**فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱، شماره پیاپی ۱۰۶**

**M. Khatibi**

**مریم بیاتی خطیبی**، دانشیار دانشگاه تبریز

**E-mail: m_bayati@tabrizu.ac.ir**

**شماره مقاله: ۸۷۳**

**شماره صفحه پیاپی ۱۸۴۷۲-۱۸۴۴۸**

# بررسی رفتار پیچان رودها در دشت‌های سیلابی نواحی نیمه خشک، مطالعه موردی: دشت‌های سیلابی دامنه‌های جنوب شرقی کوهستان سهند (رودخانه شور و قره آغاج)

## چکیده

ایجاد پیچ وخم‌های زیاد، از ویژگی‌های مهم بیشتر رودخانه‌های جاری در نواحی نیمه خشک محسوب می‌شود. جابه جایی‌های سریع در مسیرجریان رودخانه‌ها، تغییر در مکان پشته‌های میانی و فرسایش کناری، از آثار ایجاد پیچ وخم‌ها در مسیر جریان رودخانه‌هاست. در مسیر رودخانه‌های جاری در دامنه‌های جنوب شرقی کوهستان سهند (واقع در۴۶َ ° ۴۳ تا ۱۵ °۴۷ طول شرقی واز۰۵َ ° ۳۶ تا ۲۰َ ° ۳۷ عرض شمالی )پیچ وخم‌های زیادی قابل مشاهده است. حضوراین پیچان رودها وجابه جایی در پیچ وخم‌های آنها در بخش‌های مختلف مسیر و تماس قوس پیچان رودها با دیواره دشت‌های سیلابی، باعث شده است که مواد دیواره ای در محل مورد هجوم به شکل انبوه به داخل دشت‌های سیلابی فرو ریزد و به این ترتیب، بر میزان بار رسوبی رودخانه‌ها افزوده شود.شدت فرسایش کناری و میانی در دشت‌های سیلابی دامنه‌های جنوب شرقی کوهستان سهند در سال‌های اخیر به حدی بوده است که حضور درختان کناری و میانی نیز نتوانسته است جلوی چنین فرسایشی را بگیرد. در این مقاله سعی شده است با استفاده از شاخص‌های مختلف( $R/W \quad ,s,\Delta t$ ) و با به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، ویژگی‌های پیچان رودها بررسی شود و میزان جابه جایی‌ها در طول زمان تعیین شود. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که، میزان سینوزیته پیچان رودها در مسیر جریان نسبتا بالا بوده و میزان جابه جایی قوس آنها در طول زمان نیز زیاد است و در نتیجه، خطرفرسایش کناری و میانی نیز در طول مسیرهای مورد نظر بالاست. پیچان رودهای محدوده مورد مطالعه که از نوع بی نظم هستند، در طول مسیر به علل مختلف

تشکیل می‌یابند، اما علت عمده تشکیل آنها دستکاری‌های انسانی و تکتونیک فعال در منطقه است.

**واژه‌های کلیدی:** پیچان رودها،کوهستان نیمه خشک، جابه جایی مسیر،سینوزیته، دامنه‌های جنوب شرقی سهند

**-مقدمه**

پیچان رودها[1] و جابه جایی آنها در محدوده دشت‌های سیلابی نواحی نیمه خشک، علاوه بر این که نشان دهنده تغییرات در دشت‌های سیلابی هستند، درعین حال، علایمی از پتانسل خطرسیلاب و فرسایش در این محدوده نیز محسوب می‌شوند(گا وهمکاران [2]،۲۰۰۷: ۲۷۵۹؛ همیلتون وهمکاران[3]، ۲۵: ۲۰۰۷). پیچان‌ها انرژی لازم را برای جابه جایی مسیر جریان رودخانه‌ها تزریق می‌کنند و با تماس قوس پیچان‌ها با دیواره دشت‌های سیلابی ودر نتیجه ایجاد فرسایش کناری، مواد لازم برای ورود برای دشت‌های سیلابی فراهم می‌شود. به این ترتیب، هم با ایجاد پیچ و خم‌ها ازانرژی آب‌های جاری کاسته شده و هم مواد جدیدتری به آبرفت‌های قابل کشت اضافه می‌شود. در سال‌های اخیر، دستکاری در مسیر جریان رودخانه‌ها شدت گرفته وتغییرات اقلیمی و تغییرات قابل ملاحظه‌ای در دامنه‌های مشرف بر دشت‌های سیلابی صورت گرفته است و به تبع آن، جابجایی در مسیر جریان رودخانه‌ها افزایش یافته ودر نتیجه بر اثر این جابه جایی‌ها وتشدید فرسایش کناری، بر میزان ناپایداری دامنه‌ها افزوده شده است(براوارد و همکاران[4]، ۱۹۹۹: ۲۹۳). با توجه به جذابیت این اشکال دردشت‌های سیلابی و همچنین، به لحاظ تغییرات ژئومورفولوژیک ناشی از حضور آنها در این محدوده‌ها، محققان مختلف، ازجمله ژئومورفولوژیست‌ها و هیدرولوژیست‌ها، از زوایای مختلف به مطالعه آنها پرداخته‌اند و با تحقیقات خود تاحدی، راز تشکیل پیچان رودها وتغییر

1 -meanders
2 -Ga et al
3 -Hmilton et al
4 -Bravard et al

آرایش جریان رودخانه‌ها را گشوده و با ارائه مدل‌های مختلف، پیش بینی رفتار آنها را امکان پـذیر سـاخته انـد (گوسـوامی وهمکـاران[5]، ۱۹۹۹؛هـاردی وهمکـاران[6]، ۲۰۰۰؛ آبـاد ومارسـلو[7]،۲۰۰۶؛ بوریسـوا وهمکـاران[8]، ۲۰۰۶؛بـاتن وهمکـاران[9]، ۲۰۰۷؛بیرلیـک[10]، ۲۰۰۷؛گوتالس وهمکاران[11]، ۲۰۰۹و... ).

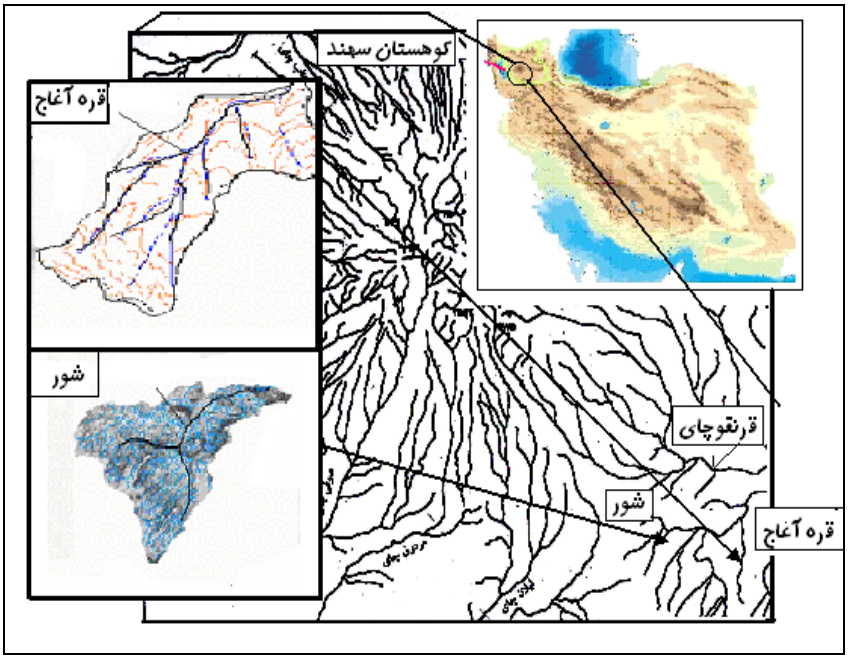
با عنایت به حضور این چشم اندازها در بیشتر بخش‌های کشور، محققان داخلـی نیـز بـی توجه به علل تشکیل این پدیده‌ها نبوده اند و تحقیقات هرچند اندک بر روی آنهـا از سـوی این محققان صورت گرفته است (نوحه گر ویمانی، ۱۳۸۴؛بیـاتی خطیبـی، ۱۳۸۵؛ جـابرزاده وهمکاران، ۱۳۸۷؛ محمودی وهمکاران، ۱۳۸۷؛ رضـایی مقـدم وخـوش دل ۱۳۸۸ و حسـین آبادی وشفای بجستان، ۱۳۸۸).

