جغرافیا و توسعه شماره ۲۷ تابستان ۱۳۹۱
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۷/۱۵
تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۲/۲۰
صفحات : ۱۰۲ - ۸۹

بررسی و تحلیل نوع ومدت زمان جابجایی ها در مسیر رودخانه‌های مئاندری و نقش جابجایی‌ها در فرسایش کناری در نواحی نیمه‌خشک
مورد: رودخانه قره‌آغاج

دکتر مریم بیاتی‌خطیبی[1]

چکیده

مئاندرها ازچشم‌اندازهای پویا و ازاشکال مهم تأثیرگذار در ویژگی‌های دشت‌های سیلابی محسوب می‌شوند که به دلایل مختلف تشکیل وتحت شرایطی به صورت‌های متنوع جابجا می‌گردند. با هر جابجایی، تغییراتی در پهنای دشت‌های سیلابی و میزان رسوبات وارده به رودخانه‌ها صورت می‌گیرد. مئاندرهای تشکیل شده در دشت‌های سیلابی قره‌آغاج (واقع در دامنه‌های شرقی سهند با مختصات جغرافیایی ،از '۰۰ °۳۷ تا '۲۰ °۳۷ عرض شمالی و از'۴۵° ۴۶ تا ' ۱۵° ۴۷ طول شرقی) از نوع بی‌نظم بوده و بسیارپویا هستند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی برای ترسیم مسیرهای جابجایی پیچان‌ها استفاده شده و محل جابجایی‌ها با مشاهدات میدانی درسطح زمین تثبیت شده است.

نتایج حاصل از بررسی این پدیده‌ها که درمحدوده‌ی مورد مطالعه با استفاده ازاندازه‌گیری‌های مسیرهای جابجایی قدیمی و نسبت‌های R/W صورت گرفته و همچنین زمان لازم برای جابجایی با استفاده از شاخص ویژه (ΔT) محاسبه شده است، نشان می‌دهد که میزان جابجایی‌ها در طول بخش‌های مختلف مسیر بسیار متفاوت است (با تفاوت زمانی ۱۳ سال). همچنین نتایج این بررسی‌ها حاکی از این است که زمان لازم برای جابجایی‌ها در بخش‌هایی از مسیرکوتاه و در بخش‌های دیگر زیاد است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در محدوده‌ی مورد مطالعه، خطر فرسایش کناری در بخش‌هایی که میزان جابجایی‌ها زیاد بوده، بسیار بالا است.

کلیدواژه‌ها: مئاندر، جابجایی مسیر، زمان جابجایی، فرسایش کناری، نواحی نیمه‌خشک، رودخانه قره‌آغاج.

۱- دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز
M_bayati@tabrizu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

مئاندرها مهم‌ترین عامل تغییردهنده‌ی دشت‌های سیلابی و همچنین علت اصلی افزایش میزان رسوبات وارده به رودخانه ها هستند. با علم به این که نوع آرایش در مسیر جریان رودها به ویژه وقوع پیچان‌ها در اغلب موارد تصادفی نیست، می‌توان با مطالعه‌ی نحوه‌ی آرایش مسیر رودها و شناخت عوامل دخیل در تغییر مسیر جریان آنها به پویایی حاکم بر جریان رودها در طیف زمانی مورد مطالعه وهمچنین به نحوه و روند وقوع تغییرات در شرایط فعلی در دشت‌های سیلابی و چگونگی حاکمیت شرایط احتمالی قابل حدوث در آینده پی برد. همچنین با استناد به میراث‌های موجود که از جابجایی‌های مسیرجریان رودها در گذشته حکایت می‌کنند، می‌توان در مورد نحوه‌ی تغییر و تحولات گذشته و نیز در مورد ویژگی‌های فرآیندها و پویایی حاکم بر رودخانه‌ها (از نظر فرسایش و یا برجای‌گذاری مواد) اظهار نظر نمود. با توجه به خطرات ناشی از جابجایی مسیر جریان رودخانه‌های دارای خمیدگی‌های زیاد، محققان داخلی و خارجی در مورد این پدیده‌ها و اشکال مهم ناشی از آنها تحقیقات زیادی انجام داده و به نتایج بسیار ارزنده‌ای دست یافته‌اند.

در این مورد می‌توان به آثار علمی محققان داخلی مانند بیاتی‌خطیبی (۱۳۸۵) و زاهدی و بیاتی‌خطیبی (۱۳۸۷)، حسین‌آبادی و بجستان (۱۳۸۸)، جابرزاده و همکاران (۱۳۸۷)، ساسانی و همکاران (۱۳۸۴)، رضایی‌مقدم و خوش‌دل (۱۳۸۸)، نوحه‌گر و یمانی (۱۳۸۴) اشاره کرد. کارهای علمی محققان خارجی بی‌شمار و ابعاد مطالعه آنها بر روی پدیده‌های یاد شده مختلف *است مانند کارهای فرانچسکو و همکاران*[1] *(2000:54)؛ فرینق*[2] *(2008:101) و... .*

رودخانه‌ی قره‌آغاج از پرپیچ و خم‌دارترین رودخانه فرعی قرنقو محسوب می‌شود. این رودخانه با پیچ وخم‌های متعددی که در مسیر جریان خود ایجاد نموده و تغییراتی که در محل و مسیر جریان خود انجام داده است، موجب افزایش بار رسوبی رودخانه گردیده است. با توجه به این که بندها و سدهای زیادی در مسیر این رودخانه احداث گردیده، ایجاد پیچان‌ها و در نتیجه افزایش فرسایش کناری موجب خواهد شد که علاوه بر این که خاک‌های کناری بسترهای بزرگ سیلابی وارد رودخانه گردند، افزایش رسوبات ناشی از آن به یک معضل بزرگ برای سدهای احداث شده در مسیر این رودخانه‌ها تبدیل شوند. در محدوده‌ی مورد بررسی، به علت ماهیّت کوهستانی بودن منطقه،پهنه‌های خاک‌های قابل کشت کم بوده و این خاک‌ها اغلب در دشت‌های سیلابی و در شیب‌های منتهی به دشت‌های سیلابی قرار گرفته‌اند، افزایش فرسایش کناری توسط جابجایی قوس مئاندرها می‌تواند خاک این محدوده‌ها را وارد آب‌ها سازد و به تدریج از مساحت پهنه‌های خاکی قابل کشت بکاهد. بررسی ویژگی‌های مئاندرها در محدوده‌ی مورد نظر در ارتباط با ویژگی‌های محلی می‌تواند در اتخاذ تدابیر اصولی برای کنترل فرسایش کناری مؤثر باشد.

