آن در پهنه دشت سیلابی، در نحوه لایه بندی تراس‌های کناری قابل پیگیری است. برای پیگیری این تغییرات در تراس‌های کناری واقع در دشت سیلابی، لازم است ابتدا ویژگی‌های مسیر جریان و پتانسیل تغییرات مورد بررسی قرار گیرد. در این مقاله سعی شده است با استفاده از عکس‌های هوایی و با استناد به نتایج حاصل از بکارگیری روابط، ویژگی‌های مسیر پریپیچ و خم آجی چای مورد بررسی قرار گیرد.

۱- بررسی تغییرات زمانی در میزان سینوزیته و شعاع خمیدگی‌ها در مسیر جریان آجی چای  
تغییرات در دشت‌های سیلابی با حضور پیچ و خم‌های متعدد در مسیر جریان رودخانه‌ها و جابجایی مکانی

جابجایی مسیر کانال فعال از روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره ای تثبیت و اندازه گیری‌ها بر روی آن صورت گرفته است (شکل ۳). برای بررسی زمان جابجایی که سرعت جابجایی را نشان می‌دهد، از رابطه زیر استفاده شده است. رابطه (۱)  $\Delta t = W/V$   
در رابطه (۱)،  $\Delta t$  = زمان جابجایی به متر در سال،  $W$  = پهنای کمربند کانال پیچان به متر و  $V$  = میزان جابجایی به متر

در این مقاله سعی شده است فرسایش کناری که حاصل جابجایی پیچان‌ها در دشت سیلابی است نیز بررسی و برآورد گردد. برای برآورد فرسایش کناری حاصل از جابجایی بخش قوس خمیدگی از رابطه زیر استفاده شده است:

$$E = 0.016Q^{0.60} \quad (2) \quad 1.58$$

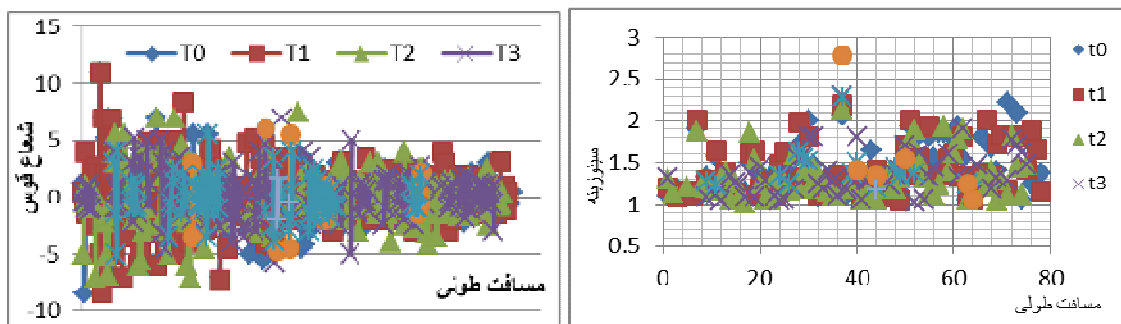
در این رابطه،  $E$  میزان فرسایش و  $Q$  دبی است  
برای پیگیری تغییرات مسیر در پهنه دشت سیلابی و انعکاس آن در تراس‌های کناری، چینه بندی رسوبات مورد بررسی قرار گرفته است و برای بررسی درصد

خمیدگی‌ها در محل کانال فعال صورت می‌گیرد. بنابراین، برای درک تغییرات در دشت‌های سیلابی و انعکاس این تغییرات در نحوه لایه بندی ترانس‌ها، ابتدا باید تغییرات در میزان سینوزیته و شعاع قوس خمیدگی‌ها و در نهایت جابجایی عرضی کانال فعال در طی زمان تثبیت شود (شکل ۴). به همین دلیل، در این مطالعه، ابتدا تغییرات سینوزیته مسیر جریان آجی چای در طی زمان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی‌ها حاکی از این است که تغییرات در میزان سینوزیته، در طی زمان در طول قطعات انتخابی مسیر مورد مطالعه بسیار قابل ملاحظه است (شکل ۴). بررسی نمودارهای ترسیمی همچنین نشان دهنده این است که میزان این تغییرات در کلیه قطعات مسیر به یکسان صورت نگرفته است. مسیر جریان رودخانه نیز در طی زمان تغییر یافته است (شکل ۳). بررسی مسیر جریان آجی چای نشان می‌دهد که در بیشتر موارد، تغییرات در ویژگی‌های هیدرولوژیکی و در نتیجه تغییرات در میزان سینوزیته، علت اصلی جابجایی رودخانه در مسیر جریان و در نهایت گسترش بستر دشت سیلابی است. با عنایت به نتایج حاصل از بررسی تصاویر ماهواری و عکس‌های هوایی و انتقال داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات سینوزیته در طول زمان و با توجه به شکل (۳ و ۴) می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که میزان سینوزیته که عامل اصلی جابجایی مسیر در عرض دشت سیلابی است، در طی زمان در نزدیکی سراب افزایش یافته و برعکس، از میزان جابجایی در نزدیکی تبریز کاسته شده است.