دامنه‌های جنوب شرقی کوهستان سهند از پرآب ترین بخش‌های این کوهستان محسوب می‌شود (شکل۱). با عنایت به جریان رودخانه‌های متعدد در این سمت از کوهستان، بـر اثـر انجام کارهای عمرانی در سطوح دامنه‌ها ودر کناره دشت‌هـای سـیلابی، تغییـرات عمـده ای درسطوح دامنه‌ها و دشت‌های سیلابی به شدت ظاهر شده است. حاکمیت شرایط نیمه خشـک و تشدید شرایط یاد شده در سال‌های اخیر، در این محدوده‌ها و همچنـین، تغییـرات ناشـی از دخالت‌های انسانی، باعث شده است که میزان جابه جایی‌هـا درمسـیر جریـان رودخانـه‌هـا افزایش و بر میزان فرسایش دیواره دشت‌های سیلابی افزوده شود(بیاتی خطیبی، ۱۳۸۵: ۲۵).

رودخانه‌های شور وقره آغاج ( واقع در۴۶َ ° ۴۳ تا ۱۵ °۴۷ طول شرقی و۰۵َ ° ۳۶ تا ۲۰َ ° ۳۷ عرض شمالی )از رودخانه‌های مهم دامنه‌های جنوب شـرقی کوهسـتان سـهند محسـوب می‌شوند، که دشت‌های سلابی بسیار گسترده جریان دارند و در بین سایر رودخانه‌های جاری در این محدوده، مسیر پر پیچ وخمی دارند. جابه جایی پیچ وخم‌ها در مسیرجریان و فرسایش

5 -Goswami et al.,
6 -Hardy et al.,
7 -Abad et al.,
8 -Borisova et al.,
9 -Batteen et al.,
10 -Bjerklie
11 -Goethals

پذیر بودن دیواره دشت‌های سیلابی باعث شده است که حوضه قره آغاج و شور بـه عنـوان رسوب‌زاترین حوضه‌های سهند معرفی شوند. با توجه به وجود پیچ وخم‌های زیـاد در مسـیر این دو رودخانه و تاثیر جابه جایی مکرراین پیچ وخم‌ها در فرسایش کنـاری، درایـن مقالـه سعی شده است هم رفتار رودخانه‌ها در محدوده‌های مورد نظر مطالعه شود وهم پیچ و خم‌های آنها مقایسه گردد و در عین حال، برای تعیین پتانسیل تشدید فرسایش کناری، زمان و میزان جابه جایی پیچان‌های مسیر رودخانه‌ها شور و قره آغاج نیز بررسی گردد.




**شکل (۱) موقعیت رودخانه شور و قره آغاج در دامنه شرقی کوهستان سهند**

رودخانه‌های مذکور از شاخاب‌های اصلی رودخانه قرنقو – به عنوان زیر شاخه رودخانـه قزل اوزن - هستند که بر روی سازندهای سطحی متشکل از مارن‌ها، سیلت‌ها جاری می‌شوند و از کناره گنبدهای نمکی متعدد مستقر در مسیر جریان عبور می‌کنند. حضور این سازندها و

اشکال مذکور باعث می‌شود که تأثیرات ناشی ازجابه جایی پیچان‌ها در مسیر جریان رودخانه‌ها بیشتر باشد.

**-مواد و روش‌ها**

در این مقاله، ابتدا محل پیچان رودها در مسیر رودخانه‌های قره آغاج و شور با استفاده ازتصاویر ماهواره‌ای ونقشه‌های توپوگرافی تثبیت شد. سپس کارهای میدانی، برای مشاهده و پایش پیچان رودها و اندازه گیری‌هایی از برخی از پارامترها صورت گرفت. در مرحله بعدی از روی تصاویر ماهواره‌ای، مسیرجریان رودخانه‌های شور وقره آغاج به قطعاتی تقسیم گردید و بررسی‌ها و محاسبات براساس پارامترهای اندازه گیری شده در طول این قطعات صورت گرفت (شکل۲ ).سپس براساس پارمترهای اندازگیری شده، محاسبات لازم انجام شد و تحلیل‌ها و نتیجه گیری‌ها با استفاده از مقادیر به دست آمده، انجام گرفت.



الف



ب) ت)

**شکل( ۲) قطعه مورد بررسی در مسیر پیچان دار رودخانه شور (الف) و پیچان رود در مسیر رودخانه قره آغاج (ب)و مسیررودخانه شور(ت)**

برای بررسی ویژگی‌ها و جابه جایی‌ها در مسیرپیچان رودهای قره آغاج و شورچای، در این مقاله سعی شده است از روش‌های مختلف و از شاخص‌های متنوع، به ترتیب زیراستفاده شود:

**۱ -محاسبه میزان سینوزیته پیچان رود شور وقره آغاج**

میزان پیچ وخم‌ها در مسیر جریان رودخانه‌ها با میزان سینوزیته قابل تعریف و بیان است. میزان سینوزیته رودخانه‌های شور و قره آغاج با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است:

رابطه (۱ ) $S=T/L$

در رابطه (۱):

S =میزان سینوزیته، T =طول سینوزیته، L =مسافت طولی خط مستقیم

**۲- محاسبه شعاع پیچان‌ها وانحنای کانال در مسیر رودخانه‌های شور و قره آغاج**

پهنای کانال (W )وشعاع( R)قوس پیچان رودها از پارامترهای مهم ژئومورفومتریک هستند که می‌توان با استناد به آنها، در مورد میزان جابه جایی مسیر و فرسایش کناری اظهار نظر نمود. جابه‌جایی کانال که مجب گسترش عرض دشت‌های سیلابی می گردد، در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این تحقیق، با ترسیم مسیرهای قبلی رودخانه –با استفاده از داغ آب‌ها –میزان جابه جایی‌ها اندازگیری شده است(شکل۳و۴).انحنای کانال (R/W)، که با نسبت شعاع بر پهنا مشخص می‌شود، اثر مهمی بر میزان جابه جایی مسیرجریان دارد و پهنای کانال نیز مشخص کننده حداکثر جابه جایی‌های رخ داده در مسیر جریان رودخانه در گذشته است (بروکس[۱۲]،۱۹۸: ۲۰۰۳؛ بوشر وهمکاران[۱۳]، ۲۰۰۶: ۲۶۹). میزان جابه جایی مسیر که با ایجاد چالاب‌ها و پشته‌ها و به طورکلی با فرسایش بستر همراه است، زمانی به حداکثر می‌رسد که نسبت شعاع بر پهنا در

12 - Brooks
13 -Boucher et al.,

آستانه ویژه ای قرار گیرد؛ یعنی 2.4<R/W>3.3. میزان جابه جایی در فراترازاین دامنه معمولا کاهش می یابد( بوکسالاو وی مرب[۱۴]، ۲۰۰۷: ۲).