- ویژگی‌های طبیعی و موقعیت حوضه قره‌آغاج

ویژگی حوضه‌های زهکشی تعیین‌کننده‌ی ویژگی‌های رودخانه‌های جاری در سطح حوضه‌ها است. به همین دلیل سعی شده است رودخانه قره‌آغاج در سطح حوضه قره‌آغاج مورد بررسی قرار گیرد.

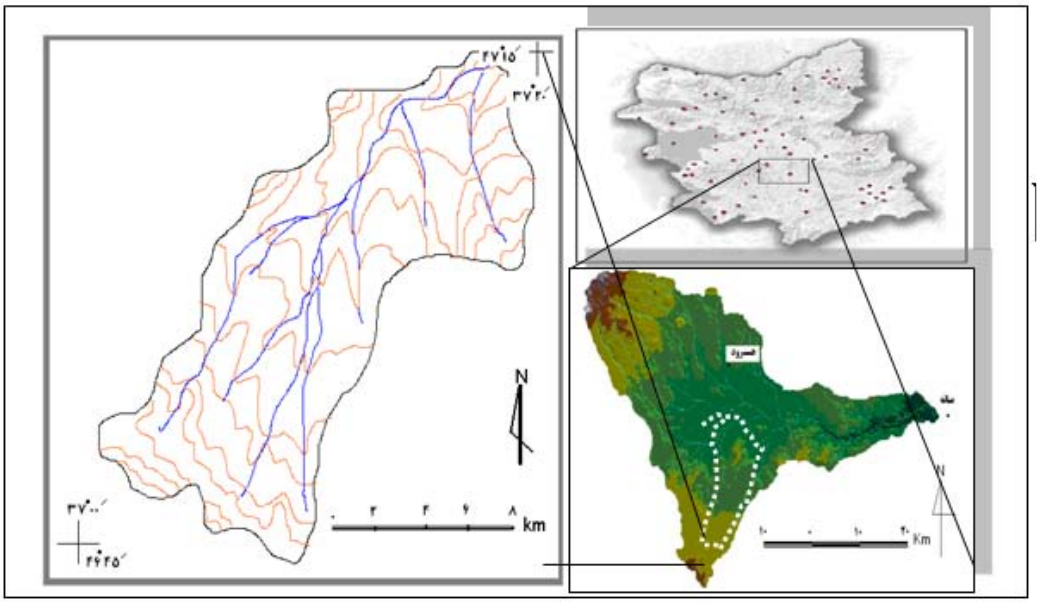
این حوضه در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند و در جنوب شهرتبریز و در جنوب استان آذربایجان‌شرقی واقع شده و در بخش جنوبی حوضه بزرگ قرنقو قرار گرفته است (شکل ۱) و به عنوان حوضه‌ی نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. ارتفاعات بلندی در بخش‌های

1-Francesco et al
2-Frings

Archive of SID

www.SID.ir

جنوب غربی این زیر حوضه دیده می‌شوند که قلل مرتفع آن به نام کوه دامن‌داغ (به ارتفاع ۲۷۰۳ متر) کوه اربطداغ (به ارتفاع ۲۸۴۵ متر) کوه خله‌اوشاغی (به ارتفاع ۲۷۲۰ متر). پست‌ترین نقطه این حوضه در محل اتصال قره‌آغاج به قرنقوچای واقع شده است. سنگ‌های سیلیسی و پیروکلاستیک، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، ژیپس از واحدهای اصلی سنگی حوضه محسوب می‌شوند. بافت خاک‌های این محدوده بسیار سنگین بوده و برای فرسایش کناری بسیار حساس هستند و رشد مئاندهانیز می‌تواند به آسانی موجب تشدید فرسایش کناری در آنها گردد. رودخانه قره‌آغاج به عنوان اصلی‌ترین رود حوضه قره‌آغاج -که از ارتفاعات کوه خاله اوشاغ سرچشمه می‌گیرد- در مسیر جریان شاخاب‌های زیادی را دریافت می‌کند اما آرایش پیوست این شاخاب‌ها شاخه درختی نبوده بلکه در بیشتر قسمت‌ها شبیه به داربستی است که علت این امر نیز تبعیت جریان آب‌های سطحی از نحوه‌ی آرایش ناهمواری‌ها و همچنین گسل‌های فراوانی است که در این محدوده تعداد آنها فراوان است. رودخانه قره‌آغاج دارای پیچ و خم‌های فراوان است. اما قوس مئاندرها چندان بزرگ نبوده و این مئاندرها از نوع بی‌نظم هستند. در واقع بررسی این اشکال از روی تصاویر ماهواره نشان می‌دهد که، مئاندرهای ایجاد شده در مسیر قره‌آغاج ریز بافت می‌باشند. شایان ذکر است که بندهایی که در مسیر جریان قره‌آغاج بسته شده در بخش‌هایی از این حوضه به ایجاد مئاندرها کمک کرده‌اند.



شکل ۱ : موقعیت جغرافیایی حوضه قره‌آغاج

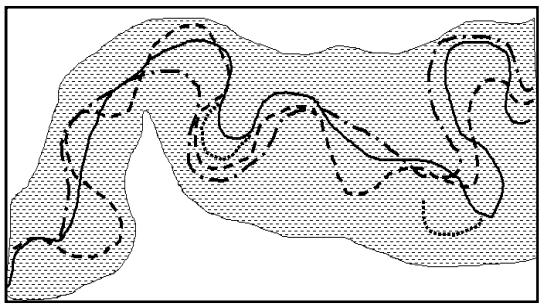
مأخذ : نگارنده

مواد و روش‌ها

در این مقاله برای بررسی جابجایی مسیر جریان رودخانه‌های مئاندری و اثرات این جابجایی‌ها در فرسایش کناری سعی شده است مسیر رودخانه قره‌آغاج به ۲۵ قطعه مختلف تقسیم شود و کلیه‌ی محاسبات در این قطعات صورت گیرد.