برای بررسی جابجایی مسیر - که تغییر دهنده نحوه چینه بندی ترانس‌های کناری است - لازم است عامل

تحرک بخشی به تغییرات در مسیر مورد مطالعه قرار گیرد. ایجاد قوس در مسیر جریان، انرژی لازم برای تغییرات مسیر فراهم می‌سازد که با اندازه‌گیری شعاع قوس خمیدگی‌ها این عامل قابل بررسی است. بررسی شکل (۵) نشان می‌دهد که اندازه شعاع قوس‌های پیچان‌های تشکیل شده در طول مسیر طولانی آجی چای بسیار متفاوت است و این تغییرات از ویژگی‌های بستر جریان متأثر می‌باشد. نتایج بررسی قوس‌ها از روی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی نشان می‌دهد که در بخش‌هایی که اندازه شعاع پیچان‌های آجی چای کوچک شده، بر قدرت فرسایشی رودخانه افزوده شده است. در طی زمان تغییرات در اندازه شعاع قوس‌ها متفاوت است. شایان ذکر است که هرچه شعاع قوس خمیدگی‌ها کوچک‌تر باشد، پیچان دارای انرژی بیشتری برای فرسایش و در نتیجه جابجایی سریع‌تر دارند. بنابراین می‌توان گفت که در نزدیکی سراب، شعاع قوس خمیدگی‌ها کوچک‌تر است.

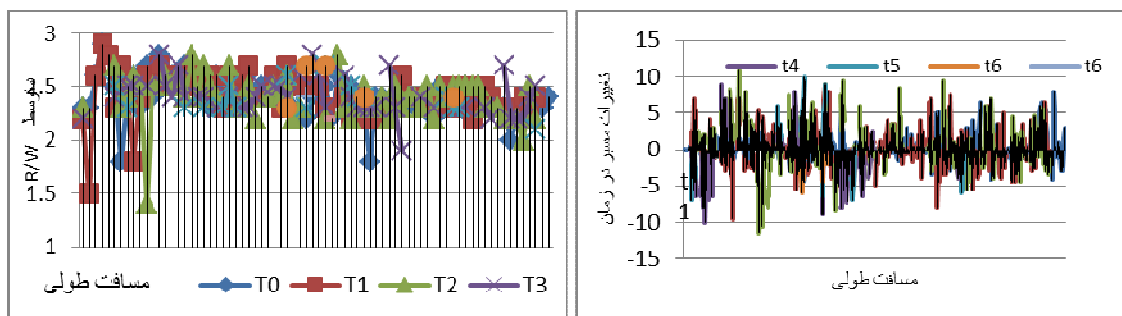
بررسی مسیر جریان فعلی و مقایسه آن با آخرین تغییرات مسیر (زمان  $t_0, t_1$ ) نشان می‌دهد (شکل ۵) که تغییرات در بستر و جابجایی در کانال فعال، از تبریز تا نزدیکی خواجه زیاد نبوده است. این در حالی است که در نزدیکی سراب، بخشایش و مهربان این جابجایی در طول زمان به مراتب بیشتر بوده است. اگر تغییرات سینوزیته مسیر جریان نیز در این بررسی‌ها دخیل داده شود و به ازدیاد میزان سینوزیته در بخش یاد شده نسبت به سایر قسمت‌ها در طول زمان توجه شود (شکل ۵)، تعمق در ازدیاد تغییرات در قسمت یاد شده اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.



شکل (۳) تغییرات میزان سینوزیته و شعاع قوس در طی زمان و در بخش‌های مختلف مسیر آجی چای (از سراب تا تبریز)

در قسمت میانی مسیر (از سراب تا تبریز) فاصله‌گیری از محور در طی زمان افزایش می‌یابد که گاه میزان جابجایی در زمان‌های مختلف همدیگر را تعقیب و گاه این امر تحقق نمی‌یابد. در نزدیکی شهر مهربان، فاصله‌گیری کانال فعال از محور اصلی ابتدا کاهش و دوباره افزایش می‌یابد (شکل ۴). نسبت شعاع بر پهنا ( $R/W$ ) در طول مسیر آجی چای در نزدیکی تبریز افزایش و در طول مسیر به طرف سراب، میزان این نسبت کاهش می‌یابد (شکل ۴).

جابجایی کانال فعال در طول دشت سیلابی در طی زمان، متفاوت بوده است. در نزدیکی فرودگاه تبریز (شکل ۶) میزان انحراف مسیر از خط محور کم بوده اما در جهت بالادست و در مسافت کمی دورتر از تبریز و در نزدیکی نهند، میزان این جابجایی‌ها تا حدی افزایش می‌یابد و با قرارگیری مسیر در بین ناهمواری و در نتیجه عدم فرصت برای جابجایی بیشتر، تعداد قوس‌ها افزایش، اما میزان فاصله‌گیری مسیر از محور اصلی کاهش می‌یابد (شکل ۶).