در این مقاله، برای بررسی قدرت پیچان رودها وهمچنین برآورد میزان جابه جایی‌ها در مسیر جریان رودخانه‌ها، سعی شده است ابتدا شعاع قوس پیچ وخم‌های ایجاد شده در مسیر رودخانه‌های قره آغاج و شور محاسبه شود. به این منظور،دوایری به اطراف قوس پیچان رودها کشیده وشعاع این دوایراندازه گیری شده است(شکل۳). تحلیل‌ها ونتیجه گیری‌های بعدی براساس اندازه آنها صورت گرفته است. برای بررسی انحنای کانال، پارامتر پهنای کانال نیز مورد نیاز بود که برای به دست آوردن آن پهنای بستر از روی عکس‌های هوایی اندازه گیری شد.

## ۳-اندازگیری ومحاسبه میزان جابه جایی و زمان لازم برای جابه جایی مسیرجریان پیچان رودها

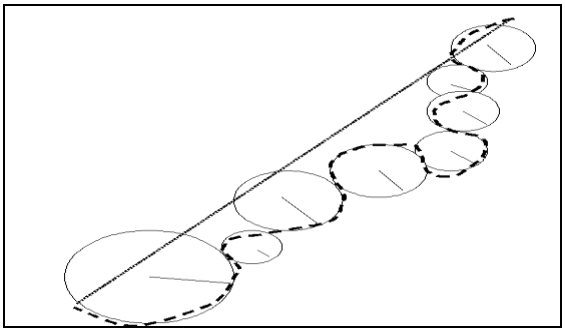
برای بررسی میزان جابه جایی پیچان رودها، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، خطوط مربوط به داغ آب‌ها در مسیرجریان رودخانه‌های شور و قره آغاج تثبیت شده است وجابه جایی خطوط مربوط به مسیرهای مختلف مربوط به زمان‌های متفاوت، از روی خطوط مربوط به مسیرهای قبلی، ترسیم وسپس میزان جابه جایی‌ها اندازه گیری شده است (شکل۴) ودر نهایت، برای برآورد زمان لازم برای جابه جایی‌ها، از رابطه زیراستفاده شده است(باکر وکوخل[۱۵]، ۱۹۸۸: ۲۵۵):

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

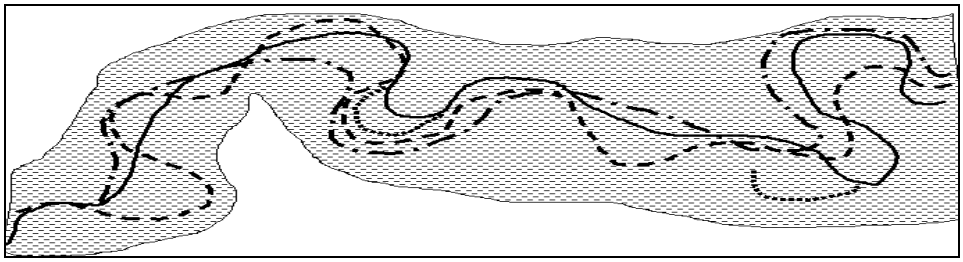
در این رابطه:

Δt=زمان جابه جایی به متردر سال، Wcb =پهنای کمربند کانال پیچان رود به متر، V =میزان جابه جایی به متر

[14] -Boxalla and Guymerb
[15] -Baker and Kochel



**شکل(۳) نحوه اندازه گیری شعاع قوس پیچان رودها (قطعه شماره ۷ از مسیر رودخانه قره آغاج)**



**شکل (۴) خطوط ترسیم شده از روی تصاویر ماهواره‌ای ومشخص کننده مسیرهای قبلی جریان و میزان جابه جایی رودخانه (قطعه‌ای از مسیر رودخانه شور)**

**بحث**

پیچان رودها با ویژگی‌ها وآثار ژئومورفولوژیک خاصی مشخص می‌گردند. با بررسی این ویژگی‌ها و آثار، می‌توان علل ایجاد آنها را مشخص و با استناد به یافته‌ها، رفتار آینده آنها را نیز پیش بینی نمود. فرسایش کناری و میانی و همچنین تشدید ناپایداری کناره‌های دشت‌های سیلابی از تأثیرات مهم پیچان رودها وجابه جایی پیچ وخم‌های مسیر جریان آنها در دشت‌های سیلابی است.

پیچان رودها معمولا با میزان سینوزیته معرفی می شوند و میزان وشدت فعالیت آنها، با میزان جابه جایی‌هایی مکانی وزمانی مشخص می گردد وخطر فرسایش با زمان جابه جایی

تعیین می شود(هوک[16]، ۲۰۰۷: ۲۳۷). به همین علت، سعی خواهد شد این پدیده‌ها از ابعاد یاد شده، مورد بحث قرار گیرند.

**الف-میزان سینوزیته رودخانه شور و قره آغاج**

پیش از بررسی علل پیچان رودها ونقش آنها در فرسایش کناری، ابتدا لازم است میزان سینوزیته رودخانه‌های محدوده‌های مورد مطالعه، محاسبه شود.،چون،نتایج حاصل از بررسی میزان پیچش پیچان رودها و سینوزیته مسیر جریان، می‌تواند مقایسه میزان انحنای مسیر رودخانه‌ها و در نتیجه اظهار نظر در موردپیچش مسیر آنها را سهل تر سازد. در این مقاله، با استفاده از شاخص سینوزیته (S)، میزان انحنانی مسیر رودخانه‌ها (جدول ۱و ۲ و شکل ۵) محاسبه شده است. با توجه به شاخص محاسبه شده، می توان پیچان دار بودن رودخانه را با توجه به آستانه‌های زیر اثبات کرد:

مستقیم S=1.05 ، سینوسی S=1.05-1.5، پیچان رود S= >1.5

در رودخانه شور از ۲۱ قطعه مورد محاسبه، در۱۰ قطعه از مسیر جریان، رودخانه حالت سینوسی و۱۱ قطعه شرایط پیچان رود مشاهده می شود.

بررسی‌ها و محاسبات صورت گرفته (شکل۵ )نشان می دهد که در مسیر رودخانه شور،پیچ و خم‌های عمده ای تشکیل شده که بزرگترین قوس‌های تشکیل شده نیزدر بخش میانی حوضه (از قطعه ۹ تا ۱۵ ) مشاهده می‌شود. با انطباق این محدوده‌ها با تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان گفت که محدوده‌های مذکور،در واقع محدوده‌های حضور طاقدیس‌ها و حضور گنبدهای نمکی است. به عبارت دیگر، قوس‌های بزرگ درمحدوده‌هایی تشکیل شده‌اند که نشانه‌هایی از بالاآمدگی‌های تکتونیکی در آنها مشاهده می شود. به طورکلی، می‌توان گفت که در مسیر رودخانه شور، میزان پیچش رودخانه از بخش خروجی به تدریج افزایش و در بخش میانی به اوج می رسد، اما در نزدیکی سد ملاجیغ کاهش می‌یابد.

