

## بررسی پتانسیل خطر وقوع سیل در مسیر رودخانه‌های مائندری، با استفاده از شاخص LFH

### مطالعه موردی: رودخانه شور (واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند)

مریم بیاتی خطیبی - دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز\*

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۳۰ تأیید نهایی: ۱۳۸۹/۹/۲۸

#### چکیده

مائندرها از چشم‌اندازهای بسیار زیبا و در عین حال از اشکال خطرناک ژئومورفولوژیکی - هیدرولوژیکی دشت‌های سیلابی مناطق کوهستانی محسوب می‌شوند. عوامل مختلفی در تشکیل و توسعه و جابه‌جایی مسیر کانال‌ها دخالت می‌کنند. یکی از عوامل مهم در تشکیل این پدیده‌ها، وقوع سیلاب‌ها و مازاد انرژی در مسیر جریان رودخانه‌هاست. حضور مائندرها در مسیر رودخانه‌ها در واقع از نشانه‌های مهم خطر وقوع سیلاب‌ها در محدوده تشکیل آنهاست. در مسیر رودخانه شور، جاری در حوضه کوهستانی نیمه‌خشک (واقع در عرض شمالی  $36^{\circ} 05'$  تا  $37^{\circ} 20'$  و طول شرقی  $43^{\circ} 46'$  تا  $47^{\circ} 15'$ ) پیچ و خم‌های زیاد و متوالی تشکیل می‌گردد و متداول‌ترین مائندرها مشاهده می‌شود. در این مقاله، برای بررسی این پدیده‌ها و همچنین با هدف مطالعه پتانسیل خطر وقوع سیلاب‌ها در طول قطعاتی از مسیرهای مائندری، از شاخص LFH استفاده شده است برای رسیدن به هدف از پارامترهای خود مائندرها - از جمله کمربند مائندر، پهنای بستر و مانند اینها - استفاده شده است. نتایج به دست آمده از بررسی‌ها، نشان می‌دهد که مقدار LFH در کل طول مسیر متفاوت است و با متوسط  $0.77$  مقدار آن بالاست. به عبارت دیگر، طبق این شاخص، در طول مسیر رودخانه شور، پتانسیل سیل‌خیزی در طول قطعاتی از مسیرهای پیچ‌وخم‌دار بالاست. بررسی‌ها همچنین حاکی از آن‌اند که جابه‌جایی قوس مائندرها به طرف کناره‌ها باعث شده است که فرسایش کناری در طول مسیر رودخانه شور تشدید گردد و مخاطرات ناشی از آن نیز افزایش یابد.

کلیدواژه‌ها: مائندر، تاثیرات مائندرها، خطر سیل، سیلاب‌ها، رودخانه، رودخانه شور، دامنه‌های شرقی کوهستان سهند.

#### مقدمه

مائندرها از جمله چشم‌اندازهای بسیار زیبا در حوضه‌های زهکشی هستند که در اثر عوامل مختلف تشکیل می‌گردند. حضور این چشم‌اندازها در مسیر رودخانه‌ها از دبی بالا در یک مقطع زمانی خاص حکایت می‌کنند. در واقع حضور آنها پتانسیل بالای رودخانه‌ها را برای وقوع حداکثرها نشان می‌دهند.

این مائندرها از اشکال مهم ژئومورفولوژیکی - هیدرولوژیکی‌اند و به لحاظ جابه‌جایی‌های مکانی که در محدوده دشت‌های سیلابی انجام می‌دهند، موجب تغییر ابعاد مورفولوژیکی بستر جریان رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی می‌گردند. این پدیده‌ها به علت پویایی زیادی که دارند، مسائل و مشکلات عمده‌ای را نیز در محدوده‌های تشکیل به وجود می‌آورند.

با بررسی مشخصه‌های رفتار این پدیده‌ها با توجه به ویژگی‌های محل تشکیل، می‌توان رفتار آنها را پیش‌بینی و تاحدی هم از بروز بسیاری از مشکلات جلوگیری کرد و یا دست کم تدابیری را برای کاهش مشکلات احتمالی اتخاذ کرد (Katibi, 2006, 25).