برای بررسی جابجایی‌ها از روی عکس‌های هوایی مسیر جدید و مسیرهای قدیمی از روی عکس‌های هوایی (۱:۵۰۰۰۰) تثبیت و ردیابی شده است و میزان جابجایی‌ها از روی خطوط و آثار باقی ماند، اندازه‌گیری شده و محاسبات لازم صورت گرفته است (شکل ۲).

www.SID.ir



شکل ۲: نحوه‌ی جابجایی رودخانه قره‌آغاج در قطعه‌ای از مسیر (مسیرهای جدید و قدیم)و نحوه‌ی ترسیم مسیرهای قبلی از روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و اندازه‌گیری میزان جابجایی (قطعه‌ای از مسیر رودخانه قره‌آغاج)

مأخذ : نگارنده (تصویر سمت چپ برگرفته از earth google)

± نحوه‌ی محاسبه میزان سینوزیته مسیر جریان رودخانه قره‌آغاج

میزان سینوزیته رودخانه‌ی قره‌آغاج با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شده است:

رابطه ۱: $S=T/L$

در رابطه‌ی ۱:

S= میزان سینوزیته؛ T= طول سینوزیته؛

L= مسافت طولی خط مستقیم

- نحوه‌ی اندازه‌گیری نسبت شعاع به پهنا در مسیر رودخانه مئاندری قره‌آغاج

در این مقاله برای بررسی میزان جابجایی‌های صورت گرفته در مسیر مئاندری در طول رودخانه قره‌آغاج، ابتدا شعاع قوس پیچان‌ها، سپس پهنای بستر اندازه‌گیری گردید. سپس از حاصل این اندازه‌گیری‌ها نسبت این دو پارامتر به دست آمده است (شکل ۳) در این مقاله، برای بررسی قدرت مئاندرها سعی شده است ابتدا شعاع قوس مئاندرهای مسیر رودخانه‌های قره‌آغاج محاسبه شود. به این منظور، دوایری به اطراف قوس مئاندرها کشیده شده و شعاع این دوایر اندازه‌گیری شده است (شکل ۳، الف. تحلیل‌ها و نتیجه‌گیری‌های بعدی بر اساس این اندازه‌ها و ارقام حاصل صورت گرفته است.

- اندازه‌گیری و محاسبه میزان جابجایی و زمان جابجایی مسیر جریان رودخانه‌ی قره‌آغاج

برای بررسی میزان جابجایی مئاندرها از عکس‌های ماهواره‌ای و برای برآورد زمان لازم برای جابجایی‌ها از رابطه زیراستفاده شده است :

رابطه ۲: $\Delta t=Wcb/V$

در این رابطه :

Δt= زمان جابجایی به متر در سال؛ Wcb= پهنای کمربند کانال پیچان به متر؛ V= میزان جابجایی به متر

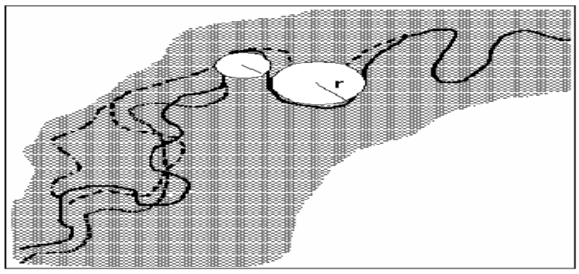
- اندازه‌گیری زاویه و طول‌قوس در مسیرهای مئاندری

برای بررسی قدرت مئاندرها در بخش قوس جریان، زاویه قوس هر پیچ و خم در مسیر جریان و همچنین طول و پهنای بستر اندازه‌گیری شده است (شکل۳، ب). در نهایت با توجه به مسیرهای قدیمی و جدید نوع جابجایی‌ها مشخص شده است.

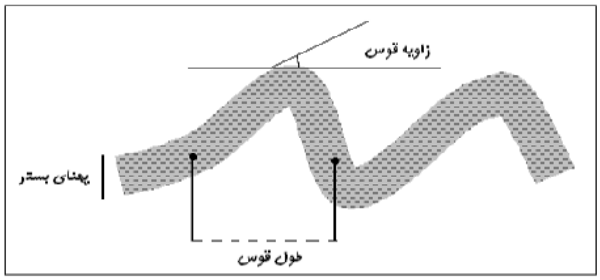
Archive of SID

www.SID.ir

الف



ب



شکل ۳: الف- اندازه‌گیری شعاع و پهنای بسترجریان در مسیر پیچان‌رود قره‌آغاج ب) پارامترهای مورد اندازه‌گیری در قوس مسیر پیچان‌رود

مأخذ : نگارنده

بحث و نتایج

بین متغیّرهای ژئومتریکی مئاندرها، مانند پهنا و طول موج و متغیّرهای دیگر مانند دبی و رسوب رابطه وجود دارد. در واقع عدم تغییر در این پارامترها حاکی از وجود نظم در مئاندرها است. تغییر در هریک از این پارامترها موجب تغییر در مسیر جابجایی رودخانه و در نتیجه موجب تغییر در قدرت سایشی رودخانه در کناره‌های بستر می‌گردد. با توجه به نقش پارامترهای مختلف در فرسایش بستر جریان رودخانه‌ها، سعی شده است از ابعاد مختلف مئاندرها و اثرات آنها مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

- میزان سینوزیته مسیرمئاندری رودخانه قره‌آغاج

قبل از بررسی نحوه‌ی جابجایی در مسیر مئاندرهای قره‌آغاج و تعیین نقش آنها در فرسایش کناری، ابتدا لازم است میزان سینوزیته رودخانه‌ی قره‌آغاج محاسبه شود. بررسی میزان پیچش مئاندرها و سینوزیته مسیر رودخانه قره‌آغاج می‌تواند مقایسه‌ی میزان انحنای مسیر قطعات مختلف رودخانه و در نتیجه اظهارنظر در مورد پیچش مسیر آن را سهل‌تر سازد. در این مقاله، با استفاده از شاخص سینوزیته (S)، میزان انحنانی مسیر رودخانه قره‌آغاج محاسبه شده است *(شکل۴ و جدول ۱)*.