16 -Hooke

**جدول(۱) میزان سینوزیته در قطعه شماره ۱ شورچای(در این جدول، م به معنی پیچان وس به معنی سینوسی است)**

| شماره قطعه | T | L | S | نوع مسیر |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۴ | ۱۴.۵ | ۱.۶ | م |
| ۲ | ۲۶.۵ | ۱۴.۵ | ۱.۸ | م |
| ۳ | ۱۸.۵ | ۱۳.۲ | ۱.۴ | س |
| ۴ | ۲۱ | ۱۴ | ۱.۵ | م |
| ۵ | ۲۴ | ۱۴ | ۱.۷ | م |
| ۶ | ۱۴.۶ | ۱۳.۲ | ۱.۱ | س |
| ۷ | ۲۰ | ۱۴.۳ | ۱.۳۹ | س |
| ۸ | ۱۶.۵ | ۱۳.۲ | ۱.۲۵ | س |
| ۹ | ۲۲ | ۱۷.۵ | ۱.۲۵ | س |
| ۱۰ | ۴۸ | ۱۶.۷ | ۲.۸۷ | م |
| ۱۱ | ۴۰.۵ | ۱۹.۲ | ۲.۱ | م |
| ۱۲ | ۴۰.۵ | ۱۷ | ۲.۳۸ | م |
| ۱۳ | ۲۳.۲ | ۱۱.۲ | ۲.۰۷ | م |
| ۱۴ | ۲۶.۵ | ۱۴.۸ | ۱.۷۹ | س |
| ۱۵ | ۳۸.۵ | ۱۷.۵ | ۲.۲ | م |
| ۱۶ | ۱۷ | ۱۰.۸ | ۱.۵۷ | م |
| ۱۷ | ۱۷.۷ | ۱۴ | ۱.۲۶ | س |
| ۱۸ | ۱۷.۲ | ۱۳.۷ | ۱.۲۵ | س |
| ۱۹ | ۲۱.۲ | ۱۳.۷ | ۱.۵۷ | م |
| ۲۰ | ۱۳.۵ | ۱۰.۵ | ۱.۲۸ | س |
| ۲۱ | ۱۶ | ۱۳.۵ | ۱.۱۸ | س |

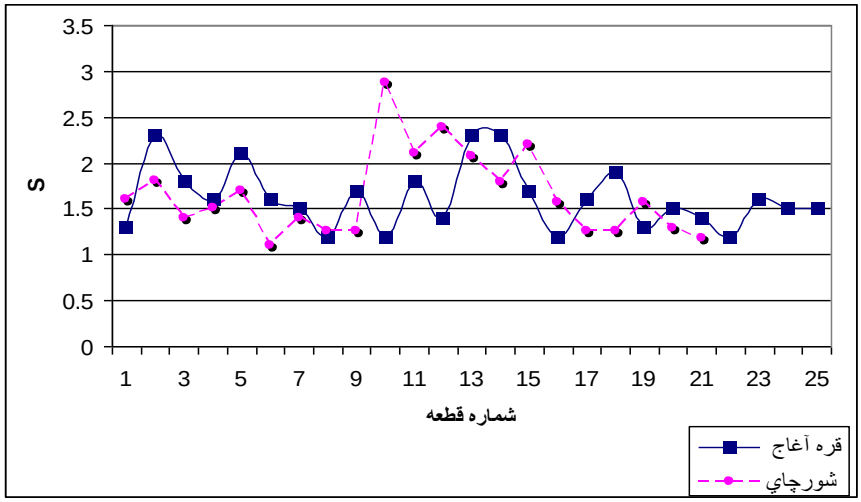
پیچان رودهای قره آغاج از نظر آرایش و بزرگی در مقایسه با پیچان رودهای شور بسیار متفاوت به نظر می‌رسند. بررسی انحنای این رودخانه (قره آغاج)با شاخص s نشان می‌دهد

(جدول۲ )که از ۲۴ قطعه مورد بررسی، ۸ قطعه از نوع سینوسی و۱۷ قطعه از نوع پیچانی است. بررسی شکل (۵ )نشان می‌دهد که سینوس قره آغاج در بخش خروجی رودخانه و انتهای مسیر بیشتر از رودخانه شوراست، اما تغییرات میزان سینوس در مسیراین رودخانه، نسبت به شور کمتر است. مقایسه میزان سینوزیته شورچای وقره آغاج، همچنین نشان می‌دهد (شکل۵ )که تغییرات و بزرگی در میزان پیچش‌های رودخانه شور به مراتب بیشتر از قره آغاج است. علت این تغییرات به فعال بودن تکتونیک در منطقه و ایجاد بندهای متعدد در مسیر رودخانه‌ها بر می‌گردد. در مسیر رودخانه شور، بویژه در بخش میانی، حضور گنبدهای نمکی حاکی از بالا آمدگی‌های تکتونیکی است و این دوعامل باعث شده است که در بخش‌هایی که موارد مذکور وجود دارد، تغییر رفتار رودخانه بیشتر دیده شود.

**جدول(۲) میزان سینوزیته رودخانه قره آغاج (در این جدول، م به معنی پیچان مشخص وس به معنی حالت سینوسی است)**

| نوع مسیر | S | L | T | شماره قطعه |
|---|---|---|---|---|
| س | ۱.۳ | ۱۹.۴ | ۲۵ | ۱ |
| م | ۲.۳ | ۱۸.۵ | ۴۲.۵ | ۲ |
| م | ۱.۸ | ۱۷ | ۳۰.۵ | ۳ |
| م | ۱.۶ | ۱۶.۵ | ۲۷.۵ | ۴ |
| م | ۲.۱ | ۱۴ | ۲۹.۹ | ۵ |
| م | ۱.۶ | ۱۸ | ۲۹ | ۶ |
| م | ۱.۵ | ۱۶.۵ | ۲۴.۲ | ۷ |
| س | ۱.۲ | ۱۶.۴ | ۱۹.۱ | ۸ |
| م | ۱.۷ | ۱۸.۵ | ۳۲ | ۹ |
| س | ۱.۲ | ۱۴ | ۱۶.۵ | ۱۰ |
| م | ۱.۸ | ۱۵ | ۲۷.۷ | ۱۱ |
| س | ۱.۴ | ۱۴.۵ | ۱۹ | ۱۲ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 | ۲۸.۵ | ۳۴ | 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 |




**شکل( ۵) مقایسه سینوزیته رودخانه‌های قره آغاج وشور**

**ب- شعاع قوس پیچان رودهای شور و قره آغاج**

اندازه شعاع‌های هر قوس پیچان رود شاخص مناسبی از بزرگی انحنای پیچان رود و در عین حال، نشان دهنده پتانسیل گسترش پهنای بستر سیلابی و استعداد دیواره‌های دشت‌های سیلابی برای فرسایش بیشتر است(گرکو وهمکاران[17]، ۲۰۰۷: ۳۵۷). در ابتدای تشکیل، قوس شعاع بسیار کوچک بوده و درصورت وجود عوامل تقویت کننده، شعاع قوس‌ها می‌تواند افزایش یابد و این بزرگ شدگی تا رسیدن به حد ویژه ای ادامه یابد و بعد از رسیدن به حد مذکور،دوباره به تدریج کوچک ودر نهایت به یک بستر مستقیم تبدیل شود.