مئاندرها از دشت‌های سیلابی جدا نیستند و این پدیده‌ها در واقع بیلان رسوبات را در مسیر جریان رودخانه‌ها و با توجه به ویژگی‌های محل تشکیل، و نیز میزان فرسایش را در دشت‌های سیلابی تعیین می‌کنند. ژئومورفولوژیست‌ها اغلب فرض می‌کنند که کانال‌ها در صدد رسیدن به توازن نهایی‌اند. رودخانه‌ها با تغییر الگوی جریان، می‌کوشند عدم تعادلی را که در مسیرشان ایجاد می‌شود، به نحوی از بین ببرند. ایجاد مئاندرها به نوعی تلاش رودخانه‌ها در این زمینه محسوب می‌شود. تغییرات در میزان بار رسوبی، تغییرات در شیب، نوسانات در اقلیم، ایجاد سد و بندها و بسیاری از تغییرات دیگر می‌تواند زمینه را برای تشکیل مئاندرها در مسیر جریان رودخانه‌ها فراهم سازد. تشدید فرسایش در مسیر تشکیل مئاندرها و اصولاً حضور خود مئاندرها در مسیر رودخانه‌ها نشان‌دهنده مازاد انرژی در رودخانه‌هاست که در واقع رودخانه با ایجاد پیچ‌وخم در مسیر خود درصدد صرف این انرژی مازاد برمی‌آید.

مئاندرها به طور معمول با انحناها و قوس‌های متوالی همراه‌اند. شکل عمده آنها گاه شبیه به هم و در مواردی نیز متفاوت‌اند. ویژگی این اشکال با استفاده از عباراتی مانند بزرگی قوس، طول موج، شعاع انحنا و مانند اینها توصیف می‌شود. با توجه به ارتباط این پارامترها با یکدیگر، می‌توان با استفاده از آنها ویژگی‌های مئاندرها را بررسی کرد.

مئاندرها، که از شاخصه‌های مهم تغییرات محیطی و از نشانه‌های بارز وقوع تحول در بستر جریان آب‌ها به شمار می‌آیند، عامل بروز تغییرات حیاتی در بستر جریان رودخانه‌ها و در عین حال مهم‌ترین عامل تغییردهنده دشت‌های سیلابی و همچنین علت اصلی افزایش میزان رسوبات وارد شده به رودخانه‌ها محسوب می‌شوند (Dai et al., 2008, 38). با علم به اینکه نوع آرایش در مسیر جریان رودها به ویژه وقوع مئاندرها در اغلب موارد تصادفی نیست بلکه حاکی از دخالت عوامل گوناگون خارجی در نحوه جریان رودها و تغییر در ویژگی‌های درونی آب‌های جاری هستند، می‌توان با مطالعه نحوه آرایش مسیر رودها و شناخت عوامل دخیل در تغییر مسیر جریان آنها به پویایی یا دینامیسم حاکم بر جریان رودها در طیف زمانی مورد مطالعه و همچنین به نحوه و روند وقوع تغییرات در شرایط فعلی در دشت‌های سیلابی و چگونگی حاکمیت شرایط احتمالی رخ‌دادنی در آینده پی‌برد. همچنین با استناد به میراث‌های موجود که از جابه‌جایی‌های مسیر جریان رودها در گذشته حکایت می‌کنند، می‌توان در مورد نحوه تغییر و تحولات اقلیمی و نیز در مورد ویژگی‌های فرایندها و دینامیسم حاکم بر رودخانه‌ها (از نظر فرسایش و یا بر جای گذاشتن مواد) در گذشته اظهار نظر کرد.

با توجه به مسائل و مشکلاتی که این چشم‌اندازهای رودخانه‌ای در مسیر تشکیل پدید می‌آورند، محققان مختلف تحقیقاتی را برای گشودن راز تشکیل و تأثیراتی که توسعه آنها می‌تواند پدید آورد، انجام داده‌اند (Abad et al., 2006, Deak et al., 2006, Ruter et al., 2007, Verhaar et al., 2008, Malik et al., 2007, Amslera, 2005). نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که با توجه به ویژگی‌های محلی، عوامل مختلفی در تشکیل و توسعه آنها دخیل هستند و همچنین با توجه به ویژگی‌های محلی و نوع سازندهای سطحی و تأسیسات کناری، نوع خسارات و ابعاد آن نیز متفاوت است.