جدول ۱ : میزان سینوزیته و نوع مسیر در طول قطعات مختلف رودخانه قره‌آغاج

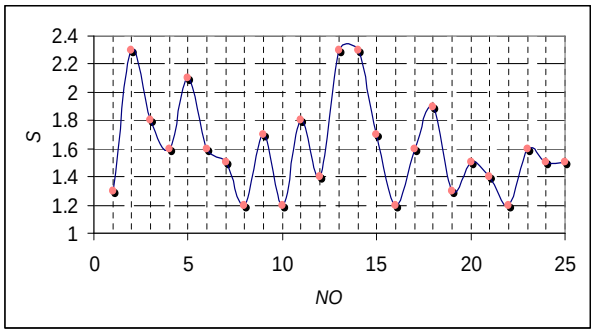
شماره قطعه	T	L	S	نوع مسیر
۱	۲۵	۱۹.۴	۱.۳	س
۲	۴۲.۵	۱۸.۵	۲.۳	م
۳	۳۰.۵	۱۷	۱.۸	م
۴	۲۷.۵	۱۶.۵	۱.۶	م
۵	۲۹.۹	۱۴	۲.۱	م
۶	۲۹	۱۸	۱.۶	م
۷	۲۴.۲	۱۶.۵	۱.۵	م
۸	۱۹.۱	۱۶.۴	۱.۲	س
۹	۳۲	۱۸.۵	۱.۷	م
۱۰	۱۶.۵	۱۴	۱.۲	س
۱۱	۲۷.۷	۱۵	۱.۸	م
۱۲	۱۹	۱۴.۵	۱.۴	س
۱۳	۵۰	۲۱.۵	۲.۳	م
۱۴	۳۸	۱۶.۲	۲.۳	م
۱۵	۲۸	۱۶.۲	۱.۷	م
۱۶	۲۰	۱۶.۴	۱.۲	س
۱۷	۱۷.۵و۲۸.۵	۱۹و۳۴	۱.۶	م
۱۸	۳۲	۱۷	۱.۹	م
۱۹	۲۵	۱۸.۸	۱.۳	س
۲۰	۲۷	۱۷.۸	۱.۵	م
۲۱	۲۶	۱۸.۲	۱.۴	س
۲۲	۲۲	۱۸.۲	۱.۲	س
۲۳	۳۰	۱۸.۴	۱.۶	م
۲۴	۳۱.۲	۲۰	۱.۵	م
۲۵	۱۸.۴	۱۲.۴	۱.۵	م

در این جدول، م به معنی مئاندروس به معنی حالت سینوسی است

مأخذ : نگارنده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴ : میزان سینوس در قطعات مختلف مسیر رودخانه‌ی قره‌آغاج

مأخذ : نگارنده

آستانه‌ی تمایز مسیر مستقیم و مئاندری سینوزیته ۱/۵ است که با استناد به آن می‌توان مسیر جریان رودخانه را از نظر الگوی جریان مجزا کرد. با توجه به شاخص محاسبه شده و میزان سینوزیته، می‌توان نوع مسیر رودخانه قره‌آغاج را اثبات کرد.

در مسیر مستقیم S=1.05؛

در مسیر سینوسی S=1.05-1.5؛

در مسیر مئاندری S= >1.5 .

مئاندرهای مسیر رودخانه قره‌آغاج از نظر آرایش و بزرگی در طول قطعات مختلف متفاوت است. بررسی انحنای این رودخانه با شاخص s نشان می‌دهد که از ۲۵ قطعه مورد بررسی، ۸ قطعه از نوع سینوسی و ۱۷ قطعه از نوع مئاندری است. بررسی شکل (۴) نشان می‌دهد که سینوس قره آغاج در بخش خروجی رودخانه و انتهای مسیر بیشتر است اما تغییرات میزان سینوس تاحدی کمتر است. در واقع بیش از ۷۰ درصد مسیر در طول قطعات مورد بررسی از نوع مسیر مئاندری است (جدول ۱) و با توجه به این که هر قوس در مسیر مئاندری محرک و موتور جابجایی برای قوس بعدی و در نهایت جابجایی مسیر جریان محسوب می‌شود. افزایش تعداد قطعات مسیر از نوع مئاندری به منزله پتانسیل بالای مسیر جریان برای جابجایی بیشتر و سریع‌تر است. بنابراین می‌توان با توجه به نتایج حاصله گفت که کناره‌های مسیر جریان رودخانه‌ی قره‌آغاج به صورت بالقوه در معرض تهدید تماس قوس مئاندرهایی است که به سرعت جابجا می‌شوند.

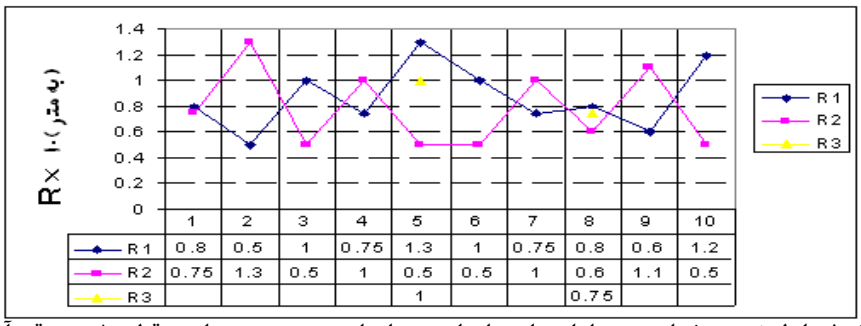
- بررسی رابطه بین شعاع قوس خمیدگی در مسیر مئاندری و پهنای بستر

بین شعاع مئاندر (R) و پهنا (W) نوع و اندازه بار رسوبی و فرسایش کناری رابطه وجود دارد. بگ هول معتقد بود که زمانی که نسبت R/W به حداکثر می‌رسد میزان آشفتگی جریان نیز افزایش می‌یابد که این امر به افزایش قدرت سایشی جریان در پیچان‌ها منجر می‌شود. زمانی‌که این نسبت به ۲ می‌رسد انرژی مازاد به طور متقارن در مسیر جریان توزیع می‌شود و جریان به پایداری می‌رسد. زمانی که نسبت R/W به ۳ می‌رسد اوج جابجایی‌ها در مسیر صورت می‌گیرد *(Petts&Foster, 1985: 66)*.

جابجایی کانال که منعکس‌کننده‌ی نسبت قوس و پهنا است، گسترش‌دهنده‌ی بسترهای پهن سیلابی بوده و توجه به آن در تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مقاله با ترسیم مسیرهای قبلی رودخانه- با استفاده از داغ‌آب‌ها- میزان جابجایی‌ها اندازگیری و نسبت پارامترهای یاد شده در کلیه‌ی قطعات محاسبه شده است *(شکل ۵و۶وجدول۲)*. بررسی میزان نسبت انحناء کانال (R/W) بر میزان جابجایی مسیر جریان در رودخانه‌ی قره‌آغاج و پهنای کانال نیز مشخص‌کننده حداکثر جابجایی‌های رخ داده در مسیر جریان رودخانه در گذشته است. با توجه به این که میزان جابجایی مسیر که با ایجاد چالاب‌ها و پشته‌ها و به طورکلی با فرسایش بستر همراه است، زمانی جابجایی‌ها به حداکثر رسیده است که نسبت شعاع بر پهنا در محدوده‌ی خاصی قرار گرفته است، یعنی 2.4<R/W>3.3. میزان جابجایی در فراتر از این دامنه کاهش یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1	0.8	0.5	1	0.75	1.3	1	0.75	0.8	0.6	1.2
R2	0.75	1.3	0.5	1	0.5	0.5	1	0.6	1.1	0.5
R3					1			0.75		