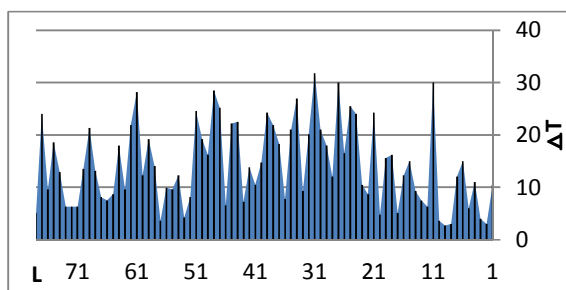


شکل (۴) تغییرات مسیر در طرفین محور اصلی کانال فعال و متوسط نسبت شعاع بر پهنا ( $R/W$ ) در طول مسیر در طی زمان

از این است که در بیشتر بخش‌های آجی چای میزان این تغییرات زیاد بوده که این امر در واقع به منزله افزایش میزان فرسایش کناری و گسترش عرض دشت‌های سیلابی و برجای گذاری رسوبات میانی

اگر تغییر در مکان جابجایی مسیر در کل طول جریان (از سراب تا تبریز) در طی زمان مورد بررسی قرار گیرد، می‌توان در مورد جابجایی کانال فعال در کل مسیر جریان آجی چای قضاوت نمود. نتایج بررسی‌ها در مورد تغییرات در کل مسیر آجی چای حاکی

در مسیر جریان آجی چای محاسبه و نتایج محاسبات به صورت نمودارنمایش داده شده است (شکل ۵). بررسی اطلاعات نمایشی در شکل (۵) حاکی از این است که در مسیر نزدیک به تبریز (قطعه ۲ و ۳ در شکل ۵) و نزدیک سراب (قطعه ۵۷ و ۵۴ . . .) زمان جابجایی کوتاه و در بخش‌های میانی این زمان طولانی تر است. در محدوده نزدیکی به تبریز، به لحاظ محدود بودن دشت سیلابی در بین همواری، کانال فعال زمان زیادی برای تماس با دو کناره مقابل صرف نمی‌کند، بنابراین، در این محدوده، کناره‌ها بیشتر و سریع‌تر در معرض فرسایش کناری قرار می‌گیرند. در محدوده‌های میانی و نزدیک سراب به لحاظ گستردگی دشت سیلابی، زمان رسیدن کانال فعال به کناره‌های مقابل طولانی است.



و کناری و جابجایی پشته‌های میانی در بستر سیلابی است.

## ۲- بررسی زمان تغییرات در مسیر کانال فعال آجی چای

بررسی میزان و زمان جابجایی قوس خمیدگی هادعرض دشت سیلابی از نظر بررسی میزان ونحوه فرسایش کناری و همچنین از نظر نحوه جابجایی پشته‌های میانی از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به این که در مسیرهای پیچان دار انرژی لازم برای جابجایی‌های سریع همواره وجود دارد، می‌توان با استفاده از پارامترهای خود پیچان‌ها زمان لازم برای جابجایی 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 جابجایی کانال فعال



شکل (۵) تفاوت در اندازه شعاع قوس خمیدگی‌ها در بخش‌های مختلف مسیر جریان آجی چای و زمان جابجایی قوس‌ها در

مسیر

ساز برای جابجایی مسیر جریان‌ها آنها و همچنین از علل اصلی تلف شدن خاک و تهدید تاسیسات انسانی مستقر در کناره‌های رودخانه‌ها محسوب می‌شود. محاسبه و برآورد میزان فرسایش کناری، با توجه به تغییرات در ویژگی‌های مسیر جریان رودخانه بسیار دشوار است. بررسی جدول انشان می‌دهد که در چهار ایستگاه مورد بررسی، فرسایش کناری

## ۳- فرسایش کناری در طول مسیر جریان رودخانه آجی چای

زمانی که قوس خمیدگی مسیر جریان با کناره‌های بستر تماس می‌یابد، فرسایش کناری شروع می‌شود. فرسایش کناری که با افزایش میزان رسوبات در طول جریان همراه است، از مشکلات عمده ناشی از تشکیل خمیدگی در مسیر جریان رودخانه‌ها و از عوامل زمینه



و نیارمیزان فرسایش مورد محاسبه و رسوب حاصل از آن در مقایسه بادبی ثبت شده قابل ملاحظه است. شرایط تا حدی مشابهی در ایستگاه خواجه نیز مشاهده می‌شود.

بسیار متفاوت است. نتایج این بررسی‌ها همچنین حاکی از این است که در ایستگاه نهند (نزدیک تبریز) علی‌رغم بالا بودن دبی، میزان فرسایش کناری چندان قابل ملاحظه نیست. عکس حالت مذکور در ایستگاه سعیدآباد رخ داده است. در ایستگاه

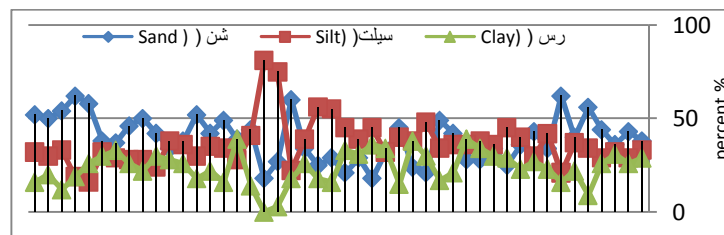
جدول (۱) میزان فرسایش کناری در سال در چهار ایستگاه نهند، سعیدآباد، خواجه و نیار

نام ایستگاه	رابطه	R2	T	Q <sub>1.58</sub>	Q <sup>0.60</sup>	BE(m/y)
نهند	Q=3.5615T+22.669	۰.۵۲۲	۵۸	۵۹۷.۲۲۶۵	۸۸۴.۲۵	۴۱۴.۰
سعیدآباد	Q=1.036T-0.4899	۰.۸۹۲	۵۸	۰۳.۶۰	۶۶۸.۱۱	۱۸۶.۰
خواجه	Q=5.1788T+0.471	۰.۸۳۷	۵۸	۸۴.۳۰۰	۶۹.۳۰	۴۹۱.۰
نیار	Q=269.75T-188.06	۰.۹۴۹	۵۸	۴۹.۱۵۴۵۷	۱۹۹.۳۲۶	۲۱۹.۵