با توجه به مواردی که ذکرشد،شعاع قوس‌هایی ایجاد شده در طول رودخانه‌های شور،قره آغاج بررسی (شکل ۶ )شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که:

اندازه شعاع قوس‌های ایجاد شده در مسیر جریان رودخانه شور بسیار متفاوت است. این تفاوت به معنی تغییرات در قدرت رودخانه در سایش کناری، در ایجاد چالاب‌ها و پشته‌های میانی بستر رودخانه و حتی تفاوت در میزان جابه جایی مسیر جریان است(گودی[18]، ۲۰۰۶: ۳۸۵)،. در طول این رودخانه، شعاع قوس‌های ایجاد شده در بسترهای بزرگ، بسیار زیاد است، اما با کوچک شدن بستر، که قوس‌ها نتوانسته اند بزرگ شوند، شعاع آنها زیاد نیست. در طول این رودخانه، از قطعه ۱ تا ۸ در بخش میانی حوضه، ازمیزان شعاع قوس‌ها کاسته می‌شود.

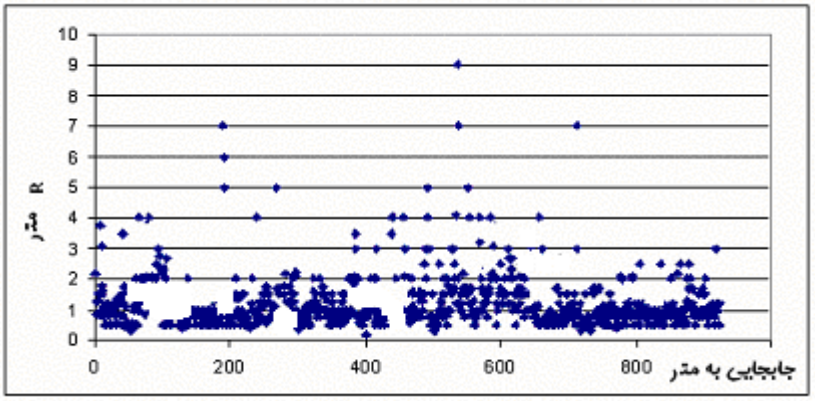
با توجه به شکل ۶، مربوط به اندازه شعاع قوس‌های پیچان‌های ایجاد شده در مسیر جریان رودخانه‌های قره آغاج و رودخانه شور، می‌توان گفت که تغییرات در اندازه قوس پیچان رودها در محدوده مورد مطالعه قابل ملاحظه است. این امر حاکی از پتانسیل بالای جابه جایی پیچان رودها ودر نتیجه فرسایش کناری دربستر جریان رودخانه‌هاست. شکل (۶)، علاوه بر این، حاکی از وجود تفاوت قابل ملاحظه در اندازه قوس پیچان رودهاست. همچنین، نشان دهنده بی نظمی‌های ایجاد شده در مسیر پیچان روده‌های شور،قره آغاج است. شایان ذکر

17 -Greco et al.,
18 -Goudie

است که این نتیجه گیری براساس اندازه گیری قوس خمیدگی‌های پیچان رودها و جابه جایی مسیر جریان آنها از روی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است (شکل‌های ۲و۷).

**ت-جابه جایی مسیر پیچان رودهای شور وقره آغاج**

بررسی‌ها و محاسباتی که در ۲۱ قطعه ازمسیر رودخانه شور صورت گرفته است، نشان می‌دهد (شکل ۸) که طبق آستانه‌های ارائه شده(2.4<R/W>3.3)، پتانسیل جابه جایی در قطعه ۶ بیشتراست، اما اندازه گیری‌ها بر روی تصاویرماهواره‌ای تهیه شده، حاکی از این است که جابه جایی‌ها در قطعه‌های ۱۵ و۹ و۱۹؛ یعنی بخش‌های میانی ازمسیر رودخانه شوربیشتر ازسایر قطعات ازمسیرهای این رودخانه است[۱۹]. میزان جابه جایی اندازه گیری شده نیز، معرف این نقطه است که، با گسترش عرض دشت‌های سیلابی و فرسایش پذیر بودن دیواره دشت‌های سیلابی، شانس جابجایی پیچان رودها بیشتراست.

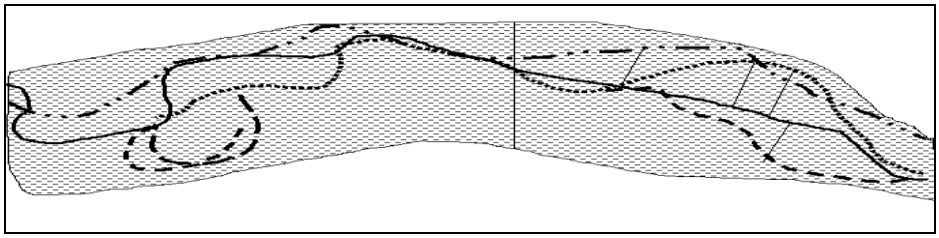



**شکل(۶ ) میزان شعاع پیچان‌ها در مسیرهای رودخانه شور و قره آغاج**

بررسی شکل ۸ نشان می دهد که شعاع قوس‌های ایجاد شده در مسیر پیچان رودهای شور بزرگتراز قره آغاج است (شکل ۸، الف ).شعاع قوس‌های رودخانه شور به تدریج از سرآب

۱۹ -به علت حجیم نشدن مقاله ومحدود بودن تعداد صفحات آن طبق فرمت نشریه، از آوردن این تصاویر خوداری شده است

رودخانه به سمت بخش‌های میانی، کاهش می‌یابد، این در حالی است که بی نظمی در میزان شعاع قوس‌های قره آغاج از ابتدا تا انتهای رودخانه بیشتر می‌شود.

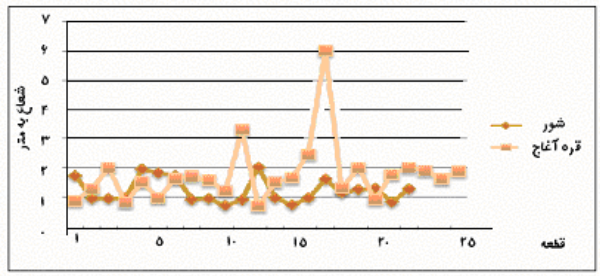


شکل(۷) جابه جایی و نحوه اندازه گیری جابه جایی‌ها در مسیر رودخانه‌های مورد مطالعه

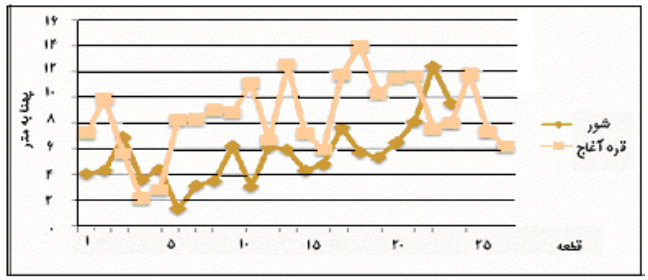
پهنای کانال در مسیرجریان رودخانه شور، از ابتدا تا انتهای آن، تغییرات کمی را متحمل شده است. این درحالی است که این تغییرات در مسیر رودخانه قره آغاج بیشتر است (شکل ۸، ب).همچنین، تغییرات در نسبت شعاع به پهنا در مسیر رودخانه شور، در مقایسه با رودخانه قره آغاج بیشتر است (شکل ۸، ت).اندازه گیری جابه جایی‌های مسیر رودخانه شور وقره آغاج نیز حاکی از این است که جابه جایی در بخش‌های سراب دو رودخانه به مراتب بیشتر از پایاب‌ها آنها است (شکل ۸، پ).