شکل ۵: رابطه نسبت شعاع به پهنا با میزان جابجایی و جابجایی در مسیر جریان درقطعه ۱ بستر قره‌آغاج

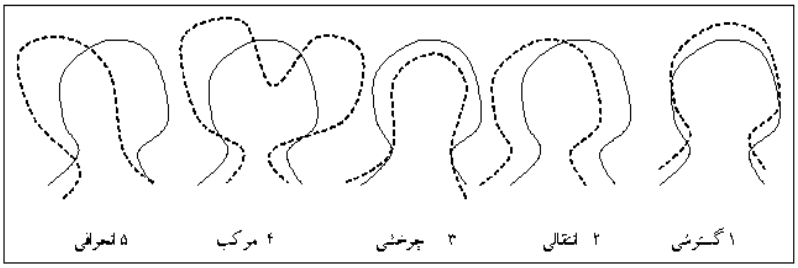
مأخذ : نگارنده

میزان جابجایی‌ها در مسیر قره آغاج طبق آستانه‌های ارائه شده متغیّر است. با توجه به مقادیر محاسبه شده نسبت شعاع به پهنا (جدول ۲) و انطباق آنها با مقادیر آستانه، می‌توان که پتانسیل میزان جابجایی درمسیر قره‌آغاج نسبتاً پایین است. اما ردیابی آثار مسیرهای جابجایی گذشته نشان می‌دهد که میزان جابجایی‌ها در گذشته زیاد بوده است (شکل ۷). بررسی در مسیر رودخانه‌قره‌آغاج نشان می‌دهد که در روندجابجایی‌های صورت گرفته نظمی حاکم نیست و فقط در قطعات ۵، ۷، ۱۷، ۱۹ و ۲۰ می‌توان دنباله روی مسیر جدید از مسیر قبلی را مشاهده نمود.

± نوع جابجایی‌ها در مسیرهای رودخانه‌های مئاندری

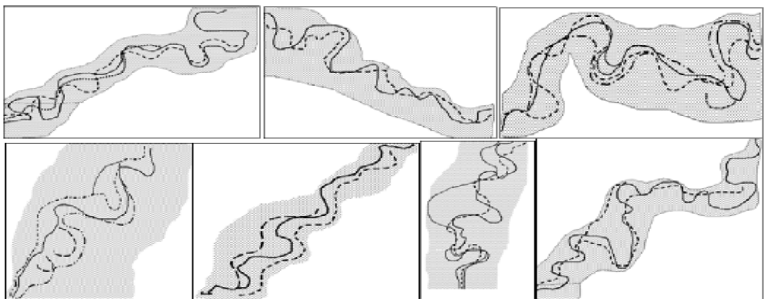
در بستر جریان رودخانه‌ها قوس پیچان‌ها به اشکال مختلف جابجا می‌شوند که از بین اشکال مختلف، نوع گسترشی و تغییر مرکب در تشدید فرسایش کناری تأثیرگذار است ویا به عبارت بهتر این نوع جابجایی‌ها موجب تشدید فرسایش کناری می‌گردند (شکل ۶).

بررسی نوع جابجایی‌ها در مسیر قطعات مختلف رودخانه قره‌آغاج (شکل ۶) نشان می‌دهد که در طول قطعاتی از مسیر رودخانه قره‌آغاج انواع جابجایی‌ها صورت گرفته است.



شکل۶ : اشکال مختلف جابجایی‌ها در قوس مسیرهای مئاندری

مأخذ : نگارنده



شکل ۷ : نوع جابجایی‌ها در قطعاتی از مسیر رودخانه‌ی قره‌آغاج

مأخذ : نگارنده

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: نسبت R/W و میزان جابجایی مسیر جریان درقطعه ۱ بستر قره‌آغاج

شماره	R	W	R/W	جابجایی مسیر جریان
۱	۱	۶	۰.۱۶	۰.۵
۲	۰.۷۵	۶	۰.۱۲	۰.۹
۳	۰.۷۵	۶	۰.۱۲	۰.۳
۴	۱.۳	۷.۷	۰.۱۶	۰.۴
۵	۰.۵	۷.۶	۰.۰۶	۰.۳
۶	۱	۹	۰.۱۱	۲.۳
۷	۰.۵	۹	۰.۰۵	۰.۳
۸	۰.۷۵	۸.۷	۰.۰۸	۰.۲
۹	۰.۸	۸.۷	۰.۰۹	۲.۳
۱۰	۱.۵	۷	۰.۲۱	۰.۷
۱۱	۰.۵	۷	۰.۰۷	۰.۵
۱۲	۱.۲۵	۷	۰.۱۷	۱.۵
۱۳	۱	۷.۷	۰.۱۲	۰.۸
۱۴	۱	۷.۷	۰.۱۲	۰.۴
۱۵	۰.۸	۷.۷	۰.۱	۰.۷
۱۶	۰.۶	۷.۲	۰.۰۸	۱
۱۷	۰.۷۵	۷.۲	۰.۱	۰.۱
۱۸	۰.۷۵	۷.۲	۰.۱	۰.۵
۱۹	۰.۷۵	۷.۲	۰.۱	–
۲۰	۱	۷.۲	۰.۱۳	–
۲۱	۱	۷.۲	۰.۱۳	–
۲۲	۰.۷۵	۷.۲	۰.۱	–
۲۳	۰.۵	۵	۰.۱	–