#### ۴- چینه بندی و بررسی فرسایش کناری در رابطه با نوع و بافت خاک

نوع و نحوه چینه بندی تراس‌های کناری و شدت و سرعت فرسایش کناری مسیر جریان رودخانه‌های پیچان‌دار با نوع و بافت خاک‌های مسیر در رابطه است. بررسی خاک‌ها و یاسازندهای سطحی مسیر آبی چای نشان می‌دهد که اغلب سازندها دارای بافت سنگین تا متوسط هستند. در بعضی از قسمت‌ها، خاک‌ها دارای مقدار زیادی ذرات سخت شده آهک و مقدار زیادی رس و کمی هم سنگریزه هستند.

در بین ایستگاه‌های مورد بررسی، طبق داده‌های ایستگاه نیار، کناره‌های بستر آبی چای در اثر ماندن‌های ایجاد شده می‌تواند تا بیش از ۵ متر در سال متحمل فرسایش کناری گردد. فرسایش کناری در نزدیکی خواجه به نزدیکی نیم متر در سال می‌رسد و از این نظر در رده دوم قرار می‌گیرد (جدول ۱، ۴۹۱). در محدوده سعیدآباد در مقایسه با سایر نواحی فرسایش کناری کمتر است (جدول ۱، ۱۳۲، ۱۸۶). بررسی رابطه دبی و فرسایش کناری مشخص می‌گردد که رابطه بین فرسایش و دبی چندان قوی نیست.



شکل (۶) درصد سیلت، رس و شن در لایه سطحی خاک (مسیر نمونه برداری از سراب "سمت راست" به طرف تبریز "سمت چپ" نمودار)

ایجادپشته‌های میانی و محدودده مکانی پوینت بارهادر مسیراین رودخانه تاییدکننده پیچش زیاددرمسیراین رودخانه هستند. باتوجه به محدودده مکانی این اشکال، می‌توان گفت که، درمسیررودخانه آجی چای، فرایند تخریب و فرسایش کناری درقسمت مقعر پیچان و رسوبگذاری درطرف محدب آن (محدوده پوینت بار) صورت می‌گیرد و با جابجایی مسیراین محدوده‌هانیز تغییرمی‌کنند (شکل ۱۱). جابجایی محدودده پوینت بارها درنحوه لایه بندی رسوبات انباشته شده و آرایش لایه‌ها در تراس‌های کناری قابل پیگیری است.

برای بررسی تغییرات مکانی خمیدگی‌های مسیر آجی چای درطی زمان و با استنادبه لایه بندی تراس‌ها، ابتدا سعی شده درمسیر فعلی، اندازه ذرات رسوبات و نحوه پراکندگی ذرات با اندازه‌های متفاوت درچاله‌های میانی، در پوینت بارها و در قسمت عمیق قوس خمیدگی (یعنی بخش فرسایش دهنده مسیرفعال) مورد بررسی میدانی قرارگیرد. نتایج بررسی هادرتول مسیررودخانه مذکور نشان می‌دهد که بطورکلی رسوبات رودخانه درمحدوده پیچان دارریزدانه داراست. در عمیق ترین قسمت رودخانه محل رسوب گذاری اندازه ذرات دانه درشت بوده و این ذرات درشت، رسوبات کف کانال دربخش قوس خمیدگی را تشکیل می‌دهند. رسوبات کف کانال (ذرات درشت دانه) در این بخش از رودخانه متشکل از مواد حاصل از تخریب دیواره و کف رودخانه بوده که ترکیبی از گل و ذرات دانه درشت هستند که رودخانه آنها را با خود آورده و دربخشی برجای گذاشته که قادر به حمل آنها نبوده است (شکل ۷). محل برخورد ذرات درشت و ریزدربخش تحتانی این

نمونه برداری از خاک‌های مسیر آجی چای و محدودده‌های نزدیک به مسیرحاکمی از این است که اغلب خاک‌های منطقه دارای مقدار زیاد رس هستند. در بعضی از بخش‌های مسیر، میزان و درصد شن نیمرخ‌های خاک (بخش سراب و نزدیکی تبریز، در شکل ۶) افزایش می‌یابد و در بخش‌های میانی درصد سیلت بطور قابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد (شکل ۶). در بخش‌هایی که میزان سیلت و رس افزایش می‌یابد، بر شدت فرسایش کناری می‌تواند افزوده شود. افزایش درصد هریک از دانه بندی (سیلت، رس و شن) در چینه بندی بخش‌های پایینی مسیر به نحوی منعکس می‌گردد.