ترسیم جابه جایی مسیرهای قدیم وجدید (R1,…Rn )نشان می‌دهد (شکل۸) که در برخی از بخش‌های مسیر، روند منظم تری درجابه جایی‌ها مشاهده می‌شود.به عبارت دیگر، در مسیرجابه جایی قوس‌های پیچان رودها به طرف دیواره‌ها و یا به طرف محور مرکزی بستررودخانه، روند یکسانی مشاهده می‌شود (مانند نظمی که در جابه جایی مسیرهای رودخانه شور درقطعه‌های ۸،۶، ۷، ۱۱، ۱۲، ۱۴ و۱۶؛ یعنی در بخش‌های خروجی رودخانه دیده می‌شود). میزان جابه جایی‌ها در مسیر قره آغاج، طبق آستانه‌های ارائه شده متغیر است.با توجه به مقادیر محاسبه شده نسبت شعاع به پهنا ( R/W) وانطباق آنها با مقادیر آستانه، می توان گفت که پتانسیل میزان جابه جایی در مسیر قره آغاج نسبتا پایین است.

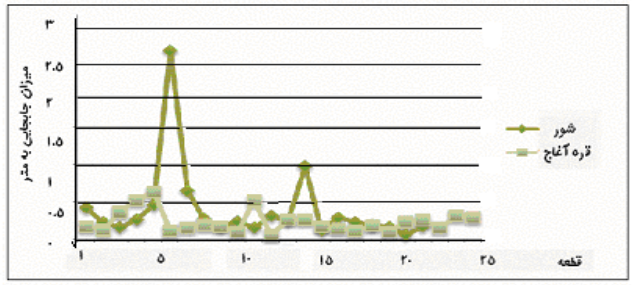
مقادیرمربوط به اندازه گیرهای میزان جابه جایی‌های مسیر جریان در طی زمان‌های مختلف نیز حاکی از این است که میزان جابه جایی در مسیر قره آغاج نسبت به رودخانه شور کم است. درمسیر رودخانه مذکور نیز، بین جابه جایی و نسبت پهنا به شعاع تقریبا رابطه ای مشاهده نمی‌شود. در مسیر این رودخانه در روند جابه جایی‌ها نظمی حاکم نیست وفقط در قطعات ۵،۷،۱۷، ۱۹ و ۲۰ می‌توان دنباله رو مسیر جدید از مسیر قبلی را مشاهده نمود. طبق آستانه ارائه شده و مقادیر درج شده در جداول۴و۵ می توان گفت که مقادیر محاسبه شده درخارج از آستانه قرارگرفته‌اند.



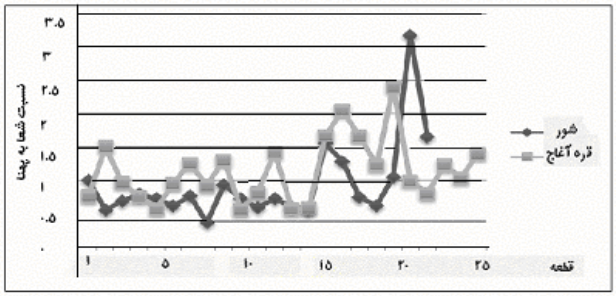

الف




ب

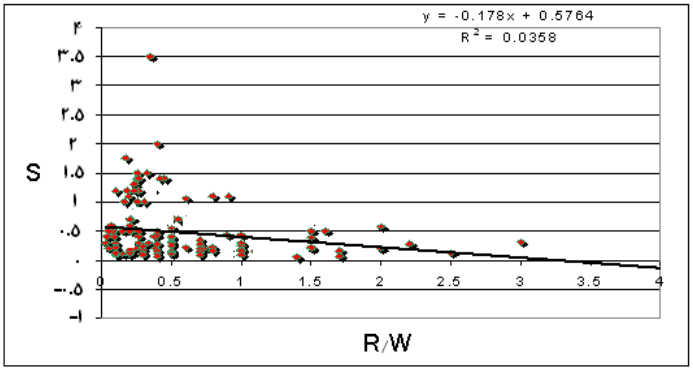



پ




ت

**شکل(۸ ) تغییرات در پارامترهای مورد اندازگیری ومیزان جابه جایی در رودخانه‌های شور و قره آغاج. در این شکل: الف )پارامتر شعاع؛ ب)پارامتر پهنا ؛ پ)میزان جابه جایی؛ ت) نسبت شعاع به شعاع**




**شکل (۹) رابطه نسبت شعاع به پهنا، با میزان جابه جایی در مسیر جریان درقطعه‌های مختلف بستر رودخانه‌های شور وقره آغاج**

با توجه به شکل‌های ۹ و۸، می توان نتیجه گرفت که میزان جابه جایی در مسیرهای مختلف رودخانه شور، قره آغاج بسیار متفاوت است. در برخی از مسیرها، مانند مسیررودخانه شور این جابه جایی‌ها زیاد ودر سایر مسیرها نسبتا کم است. با توجه به اینکه حداکثر جابه جایی‌ها با حداکثر فرسایش کناری توام است، می توان گفت که فرسایش کناری در مسیر رودخانه شور به بیشتر ازمسیر پیچان رود قره آغاج بیشتر است.

**پ- برآورد زمان لازم برای جابه جایی جریان از کمربند پیچان رود**

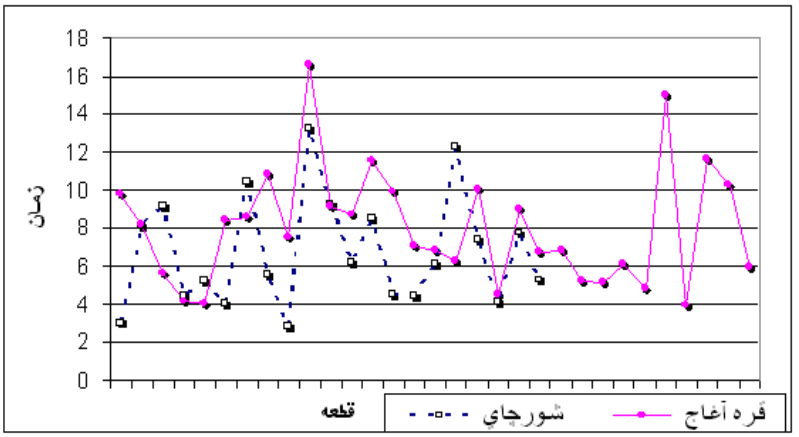
در این مطالعه، برای برآورد زمان لازم برای جابه جایی کانال رودخانه در هر مسیری که پیچان رود تشکیل شده بود،مسیر رودخانه به قطعات مختلف تقسیم گردید و با توجه به مسیر وشواهد جابه جایی‌های قبلی، از میزان جابه جایی‌هایی صورت گرفته در گذشته وهمچنین، از میزان کمربند پهنای کانال در هرقطعه، اندازه گیری‌ها صورت گرفت و از اعدا د حاصل از اندازه گیری‌ها متوسط گیری شد و براساس این متوسط ها، زمان لازم برای جابه جایی در هر قطعه مورد نظر برای هر رودخانه ویژه، محاسبات انجام گرفت (جدول ۳ ).نتایج حاصل که در جدول ۳ درج ودر شکل ۴ نشان داده شده است، نشان می‌دهد که زمان لازم برای جابه جایی کانال در مسیر پیچان رود شور در قسمت‌های مختلف متفاوت است؛ یعنی زمان لازم برای جابه جایی در بعضی ازقسمت‌ها ۲ سال و در قسمت‌های دیگر بیش از ۱۳ سال است. در واقع، با توجه به شکل (۱۰)، می توان گفت که در بخش‌های انتهایی وابتدایی مسیر رودخانه شور، سرعت جابه جایی در کانال جریان بیشتر ازقسمت‌های دیگر مسیر یاد شده است.