مأخذ : نگارنده

جدول ۳: برآورد زمان لازم برای برای یک مترجابجایی کانال در مسیر رودخانه قره‌آغاج

شماره قطعه	Wcb	V	Δt (یک متر درسال)
۱	۷.۱	۰.۷۳	۹.۷۲
۲	۹.۶۵	۱.۱۸	۸.۱۷
۳	۵.۶۲	۱	۵.۶۲
۴	۲.۲۴	۰.۵۴	۴.۱۴
۵	۲.۶۲	۰.۶۶	۳.۹۶
۶	۸	۰.۹۵	۸.۴۲
۷	۸.۳۱	۰.۹۷	۸.۵۶
۸	۸.۸۵	۰.۸۲	۱۰.۷۹
۹	۸.۸۴	۱.۱۸	۷.۴۹
۱۰	۱۱.۱۲	۰.۶۷	۱۶.۵۹
۱۱	۶.۷۵	۰.۷۴	۹.۱۲
۱۲	۱۲.۳۳	۱.۴۲	۸.۶۸
۱۳	۶.۹۵	۰.۶	۱۱.۵۸
۱۴	۵.۹۴	۰.۶۶	۹.۹
۱۵	۱۱.۷۵	۱.۶۷	۷.۰۳
۱۶	۱۴	۲.۰۵	۶.۸۲
۱۷	۱۰.۳	۱.۶۶	۶.۲
۱۸	۱۰.۸۷	۱.۰۸	۱۰.۰۳
۱۹	۱۱.۵۸	۲.۵۸	۴.۴۸
۲۰	۷.۵	۰.۸	۹
۲۱	۱۲	۱.۷۸	۶.۷۴
۲۲	۷.۰۲	۱.۰۳	۶.۸۱
۲۳	۶.۱۷	۱.۲	۵.۱۴
۲۴	۴.۵۲	۰.۸۸	۵.۱۳
۲۵	۵	۰.۸۲	۶.۰۹
۲۶	۷	۱.۴۵	۴.۸۲
۲۷	۹.۶۱	۰.۶۴	۱۵.۰۱
۲۸	۲.۶۲	۰.۶۷	۳.۹
۲۹	۹.۷۵	۰.۸۴	۱۱.۶
۳۰	۱۰.۲۴	۱	۱۰.۲۴
۳۱	۱۱.۰۸	۱.۸۸	۵.۸۹

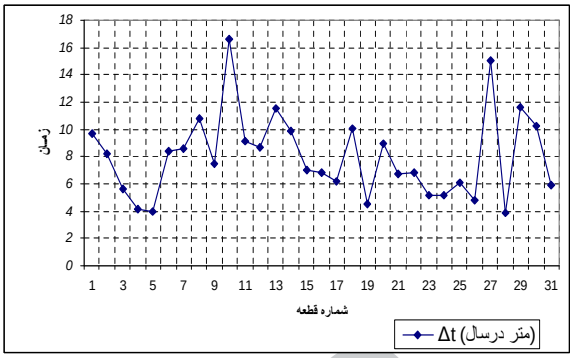
مأخذ : نگارنده

مشاهدات میدانی در مسیر قره‌آغاج و همچنین شاخاب‌های آنها نیز حاکی از انجام جابجایی‌های مکرر در مسیر جریان است (شکل ۸) که گاه وجود و حضور درختان و پوشش گیاهی نیز نمی‌تواند مانعی برای این جابجایی‌ها باشد. هر جابجایی با فرسایش کناری و ایجاد پشته‌هایی در مسیر جریان همراه است که می‌تواند مشکلاتی را در مسیر جریان و در شیب‌های مشرف بر کانال پدید آورد *(شکل ۸ ب)*.

Archive of SID

www.SID.ir

الف



ب

شکل ۸: زمان برای جابجایی کانال در مسیر قره‌آغاج (الف) و شواهدی ازجابجایی کانال جریان در طیّ زمان در مسیرقره آغاج (ب)

مأخذ : نگارنده

- بررسی زمان لازم برای جابجایی جریان از کمربند پیچان

محاسبه‌ی زمان لازم برای جابجایی‌ها در مسیر جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل این که با هر جابجایی فرسایش کناری تشدید شده و پشته‌های میان بستری -که گاه مأمن حیات وحش و محل استقرار پوشش گیاهی است- از بین می‌روند. بررسی در بستر جریان رودخانه قره‌آغاج (شکل ۸ الف و جدول ۳) نشان می‌دهد که زمان لازم برای جابجایی کانال در مسیر قره‌آغاج در بخش‌های مختلف متفاوت است. کمترین زمان لازم برای جابجایی کانال حدوداً ۴ سال و حداکثر زمان لازم برای جابجایی‌ها بیشتر از ۱۷ سال می‌باشد. این رودخانه در بخش‌های نزدیک به محل اتصال به رودخانه قرنقو به سرعت و در زمان کوتاهی مسیر خود را جابجا می‌کند، اما در بخش‌های میانی این زمان کاهش و دوباره در بخش انتهایی مسیر زمان جابجایی افزایش می‌یابد.

- فرسایش کناری درمسیر مئاندری رودخانه قره‌آغاج

با توجه به نسبت‌های R/W محاسبه شده نسبت بین دو پارامتر مذکور در قطعه‌ی شماره‌ی ۶ از مسیر قره‌آغاج، به مراتب بیشتر از سایر قطعات مسیر است که البته بالا بودن این نسبت نه به علت تأثیر جنس بستر، بلکه به علت تغییرات و یا به عبارت بهتر، وجود حرکات تکتونیکی در این محدوده است. در محدوده‌ی یاد شده تاقدیس بزرگ حوضه‌ی قرنقو قرار گرفته و در اطراف آن گنبدهای نمکی گسترده شده است که علت بالا بودن نسبت پارامترهای مذکور در قطعه‌ی یاد شده را می‌توان به علل تکتونیکی نسبت داد. معمولاً در بخش‌هایی که بالاآمدگی‌های تکتونیکی تثبیت شده و فعال بودن تکتونیک به اثبات رسیده است، آرایش جریان رودخانه‌ها در پشت محل بالاآمدگی از مستقیم به سینوسی و سپس به مئاندری تغییر می‌یابد.

در محدوده‌ی مورد مطالعه نیز در بخش‌هایی که حالت مئاندری وسینوسی مشاهده می‌گردد به غیر از تکتونیک فعال، هیچ دلیل دیگری برای تغییر آرایش رودخانه قره‌آغاج وجود ندارد.

با توجه به بررسی داغ آب‌های قبلی که شاهدی از جابجایی‌هایی قوس مئاندرها هستند و مسیر حرکت قوس مئاندرهای فعلی می‌توان گفت که:

- در مسیرهای قره‌آغاج و شاخاب‌های آن، مسیر حرکت بعضی از قوس‌ها به طرف دیواره‌ها بوده که می‌تواند فرسایش کناری در آینده را تشدید کند این بخش‌ها عبارتند از :

- قطعه‌ی شماره‌ی ۱، که دو مورد از قوس پیچش‌ها به طرف دیواره‌ها در حال جابجایی است.

Archive of SID

www.SID.ir

- در قطعات شماره‌های ۴ و ۵ یک مورد، در شماره‌ی ۶ چهار مورد، ۷ دو مورد
- در قطعه‌ی شماره‌ی ۸ سه مورد که فرسایش کناره توسط چرخش آب در قوس مئاندرها در حال انجام است
- در قطعه‌ی شماره ۹ و ۳ دو مورد، ۱۰ دو مورد
- در قطعه‌ی ۱۱ چهار مورد بوده که یکی از قوس‌ها کاملاً به دیواره مماس است .به عبارت دیگر در این قوس فرسایش کناری در حال انجام می‌باشد.
- در قطعه ۱۶ و۱۷ و۲۳ سه مورد، در ۲۲ یک مورد در ۲۷، ۳۰ ، ۴۲ و۵۱ ،۵۳ و ۵۷ دو مورد و در ۴۴ یک-مورد.
- در قطعه ۵۴ یکی از قوس‌ها به دیواره چسبیده و فرسایش کناری در حال انجام است.