#### ۵- بررسی تغییر در میزان و مکان خمیدگی مسیر آجی چای با استناد به نحوه لایه بندی رسوبات کناری و اشکال میانی مسیر

در مسیر رودخانه‌های پیچان دار، هر تغییر رفتار در رودخانه، در رسوبات کناری، میانی و نحوه سایش کناری و میانی (بطور خلاصه در نحوه رسوب گذاری و فرسایش) و در نهایت در نحوه لایه بندی تراس‌های کناری منعکس می‌شود. با این علم سعی شده است، لایه بندی رسوبات تراس‌های کناری در طول مسیر آجی چای مورد مطالعه قرار گیرد. با بررسی‌های میدانی که در تمامی بخش‌های مسیر آجی چای (از سراب تا تبریز) صورت گرفت، مشخص گردید که نحوه رسوبگذاری در بخش‌های میانی و پاکناری رودخانه آجی چای نسبت به ویژگی‌های مکانی و خود رودخانه (در یک مکان ویژه) در طول زمان متفاوت بوده است. بررسی اشکال فعلی مسیر حاضر نشان می‌دهد که تغییرات مکانی قوس خمیدگی هادرعرض و طول دشت سیلابی زیاد است.

تفسیر تغییرات زمانی در مسیر قوس خمیدگی را با استناد به چینه تراس‌های کناری آسان تر سازد. در یک توالی عمودی، اندازه دانه‌ها بطور تدریجی به طرف بالا کاهش می‌یابد (شکل ۷) یعنی در بالاترین لایه، رسوبات متشکل از ذرات سیلت و رس قرار می‌گیرد. لایه بندی در رسوبات مسیر خمیده آجی چای، به ترتیب از پایین به بالا شامل: طبقه بندی مورب عدسی و مسطح با مقیاس بزرگ، طبقه بندی افقی و لامیناسیون مورب عدسی و مسطح می‌باشد. طبقه بندی مورب در این چینه‌ها غالباً یک جهتی است که این خود موید جهت حرکت جریان آب در رودخانه می‌باشد. در مسیر آجی چای رسوبات دانه ریز قسمت فوقانی حاوی ترک‌های گلی و آثار ریشه گیاهان هستند.

(الف ب)



شکل (۷) (الف) اندازه ذرات رسوبات کناری در بخش‌های میانی رودخانه پیچان‌دار آجی چای (ب) رسوبات پوینت

باردکناره مسیر آجی چای

رسوبات باطبقات زیرین به مواد تخریبی برخورد می‌کند (شکل ۷). توجه به نحوه این لایه بندی و علت آن، می‌تواند اطلاعاتی در مورد جابجایی کانال در طول زمان را نشان دهد. به علت اینکه مداوم عمل فرسایش در کف رودخانه و کناره‌ها صورت می‌گیرد بنابراین با هر حرکت جانبی رودخانه، رسوبات پوینت باربر روی رسوبات کف کانال که ریزدانه تر هستند، برجای گذاشته می‌شود. بنابراین در قسمت تحتانی پوینت بار، رسوبات دانه درشت هستند و هر قدر به طرف قسمت فوقانی پوینت بار برویم، اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد. زیرا به تدریج از عمق آب کاسته شده و انرژی کم می‌گردد و ذرات دانه ریز رسوب می‌کنند (شکل ۷). توجه به تغییرات در اندازه رسوبات در محدوده دشت سیلابی می‌تواند

بررسی‌های میدانی حاکی از این است که، این چلاب‌ها در سطح رسوبات قسمت‌های محدب پیچان آجی چای تشکیل گردیده اند. هنگامی که سطح آب رودخانه بالامی آید قسمتی از آن درون این فرو رفتگی‌های کوچک ریخته و ذرات دانه ریز معلق آب در محیط آرام در این فرو رفتگی‌ها رسوب می‌کند. در مسیر آجی چای این رسوبات بیشتر متشکل از ذرات

۶- اندازه ذرات رسوبات در پشته‌های رسوبی و چلاب‌های میانی و نحوه برجای گذاری آنها در مسیر آجی چای

در بررسی‌های میدانی صورت گرفته در مسیر جریان آجی چای، چلاب‌های متعددی در کنار مسیر اصلی جریان شناسایی شده است که آنها را به عنوان بخشی از مسیر می‌توان در نظر گرفت (شکل ۸ الف). نتایج

ماسه، سیلت و رس هستند که هرچه به طرف دشت سیلابی پیش برویم، به دلیل کاهش انرژی در محیط، اندازه ذرات ریزتر می‌گردد. طبقه بندی در این رسوبات به فرم افقی، مورب با مقیاس کوچک و لامیناسیون‌های مورب می‌باشد. در مواقع سیلابی که دبی رودخانه آجی چای افزایش می‌یابد و آب آن از داخل رودخانه بیرون می‌ریزد و تمامی دشت سیلابی را دربرگیرد، مواد حاوی آن در مواقع فروکش نمودن در سطح دشت برجای می‌ماند. اندازه ذرات تشکیل دهنده این رسوبات ریز بوده و در واقع از ذرات معلق در آب تشکیل شده اند (رسوبات محدوده کرواژ). ذرات تشکیل دهنده این رسوبات بیشتر در حد ماسه است (شکل ۸) که هر قدر از رودخانه دورتر شویم از اندازه آنها کاسته شده و به سیلت و رس تبدیل می‌شود (شکل ۸). طبقه بندی در این رسوبات به فرم افقی مورب است.