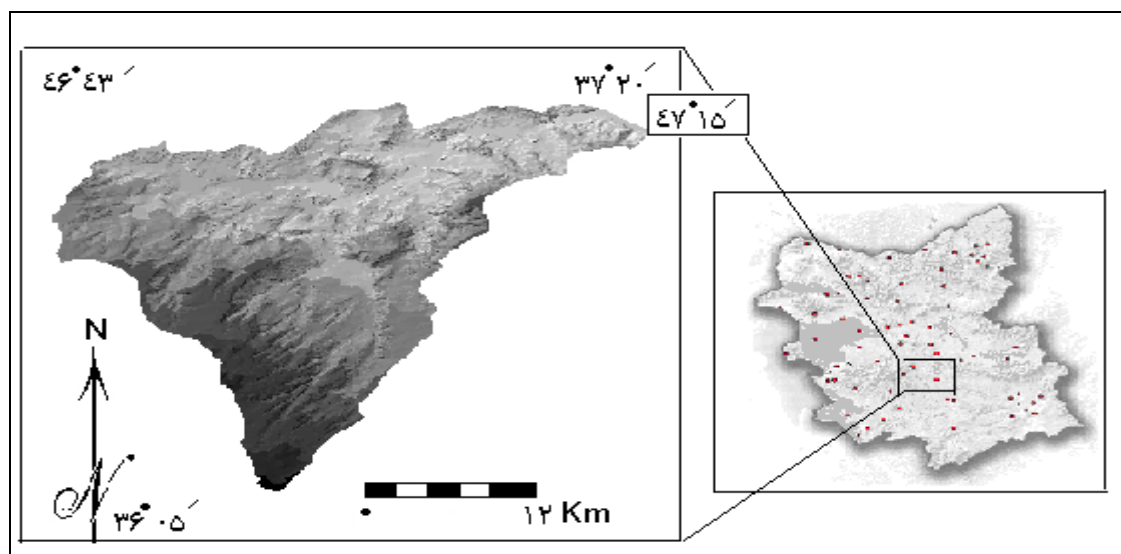
در این مقاله سعی شده است خطر وقوع سیل در مسیر پیچان رودخانه شور با توجه به ویژگی‌های خود حوضه و با استناد به پارامترهای مربوط به مئاندر بررسی گردد.

### موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی حوضه‌های زهکشی رودخانه شور

حوضه رودخانه شور یکی از چندین زیرحوضه بزرگ قرنقوچای محسوب می‌شود که در بخش جنوب غربی حوضه قرنقو قرار گرفته است (شکل ۱). این حوضه به وسعت  $508/19$  کیلومترمربع در عرض شمالی  $36^{\circ} 05'$  تا  $37^{\circ} 20'$  و طول شرقی  $43^{\circ} 43'$  تا  $47^{\circ} 15'$  گسترده شده است.

مرتفع‌ترین نقطه حوضه رودخانه شور به ارتفاع  $2590$  متر کوه مصلی در جنوبی‌ترین بخش حوضه و نقطه‌ای به ارتفاع  $1520$  متر، به عنوان پست‌ترین نقطه، در بخش خروجی رودخانه شور قرار گرفته است (محل اتصال شورچای به رودخانه قرنقوچای). ارتفاعات کوه سنگر (به ارتفاع  $2130$  متر)، کوه ممی‌چه‌گوری (به ارتفاع  $2037$  متر) و ارتفاعات متعدد دیگر مانند کوه ساری قیه، قطور، چارچی، حسن چمن، اسماعیل و جز اینها از جمله ارتفاعات پراکنده در بخش جنوبی حوضه رودخانه شور هستند. در بخش شرقی و نیز در شمال غربی حوضه ارتفاعات شیب زیادی دارند و این ارتفاعات با شیب زیاد به دشت منتهی می‌شوند، و چنین آرایشی در ارتفاعات حوضه، از تفاوت در جنس سنگ‌ها حکایت می‌کند. در بخش‌های نزدیک به قسمت خروجی حوضه، تپه‌ماهورهای زیادی ملاحظه می‌شود که اغلب این تپه‌ماهورها، گندهای نمکی هستند که در اثر فرسایش از ارتفاعات اطراف خود به صورت مجزا ظاهر شده‌اند.

خاکسترهای آتشفشانی همراه با سنگ‌های پیروکلاستیک، کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها همچنین آبرفت‌های قدیمی، مارن‌ها و ژئیس‌ها از جمله سنگ‌ها و سازندهای پوشش‌دهنده پهنه حوضه رودخانه شور هستند که حضور مارن‌ها همراه با ژئیس‌ها، علت اصلی شوری رودخانه شور و شاخاب‌های آن و تشکیل قشرهای نمکی در بخش‌های شرقی حوضه رودخانه شور است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه رودخانه شور