افزایش در انحنای قوس مئاندرها در واقع به منزله افزایش در طول و در نتیجه در میزان چالاب‌های مسیر جریان رودخانه‌ها است. با انحنای بیشتر از ۳ درجه قوس مئاندرها دارای حداکثر طول بوده و افزایش در سایش به منزله‌ی جابجایی کانال است. چالاب‌ها در حداکثر عمق باقی نمی‌مانند بلکه به مرور نهشته آنها را پر می‌کنند*(Lofthouse & Robert, 2008: 216)*.

کانال‌های پهن وکم‌عمق دارای سینوزیته پایین تراز کانال‌های باریک و کم‌عمق دارند. به عبارت دیگر در کانال‌های باریک و عمیق سینوزیته افزایش می‌یابد. در کانال‌های پهن و کم‌عمق انحنا در اطراف محور خمیدگی تمرکز می‌یابد به نحوی که مئاندرها به پایین‌دست بیشتر جابجا می‌شوند تا این که انحناها افزایش یابد. بررسی‌هایی که در بیشتر مئاندرها صورت گرفته نشان می‌دهد که بین پهنای مسیر جریان و طول قوس و همچنین بین نسبت یاد شده و میانگین زاویه قوس‌ها در مئاندرهای تشکیل شده در بعضی از قسمت‌ها رابطه وجود دارد (شکل ۹ الف).

آنچه که مسلم است این است که با افزایش قوس مئاندرها و تمرکز انرژی رودخانه در یک نقطه مشخص، شدت فرسایش به‌حداکثر می‌رسد. بررسی در کناره‌های بسترهای جریان رودخانه‌ی قره‌آغاج نشان می‌دهد که درجایی‌که قوس مئاندرها به طرف کناره‌ها متمرکز شده و با دیواره کناره بستر مماس گردیده (شکل ۹) مقدار انبوهی از مواد کناری به داخل بستر سرازیر شده و با شدت گرفتن انرژی مئاندر در محدوده‌ی خمیدگی و قوس مئاندر، پهنای دشت سیلابی در اثر سایش‌های مکرر افزایش یافته است. پشته‌های باقی مانده در میانی بستر به عنوان شاهدی از محل کناره قبلی دشت سیلابی و همچنین عمق آبرفت‌های فرسایش‌یافته از قدرت سایشی مئاندرها در محدوده‌ی مورد بررسی حکایت می‌کنند (شکل ۹ ب وپ).

Archive of SID

www.SID.ir

الف ب پ

شکل ۹: الف- رابطه بین پهنا و طول قوس وزاویه قوس در پیچان‌های مسیر قره‌آغاج (دراین شکل w پهنای بستر و rl شعاع قوس است)؛ ب- مماس قوس پیچان با دیواره بستر سیلابی و تداوم فرسایش کناری (در مسیر قره‌آغاج)؛ پ- پشته‌های رسوبی میانی شواهدی از کناره بستر قبلی در بخش میانی مسیر قره‌آغاج

مأخذ : نگارنده

نوع خاک بستر جریان و نوع خاک کناره‌های بستر سیلابی تأثیر زیادی بر شدت وضعف فرسایش کناری دارد. هر چه نوع خاک حساسیت زیادی به فرسایش کناری نشان دهد به همان میزان، مقدار مواد رها شده به آب افزایش می‌یابد و بر میزان پهن‌تر شدن بستر سیلابی افزوده می‌شود. به همین دلیل می‌توان با استفاده از نسبت R/W در مورد میزان و شدت فرسایش کناری اظهارنظر نمود. با توجه به موارد مذکور نمونه‌هایی از خاک محل‌های نزدیک به کناره‌های دشت سیلابی در طول قطعات مختلف مسیر جریان رودخانه قره‌آغاج برداشت شده و یا از نمونه‌های تهیه شده توسط آب منطقه استفاده شده است (جدول۴) و با استفاده از این نمونه‌ها بافت خاک مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که بافت خاک‌های کناری بستر جریان رودخانه‌ی قره‌آغاج بیشتر از نوع سنگین بوده و با تماس قوس خمیدگی مئاندرها این خاک‌ها می‌توانند به آسانی فرسایش یافته و با هر هجوم آب به کناره‌ها، این خاک‌ها به بستر جریان رودخانه وارد شوند و در نتیجه به سرعت بستر سیلابی در زمان کوتاهی پهن‌تر شود. تشدید فرسایش کناری در محدوده‌ی مورد بررسی در بیشتر قسمت‌ها، باعث شده است که جاده‌ها و ریل خطوط عبور قطار در معرض تخریب قرار گیرد.

با توجه به چنین تهدیدی، به نظر می‌رسد که باید خطر فرسایش کناری را جدی گرفت و تدابیری در جهت کاهش تخریبات ناشی از فرسایش کناری اتخاذ نمود.

جدول۴: نوع بافت خاک‌تهیه شده ازبخش‌های مسیراطراف‌قره‌آغاج

عمق	افق	درصد ذرات خاک		
		ماسه	سیلت	رس
۲۵-۰	AP	۴۴	۱۸	۳۸
۵۰-۲۵	BW	۴۰	۱۵	۴۵
۷۰-۵۰	BK1	۳۹	۲۰	۴۱
۹۰-۷۰	BK2	۳۴	۳۰	۳۶

مأخذ : نگارنده

نتیجه

مئاندرها از علل اصلی فرسایش کناری و بروز تغییرات در دشت‌های سیلابی محسوب می‌شوند. در محدوده‌های نیمه‌خشک که کناره‌های دشت‌های سیلابی توسط پوشش گیاهی محافظت نمی‌شوند وقوع این تغییرات زیاد و فرسایش کناری در حد تشدید شده است. در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند، به عنوان یک محدوده نیمه‌خشک، تیپیک‌ترین مئاندرها در طول رودخانه‌ها شکل گرفته است. یکی از این مسیرهای پرپیچ و خم مسیر قره‌آغاج‌چای است که با ایجاد قوس‌های متعدد در مسیر آن،تحت جابجایی‌های

Archive of SID

www.SID.ir

زیاد قرار گرفته و در اثر این جابجایی‌های جانبی فرسایش کناری تشدید شده است. با توجه به نوع سازندهای سطحی در مسیر جریان این رودخانه، جابجایی مکرر در قوس‌های جریان و تماس بخش خمیده جریان با کناره‌های بی‌حفاظ موجب می‌شود که دشت سیلابی پهن‌تر و پشته‌های میانی در مسیر جریان به سرعت جابجا شود.