در اندازه ماسه ریز، سیلت و رس هستند. لایه بندی این رسوبات به شکل افقی است. در چینه بندی ترانس‌های کناری آنها به یک قطعه مجزا و بدون تداوم دیده می‌شوند که در بررسی لایه بندی‌ها باید مد نظر قرار گیرد. در مسیر رودخانه آجی چای می‌توان شاهد رسوبات دیگری نیز بود که اندازه ذرات و شکل اشکال حاصل از انباشتگی رسوبات بسیار متفاوت است. علت تشکل آنها حجم رسوبات حمل شده در رودخانه در مواقع سیلابی است. در مواقع سیلابی که آب رودخانه آجی چای از داخل رودخانه به دشت سیلابی سرازیر می‌شود، رسوبات نواری شکل در اطراف رودخانه تشکیل می‌گردد که آن را می‌توان خاکریز طبیعی یا پشته‌های رسوبی نامید (شکل ۸ ب). این رسوبات در مقطع عرضی به شکل مثلثی است که حداکثر ضخامت آن در طرف رودخانه می‌باشد. این رسوبات در مسیر آجی چای، متشکل از ذراتی در اندازه



شکل (۸) چالاب‌های تشکیل شده در مسیر جریان رودخانه آجی چای و رسوبات برجای مانده (بین سراب و جاده سراب - بستان آباد) و (ب) رسوبات محدوده کرواژ و کناری در مسیر آجی چای بین و نیار و تبریز (A) رسوبات دشت سیلابی و B رسوبات کرواژ

(الف ب ت)



شکل (۹) الف) تشکیل پشته‌های رسوبی (در مرحله اولیه) در مسیر آجی چای و ب) تشکیل رسوبات میانی در نزدیکی دولت آباد و ت) تشکیل پشته‌های رسوبی قدیمی برجای مانده از فرسایش قبلی و رسوب گذاری در نزدیکی سراب

ویاتدریجی بوده باشد. رسوبات در این قطع شدگی ناگهانی در اندازه سیلت و رس است. میزان رسوبات دانه ریز در قطع شدگی ناگهانی به مراتب بیشتر از قطع شدگی تدریجی است. با بررسی رسوبات کناری مسیر آجی چای می‌توان وقوع تغییرات عمده در اندازه رسوبات تشکیل شده را مشاهده نمود (شکل ۱۰). تغییرات در اندازه رسوبات نه تنها نشان دهنده قطع شدگی در خمیدگی‌ها است بلکه نشان دهنده جابجایی کناری خمیدگی‌ها در طی زمان نیز می‌باشد (شکل ۱۰). بررسی چینه بندی تراس‌های کناری رودخانه آجی چای نشان می‌دهد که قطع شدگی‌ها در قوس خمیدگی‌ها و مستقیم شدن مسیر جریان در کانال فعال در بعضی از بخش‌های مسیر، به صورت تدریجی بوده است.

در مسیرهای خمیده بعد از قطع شدگی کامل، رسوبات دانه ریز دشت سیلابی باعث پر شدن کامل این کانال‌ها می‌گردند و با قطع شدن تدریجی کانال ضخامت زیادی از ماسه ریز بالا با لامیناسیون‌های مورب ریبلی تشکیل می‌گردد. بررسی چینه بندی رسوبات کناری در مسیر آجی چای حاکی از این است که با جابجایی در بخش قوس خمیده و در نتیجه جابجایی در قسمت

در بیشتر بخش‌های مسیر آجی چای و در قسمت‌های میانی دشت سیلابی بخش‌های برآمده ای از رسوبات انباشته شده دیده می‌شود که در بخش‌هایی از مسیر، با بزرگ شدن این پشته‌های رسوبی مسیر جریان رودخانه جابجا شده و در بخش‌های دیگر که این رسوبات توسط پوشش گیاهی مستقیم شده اند مسیر جریان بریده بریده شده است (شکل ۹).

۷- نحوه لایه بندی در رسوبات برجای مانده در مرحله قطع شدگی تدریجی و ناگهانی و قوس خمیدگی مسیر جریان آجی چای در طی زمان  
باتوجه به تغییرات تدریجی در کانال مسیر جریان آجی چای بطور خاص و در مسیرهای دارای خمیدگی بطور عام، رسوبات دانه ریز در داخل کانال مسیر جریان رسوب می‌کنند. رسوبات پرکننده کانال در این حالت بیشتر از نوع ماسه است که حاوی لامیناسیون‌های مورب می‌باشد. باتوجه به این قاعده، می‌توان با توجه به رسوبات کناری در مورد تغییرات در مسیر جریان و خمیدگی آن اظهار نظر نمود. بررسی تصاویر ماهواره ای نشان می‌دهد که مسیر کانال جریان در طی زمان در اثر قطع شدگی‌هایی، به مسیر مستقیم تبدیل شده است. این قطع شدگی‌ها ممکن است بطور ناگهانی

پشته‌های رسوبی میان‌در طول و عرض دشت سیلابی را فراهم آورده و نحوه آرایش چینه تراس‌ها را پیچیده تر نموده است (شکل ۱۱ و ۱۰).

بررسی لایه بندی رسوبات کناری در محیط میدانی حاکی از این است که اندازه لایه‌ها در تراس‌ها در یک محدوده کوچک تغییر یافته است (شکل ۱۱).

در تراس‌های مسیر آبی چای، در بخش‌هایی که اندازه ذرات ریز شده است، نشان می‌دهد که قوس خمیدگی به طرف دیواره مقابل تغییر مسیر داده و با کاهش توان در جریان، ذرات ریز در مسیر برجای گذاشته شده است (شکل ۱۱ و ۱۰) و بعد از طی زمان، دوباره جهت قوس به طرف دیواره مورد مطالعه عوض شده و توانسته است رودخانه مواد درشت تری که حاکی از افزایش قدرت سایشی رودخانه است (در بخش قوس) برجای بگذارد.