**جدول( ۳)مقادیر مربوط به برآورد زمان لازم برای جابجایی کانال در مسیر رودخانه شور**

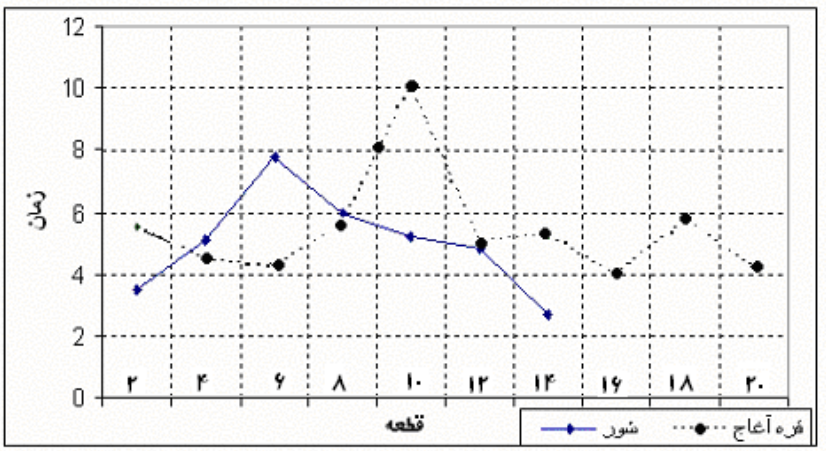
| شماره قطعه | Wcb | V | Δt (متر درسال) |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۳.۹ | ۱.۳ | ۳ |
| ۲ | ۵.۲ | ۰.۶۴ | ۸.۱۲۵ |
| ۳ | ۶.۵۸ | ۰.۷۲ | ۹.۱۲ |
| ۴ | ۳.۵۳ | ۰.۷۹ | ۴.۴۶ |
| ۵ | ۴.۴ | ۰.۸۵ | ۵.۱۷ |
| ۶ | ۱.۸ | ۰.۴۵ | ۴ |
| ۷ | ۴.۸ | ۰.۴۶ | ۱۰.۴۳ |
| ۸ | ۵.۲۷ | ۰.۹۵ | ۵.۵۴ |
| ۹ | ۲.۵۳ | ۰.۹۲ | ۲.۷۵ |
| ۱۰ | ۵.۴۲ | ۰.۴۱ | ۱۳.۲۱ |
| ۱۱ | ۶.۰۸ | ۰.۶۶ | ۹.۲۱۲ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۱۲ | ۴.۰۱ | ۰.۶۵ | ۶.۱۶ |
| ۱۳ | ۴.۷۳ | ۰.۵۶ | ۸.۴۴ |
| ۱۴ | ۷.۷ | ۱.۷ | ۴.۵۲ |
| ۱۵ | ۵.۶۲ | ۱.۲۸ | ۴.۳۹ |
| ۱۶ | ۵.۱ | ۰.۸۴ | ۶.۰۷ |
| ۱۷ | ۶.۶ | ۰.۵۴ | ۱۲.۲ |
| ۱۸ | ۷.۶۸ | ۱.۰۴ | ۷.۳۸ |
| ۱۹ | ۱۲.۱۲ | ۳.۲ | ۴.۰۴ |
| ۲۰ | ۷.۱۸ | ۰.۹۳ | ۷.۷۲ |
| ۲۱ | ۸.۶۶ | ۱.۶۴ | ۵.۲۸ |

شکل (۱۰) و مقادیر مندرج در جداول (۳و۴ )نشان می دهد که تغییر در زمان لازم برای جابه جایی کانال در مسیر پیچان رود قره آغاج به مراتب از پیچان رود شور بیشتر است. مقایسه سرعت جابه جایی در هر دو رودخانه شور وقره آغاج (شکل ۱۰)نشان می دهد که سرعت جابه جایی در مسیر کانال دربخش‌های پیچان دار شور به مراتب از پیچان رود قره آغاج بیشتر است.




**شکل (۱۰) مقایسه زمان لازم (به سال) برای جابه جایی کانال در مسیر رودخانه شور وقره آغاج**




**شکل (۱۱) الف) زمان لازم برای جابه جایی کانال در مسیر قره آغاج وشور**

**جدول (۴) برآورد زمان لازم برای جابه جایی کانال در مسیر رودخانه قره آغاج**

| شماره قطعه | Wcb | V | Δt (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 |

## نتیجه گیری

ایجاد پیچان رودها در نواحی مختلف، مستلزم افزایش قدرت رودخانه در مسیر جریان به علل مختلف است. توسعه پیچان رودها،معمولا طول کانال جریان را افزایش و در عین حال، شیب مسیر جریان را کاهش می‌دهد (هو و همکاران[۲۰]، ۲۰۰۷: ۸۶)).افزایش انحنای قوس‌ها، در واقع به منزله افزایش در طول ودر نتیجه افزایش در تعداد وعمق چالاب‌هاست. افزایش شیب مسیر،یک چرخش دومی از جریان در مسیر رودخانه را پدید می‌آورد و موجب تشکیل پیچان رودهای بعدی در مسیر جریان می شود و این امر نیز، فرسایش کناری و یا جابه جایی پشته‌های میانی در بستر سیلابی را موجب می‌شود (هوک[۲۱]، ۲۰۰۷: ۲۳۷ وگری گوری[۲۲]، ۲۰۰۶: ۱۷۳).

معمولا پیچان رودهای طبیعی به ندرت متقارن هستند. با وجود این، بین پارامترها و مشخصه‌های اصلی پیچان‌ها ارتباطاتی وجود دارد که با توسل به آنها می توان پیچ وخم‌های ایجاد شده در مسیر جریان رودخانه‌ها را تحلیل نمود. پیچان رودهای مسیرهایی که در

20--Hau et al.,
21 -Hooke
22 -Gregory

مسیررودخانه‌های مورد مطالعه تشکیل شده‌اند، از نوع بی نظم بوده، با جابه جایی که در طیف زمانی مختلف انجام می‌دهند، بر اثر تماس قوس بخش انحنای پیچان رود با دیواره دشت‌های سیلابی، باعث گسترش و پهن تر شدن این محوده‌های ژئومورفولوژیک می گردند..