بررسی نتایج حاصل از برآورد نسبت پهنا به شعاع در مئاندر قره‌آغاج‌چای نشان‌دهنده‌ی این است که این نسبت در بخش‌های مختلف مسیر یکسان نبوده، بلکه در قسمتی از مسیر میزان آن بالا و در قسمت دیگر میزان آن پایین است. نوسان در میزان نسبت یاد شده از تغییر در نوع و بزرگی قوس تشکیل شده و تغییر در میزان جابجایی در طول مسیر جریان قره‌آغاج حکایت می‌کند. با عنایت به نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته می‌توان این تغییرات را به نوع سازندهای مسیر جریان و تأثیر عامل تکتونیکی مرتبط ساخت. در محدوده‌ی مورد مطالعه نیز در بخش‌هایی که حالت مئاندری و سینوسی مشاهده می‌گردد به غیر از تکتونیک فعال، هیچ دلیل دیگری برای تغییر آرایش رودخانه قره‌آغاج نمی‌توان اقامه نمود. در انجام عملیات عمرانی در مسیرهای مئاندری محدوده‌های نیمه‌خشک که فرسایش کناری ناشی از جابجایی‌ها می‌تواند مشکلات عمده‌ای به وجود آورد، بررسی و برآورد زمان لازم برای جابجایی‌های مسیر جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج حاصل از بررسی‌ها در مسیر جریان قره‌آغاج‌چای حاکی از این است که زمان لازم برای جابجایی کانال در مسیر قره‌آغاج در بخش‌های مختلف متفاوت است. کمترین زمان لازم برای جابجایی کانال حدوداً ۴ سال و حداکثر زمان لازم برای جابجایی‌ها بیشتر از ۱۷ سال می‌باشد. می‌توان گفت که زمان ۴ سال برای جابجایی‌ها زمان بسیار کوتاهی است و رودخانه در این زمان می‌تواند تغییرات عمده‌ای در بخش میانی و کناری خود انجام دهد.

منابع

۱- بیاتی‌خطیبی، مریم (۱۳۸۵). بررسی علل تشکیل و توسعه پیچان‌ها در دره‌های نواحی کوهستانی، رشد آموزش جغرافیا. شماره ۷۵.

۲- حسین‌آبادی و محمود شفای‌بجستان (۱۳۸۸). بررسی عمق آبشتگی محتمل در مئاندرهای رودخانه کارون، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه اهواز.

۳- جابرزاده، مجید؛ جلال‌عطاری؛ محمدرضا مجدزاده؛ منصور ابوالقاسمی (۱۳۸۷). مطالعات آزمایشگاهی جریانات چرخشی افقی و نقش آن در محل تشکیل نهشته رسوبی قوس، چهارمین کنگره مهندسی عمران دانشگاه تهران.

۴- ساسانی، فاطمه؛ حسین افضلی؛ منوچهر حیدرپور (۱۳۸۴). بررسی فاکتور نقش بررسی تغییر مکان‌های جانبی در طول بازه‌های قوس دار در یک رودخانه درشت دانه. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران .

۵- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ کاظم خوش‌دل (۱۳۸۸). بررسی پیچ وخم‌های مئاندر اهرچای در محدوده‌ی دشت ازومدل و رزقان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۳۳.

۶- نوحه‌گر، احمد؛ مجتبی یمانی (۱۳۸۴). بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان رود ونقش آن در فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه میناب .پژوهش های جغرافیایی . شماره ۵۱.

۷- زاهدی،مجید؛ مریم بیاتی‌خطیبی (۱۳۸۷). هیدرولوژی، انتشارات سمت.

۸- محمودی،امین؛ابوالفضل‌طهماسبی؛مجتبی‌قره‌محمودلو؛ سعید جعفری (۱۳۸۷). بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گرگان‌رود در مجاورت شهر گنبد، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

Archive of SID

www.SID.ir

9- Fagan,Simon D, Gerald C. Nanson (2004).The morphology and formation of floodplain-surface channels,Cooper Creek, Australia. Geomorphology 60.
10- Fiedler,F (1999). Realization of Meander Permutations by Boundary Value Problems Bernold journal of differential equations 156.
11- 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.
12- Francesco,P. Di O. Golinelli, E. Guitter (2000). Meanders: exact asymptotics Nuclear Physics B 57.
13- Francesco, P.Di, E. Guitter, J. L. Jacobsen (2000). Exact meander asymptotics:a numerical check.Nuclear Physics B 58.
14- Frings, Roy M (2008). Downstream fining in large sand-bed rivers .Earth-Science Reviews 87 (2008).
15- Gangodagamage,Chandana,Elizabeth Barnes, Efi Foufoula-Georgiou (2007).Scaling in river corridor widths depicts organization in valley morphology .Geomorphology 91.
16- Hooke, J. M (2007). Complexity, self-organisation and variation in behaviour in meandering rivers .Geomorphology 91.
17- Hooke, J. M (2008).Temporal variations in fluvial processes on an active meandering river over a 20- year period. Geomorphology.Vol. 100.
18- Knox,JamesC(2006). Floodplain sedimentation in the Upper Mississippi Valley: Natural versus human accelerated Geomorphology 79 .
19- Kim, S. B, J. Watanabe, N. Nanato, S. Murase, O.B.Hyun (2006). Current density distributions of the meander type resistive fault current limiters Physica C.
20- Kemp,Justine(2004).Floodchannel morphology of a quiet river, the Lachlan downstream from Cowra, southeastern Australia.Geomorphology 60.
21- 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.
22- Lofthouse, Caroline, André Robert (2008). Riffle- pool sequences and meander morphology. Geomorphology 99.
23- Petts ,G., Foster ,J.1985.Rivers and landscape .Arnold.
24- Seminara, G (2008). River meandering: linear versus non linear models .Geophysical Research Abstracts,Vol. 10, EGU2008-A-07448, 2008. SRef- ID: 1607-7962/gra/ EGU2008.
25- Smith, Charles. E (1998). Modeling high sinuosity meanders in a small flume. Geomorphology 25,1998.
26- Srivastavaa,Pradeep, Maneesh Sharmab, Ashok K. -Sarma, J. N (2005).Fluvial process and morphology of the Brahmaputra River in Assam,India.Geomorphology 70.

Archive of SID

www.SID.ir