(الف ب)

پوینت بار در طی زمان، اندازه ذرات رسوبات انباشته شده در بخش کناری تغییر یافته است (شکل ۱۱ و ۱۰). به عبارت دیگر، زمانی که بخش پوینت بار به تبعیت از بخش قوس خمیدگی به طرف بخش مرکز بسترویا جوانب جابجا می‌شد قسمت مختلفی از جریان با قدرت متفاوت از حمل ذرات نیز جابجا می‌شد و در نتیجه ذراتی با اندازه متفاوت در بخش‌های مختلف پوینت بار رسوب می‌نمود. این امر در طی زمان باعث شده است که چینه بندی تراس‌های کناری به صورت کاملاً متفاوت جلوه‌گر شود و در امتداد لایه‌ها قطع شدگی‌ها مشخص گردد (شکل ۱۱ و ۱۰). علاوه از قطع شدگی‌ها در قوس خمیدگی‌ها و مستقیم شدن مسیر آبی چای، بررسی داغ آب‌های مسیر جریانات قبلی نشان می‌دهد که قوس خمیده مسیر، غیر از انجام جابجایی‌ها بطور مستقیم، جابجایی‌هایی نیز بطور مورب انجام داده که این امر انرژی لازم برای جابجایی



شکل (۱۰) الف) قطع شدگی تدریجی و ناگهانی و نحوه چینه بندی آنها ب) برش و تغییرات در چینه بندی رسوبات کناری در

#### اثر قطع شدگی تدریجی مسیر آبی چای

شاهد تشکیل سریع پدیده‌های ژئومورفولوژی و به همان سرعت تغییر واز بین رفتن آنها بود. بیشتر این تغییرات در نحوه لایه بندی تراس‌های کناری قابل

#### -نتیجه گیری

مسیر رودخانه‌های پیچان دار از انرژی کافی برای انجام تغییرات سریع برخوردارند. در این مسیرها می‌توان

طی زمان با توجه به ویژگی‌های محلی، متفاوت بوده است.

نتایج بررسی زمان وقوع تغییرات در مسیر آجی چای نیز تایید کننده تفاوت در میزان تغییرات است. این نتایج حاکی از این است که سرعت جابجایی در تمامی بخش‌های مسیر رودخانه مورد نظریکسان نبوده است. در بعضی از بخش‌ها، کانال فعال در کم‌تر از یکسال از یک طرف دشت سیلابی به طرف مقابل آن جابجایی شود. در حالی که طبق نتایج حاصل از محاسبات و بررسی‌ها، در سایر بخش‌ها این زمان طولانی است.

پیگیری است که می‌توان با چینه نگاری نحوه تغییرات مسیر را بررسی نمود.

مسیر آجی چای به عنوان نمونه کاملی از یک مسیر پیچان‌دار، در طی زمان تغییرات زیادی را متحمل شده است. نتایج حاصل از بررسی شعاع قوس خمیدگی‌ها و مسیرهای جابجایی کانال فعال آجی چای، حاکی از این است که این رودخانه با توجه به انرژی که دارا بوده دائماً جهت قوس مسیر خود را عوض نموده و در حین این تغییرات، اندازه شعاع قوس‌های خمیدگی‌های مسیر پیچان‌دار آن نیز تغییر یافته است. میزان این تغییرات در طول قطعات مختلف مسیر در



شکل (۱۱) نحوه لایه بندی در رسوبات کناری در مسیر آجی چای

آنها در بخش‌های مختلف مسیر بسیار متفاوت است. لایه بندی و تغییرات در ذرات تشکیل دهنده رسوبات کناری نشان دهنده جابجایی مکانی در قوس خمیدگی‌ها و قطع شدگی تدریجی و گاهی مستقیم شدن مسیر کانال فعال هستند.

با عنایت به تمامی مواردی که ذکر شد می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مسیر کانال فعال آجی چای در

تمامی تغییرات در بستر جریان رودخانه‌هایی با مسیرهای پیچان‌دار در تراس‌های کناری منعکس می‌گردد. در مسیر آجی چای نیز با استناد به چینه نگاری اثرات تغییرات در تراس‌های کناری قابل مشاهده است. با توجه به جابجایی بخش خمیده مسیر آجی چای در اطراف محور اصلی کانال، اندازه ذرات تشکیل دهنده رسوبات تراس‌های و همچنین نحوه لایه بندی

محمودی، امین؛ ابوالفضل طهماسبی؛ مجتبی قره محمودلو و سعید جعفری (۱۳۸۷). بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گرگان رود در مجاورت شهر گنبد. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

یمانی، مجتبی وهیوا علمی زاده (۱۳۸۹). بررسی تغییر پیچان رودی و ناپایداری بستر رودها در جلگه شمالی تنگه هرمز. مدرس علوم انسانی. شماره ۱۴.

Addy, S., C. Soulsby, A. J. Hartley, D. Tetzlaff (2011) Characterisation of channel reach morphology and associated controls in deglaciated montane catchments in the Cairngorms, Scotland. PII: S0169-555X(11)00233-9, DOI: doi: 10. 1016/j. geomorph. 2011. 05. 007, Reference: GEOMOR 3593

Anderson, Kirk C, Ted Neff. (2011) The influence of paleofloods on archaeological settlement patterns during A. D. 1050–1170 along the Colorado River in the Grand Canyon, Arizona, USA. *Catena* 85, 168–186.