با توجه به بررسی‌های حاصل از این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که رفتار پیچان رودهای قره آغاج وشور به تبعیت از ویژگی‌های مسیر، به طور متفاوت تغییر می‌یابد. در بخش‌هایی از مسیر این تغییر رفتارها بیشتر ودر سایر بخش‌ها کمتر است. میزان جابه جایی‌های در مسیر جریان از نشانه‌های مهم تغییر رفتار رودخانه‌هاست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان جابه جایی در مسیرهای مختلف رودخانه شور، قره آغاج بسیار متفاوت است. در برخی از مسیرها مانند مسیر رودخانه شور، این جابه جایی‌ها زیاد ودر سایر مسیرها کمتر است. با توجه به این که حداکثر جابه جایی‌ها با حداکثر فرسایش کناری نیزتوام است، می‌توان گفت که فرسایش کناری در مسیر رودخانه شور به مراتب از سایر مسیرهای پیچان دار رودخانه‌های جاری در دامنه‌های جنوب شرقی کوهستان سهند بیشتر است.

بررسی زمان جابه جایی نشان می دهد که در گذشته نیز رودهای قره آغاج وشور در پاسخ به تغییرات رخداد در ویژگی‌های حاکم، با تغییر مسیر خود عکس العمل نشان داده وگاه این جابه جایی‌ها کم بوده است و زمانی نیز با جابه جایی‌های عمده نسبت به تغییرات عکسل العمل نشان داده‌اند.

با توجه به تثبیت تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها وتغییرات قابل ملاحظه در پیچ وخم‌های مسیر، می‌توان گفت که این دو رودخانه در آینده نیز تغییراتی در رفتار خود خواهند داشت.به عبارت دیگر، درآینده نیز آرایش جریان رودخانه‌های مذکور به تکرار تغییر خواهد یافت و با هر تغییر، مواد دیواره ای به داخل دشت‌های سیلابی فرو خواهد ریخت و این فروریزی‌ها، تغییرات هیدرولوژیکی وژئومورفولوژیکی بعدی را به همراه خواهند داشت. با عنایت به عدم حفاظت دامنه‌ها توسط پوشش گیاهی و جابه جایی مکرر در مسیر جریان رودخانه‌ها و تماس قوس پیچان رودها با دیواره بسترهای سیلابی، در شرایط کنونی، سالانه حجم زیادی از مواد دامنه‌ای به بستر جریان این رودخانه‌ها وارد می‌شود و با

انجام جابه جایی‌های مکرر در مسیر جریان، پشته‌های میانی که در بیشتر موارد محل استقرار پوشش گیاهی ودرختان است، به تدریج مواد آنها وارد جریان رودخانه شده ودر نهایت پوشش گیاهی از این پشته‌ها برچیده می‌شود. در محدوده مورد مطالعه بیشترجاده‌ها از کناره بسترهای سیلابی عبور داده شده‌اند. با عنایت به عدم ثبات در مسیر جریان و فرسایش کناری، این تاسیسات نیز در معرض خطر هستند و برای حفظ آنها باید دیواره‌هایی که در معرض فرسایش کناری شدید هستند، حفاظت شوند و مواد دیواره‌ای دشت‌های سیلابی به نحوی تثبیت گردند.

**منابع**


۱- بیاتی خطیبی، مریم. (۱۳۸۵ ).« بررسی علل تشکیل وتوسعه پیچان‌ها در دره‌های نواحی کوهستانی»،رشد آموزش جغرافیا. ش ۷۵.

۲- حسین آبادی و محمود شفای بجستان. (۱۳۸۸). «بررسی عمق آبشتگی محتمل در مئاندرهای رودخانه کارون»، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه اهواز.

۳- جابرزاده، مجید، جلال عطاری، محمد رضا مجدزاده ومنصور ابوالقاسمی. (۱۳۸۷).«مطالعات آزمایشگاهی جریانات چرخشی افقی ونقش آن در محل تشکیل نهشته رسوبی قوس»، چهارمین کنگره مهندسی عمران دانشگاه تهران.

۴- رضایی مقدم، محمد حسین وکاظم خوش دل.(۱۳۸۸.).«بررسی پیچ وخم‌های مئاندر اهرچای در محدوده دشت ازومدل ورزقان »،جغرافیا وبرنامه ریزی محیطی. ش ۳۳.

۵- نوحه گر، احمد و مجتبی یمانی. (۱۳۸۴). بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان رود ونقش آن در فرسایش بستر وکناره‌های رودخانه میناب. پژوهش‌های جغرافیایی. ش ۵۱.

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

7- **Abad , Jorge D., Marcelo H. Garcia**(2006).RVR Meander: A toolbox for re-meandering of channelized streams.Computers & Geosciences 32, 92–101.

8- **Baker,V.R.,Kochel,R**.(1988).Flood geomorphology. jphon wiley.

9- **Batteen , Mary L. , Richard A. Kennedy JOTr., Henry A. Miller**.(2007).A process-oriented numerical study of currents, eddies and meanders in the Leeuwin Current System Deep-Sea Research II 54, 859–883.

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- **Borisova , Olga , Aleksey Sidorchuk, Andrey Panin**.(2006).Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland,based on palaeochannel morphology and palynological data,Catena 66, 53 – 73

12- **Bravard, J.-P., N. Landon, J.-L. Peiry , H. Pie´gay**. (1999).Principles of engineering geomorphology for managing channel erosion and bedload transport, examples from French rivers.Geomorphology 31,291–311.

13- **Brooks, Gregory R**.(2003).Holocene lateral channel migration and incision of the Red River,Manitoba, Canada.Geomorphology 54,197–215.
14- **Boucher, Étienne, Dominique Arseneault , Bernard Hétu** (2006).Late Holocene development of a floodplain along a small meandering stream, northern Québec, Canada.Geomorphology 80, 267–281.
15- **Boxalla, J.B., I. Guymerb**.(2007).Longitudinal mixing in meandering channels: New
16- experimental data set and verification of a predictive technique WAT E R RE S E A R C H.
17- **Ga, Gyula´ brisa, Annama´ ria Na´dorb**.(2007).Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the. Quaternary: a review and new synthesis,Quaternary Science Reviews 26, 2758–2782.
18- **Goethals, M.M., S. Niedermann , R. Hetzel , C.R. Fenton**. (2009).Determining the impact of faulting on the rate of erosion in a low-relief landscape: A case study using in situ produced 21Ne on active normal faults in the Bishop Tuff, California. Geomorphology 103, 401–413.
19- **Greco, Steven E. ,Alexander K. Fremier , Eric W. Larsen , Richard E. Plant.**(2007).A tool for tracking floodplain age land surface patterns on a large meandering river with applications for ecological planning and restoration design Landscape and Urban Planning 81 , 354–373
20- **Gregory,K.J**.(2006).The human role in changing river channels.Geomorphology,79.172–191
21- **Goudie, Andrew S**. (2006).Global warming and fluvial geomorphology. Geomorphology 79, 384–394
22- **Goswami, U., J.N. Sarma , A.D. Patgiri**.(1999).River channel changes of the Subansiri in Assam, India.Geomorphology 30,227–244.
23- **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.
24- **Hardy, R.J., P.D. Bates, M.G. Anderson**(2000).Modelling suspended sediment deposition on a fluvial floodplain.using a two-dimensional dynamic finite element model.Journal of Hydrology 229, 202–218.
25- **HauXera, Frank, Axel Voigta**,(2007).Step meandering in epitaxial growth Journal of Crystal Growth 303 ,80–84.
26- **Hooke, J.M**.(2007).Complexity, self-organisation and variation in behaviour in meandering rivers. Geomorphology 91, 236–258.