Benito, Gerardo, Yolanda Sa'nchez-Moya, Alfonso Sopena (2003) Sedimentology of high-stage flood deposits of the Tagus River, Central Spain, *Sedimentary Geology* 157, 107–132

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.

Brooks, Gregory R. (2003) Holocene lateral channel migration and incision of the Red River, Manitoba, Canada. *Geomorphology* 54, 197–215.

دشت سیلابی خود دائماً در حال تغییر بوده و بانجام چنین تغییراتی جابجایی رسوبات کناری و میانی خیلی سریع تر صورت می‌گیرد و ادامه این تغییرات با توجه به دارا بودن انرژی در مسیر پیچان دار آجی چای در آینده نیز بسیار محتمل است. بنابراین تمامی اقدامات در مسیر این رودخانه باید با عنایت به این تغییرات و نتایج حاصل از آن صورت گیرد.

### منابع

بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۹۰). بررسی پتانسیل خطرو وقوع سیل در مسیر رودخانه‌های مئاندری. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۵.

- حسین آبادی و محمود شفای بجستان (۱۳۸۸). بررسی عمق آبستگی محتمل در مئاندرهای رودخانه کارون. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه اهواز  
موسوی حرمی، رضا (۱۳۷۴). رسوب شناسی. آستان قدس رضوی

جابرزاده، مجید، جلال عطاری، محمد رضا مجدزاده و منصور ابوالقاسمی (۱۳۸۷). مطالعات آزمایشگاهی جریانات چرخشی افقی و نقش آن در محل تشکیل نهشته رسوبی قوس. چهارمین کنگره مهندسی عمران دانشگاه تهران.

نوحه گر، احمد و مجتبی یمانی (۱۳۸۴). بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان رود و نقش آن در فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه میناب. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۱.



- Mark G. Macklin, Anna F. Jones, John Lewin (2010) River response to rapid Holocene environmental change: evidence and explanation in British catchments. *Quaternary Science Reviews* 29, 1555–1576
- Maren, D. S. van (2007) Grain size and sediment concentration effects on channel patterns of silt-laden rivers. *Sedimentary Geology* 202, 297–316 .
- Morozova, Galina S. Norman D. Smith (2003) Organic matter deposition in the Saskatchewan River floodplain (Cumberland Marshes, Canada): effects of progradational avulsions. *Sedimentary Geology* 157, 15–29
- Pirmez Carlos, Sébastien Migeon, William R. Normark, David J. W. Piper, Henry Posamentier (2002) Variability in form and growth of sediment waves on turbidite channel levees. *Marine Geology* 192, 23–58 .
- Spencer H. Wood, 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. *Geomorphology* 101, 510–523 .
- Sylvia, Dennis A., William E. Galloway (2006) Morphology and stratigraphy of the late Quaternary lower Brazos valley: Implications for paleoclimate, discharge and sediment delivery. *Sedimentary Geology* 190, 159–175 .
- Thi Phuong Quynh Le, Josette Garnier, Billen Gilles, Thérèse Sylvain, Chau Van Minh. (2007) The changing flow regime and sediment load of the Red River, Viet Nam. *Journal of Hydrology* 334, 199–214 .
- Viseras, César, Jesús M. Soria, Juan J. Durán, Sila Pla, Guiomar Garrido, Fernando García-García, Alfonso Arribas. (2006) A Boucher, Étienne, Dominique Arseneault, Bernard Héty (2006) Late Holocene development of a floodplain along a small meandering stream, northern Québec, Canada. *Geomorphology* 80, 267–281 .
- Dade, W. B. (2000) Grain size, sediment transport and alluvial channel pattern. *Geomorphology* 35, 119–126
- Étienne, Boucher, Dominique Arseneault, Bernard Héty. (2006) Late Holocene development of a floodplain along a small meandering stream, northern Québec, Canada. *Geomorphology* 80, 267–281 .
- Fernando Magdaleno, José A. Fernández-Yuste. (2011) Meander dynamics in a changing river corridor. *Geomorphology* 130, 197–207 .
- Ghosh, Parthasarathi, Soumen Sarkar, Pradip Maulik. (2006) Sedimentology of a muddy alluvial deposit: Triassic Denwa Formation, India. *Sedimentary Geology* 191, 3–36
- Hajek, Elizabeth A., Matthew A. Wolinsky (2012) Simplified process modeling of river avulsion and alluvial architecture: Connecting models and field data. *Sedimentary Geology* 257–260, 1–30
- 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 .
- Laronne, Jonathan B., Yanai Shlomi. (2007) Depositional character and preservation potential of coarse-grained sediments deposited by flood events in hyper-arid braided channels in the Rift Valley, Arava. *Sedimentary Geology* 195, 21–37,
- 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 .

Wesley Lauer ,j. , Gary Parker. (2008) Net local removal of floodplain sediment by river meander migration. *Geomorphology* 96,123–149 .

large-mammal site in a meandering fluvial context (Fonelas P-1, Late Pliocene,Guadix Basin,Spain). Sedimentological keys for its paleoenvironmental reconstruction *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 242, 139–168 .