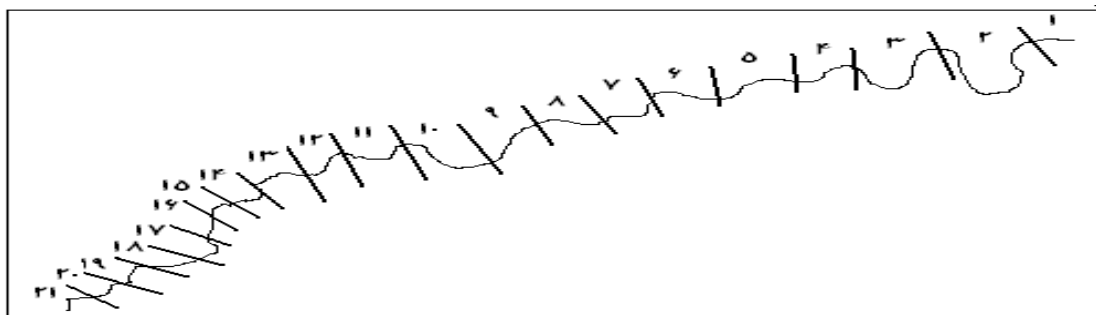
شاخاب‌های متعددی از اطراف به رودخانه شور متصل می‌شوند. در مسیر این رودخانه دائمی سدها و بندهای متعددی احداث شده‌اند. سد ملاجیغ به عنوان بزرگ‌ترین سد، منبع ذخیره مهم آب برای روستاهای اطراف محسوب می‌شود. این رودخانه در مسیر جریان خود پیچش‌های بسیار مشخصی را ایجاد کرده است که مئاندرهای آن از معمول‌ترین مئاندرها در بین رودخانه‌های آذربایجان محسوب می‌شوند (شکل ۲). مئاندرهایی که در مسیر رودخانه شور تشکیل یافته‌اند، اغلب از نوع بی‌نظم هستند و جابه‌جایی آنها در مسیر جریان نیز متفاوت است (شکل ۲).



شکل ۲. پیچش‌های ایجاد شده در مسیر رودخانه شور (شکل سمت راست) و تصویر ماهواره از مئاندر رودخانه شور (شکل سمت چپ)

## مواد و روش‌ها

برای بررسی خطر سیل‌خیزی رودخانه شور در مسیرهای پیچ‌وخم‌دار مسیر طول رودخانه به قطعات مختلفی تقسیم شده (شکل ۳) و تعیین میزان سینوزیته و محاسبات مربوط به پتانسیل سیل‌خیزی مسیر در طول این قطعات صورت گرفته است.



شکل ۳. تقسیم مسیر رودخانه شور به ۲۱ قطعه مختلف

### الف) محاسبه میزان سینوزیته در مسیر جریان رودخانه شور

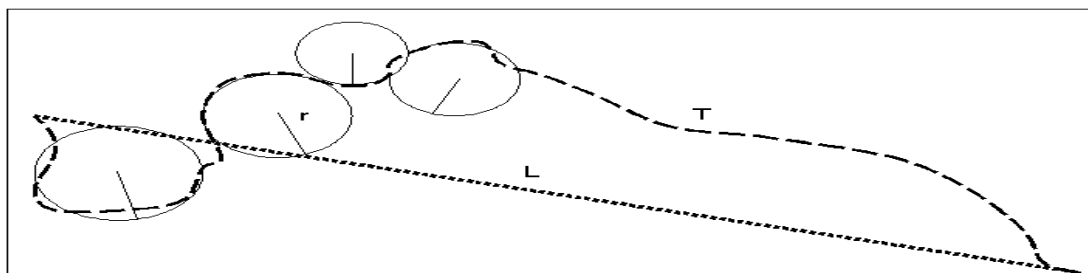
میزان سینوزیته رودخانه شور در طول قطعات مختلف با توجه به شکل ۴ و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شده است.

$$S=T/L$$

رابطه (۱)

در رابطه (۱):

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



شکل ۴. نحوه اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به محاسبه سینوزیته مائندری رودخانه شور (قطعه شماره ۱ از مسیر رودخانه شور)

### ب) بررسی پتانسیل وقوع سیل با استفاده از شاخص‌های مورفومتری

به لحاظ کمبود اطلاعات و آمار در مورد دبی، معمولاً در مطالعات ژئومورفولوژیکی می‌توان با تکیه به نتایج حاصل از به‌کارگیری برخی از شاخص‌ها و ضرایب، در مورد سیل‌خیزی بخش‌های مختلف حوضه‌های بزرگ اظهار نظر کرد. در این تحقیق نیز از شاخص‌های مختلف استفاده شده است، که عبارت‌اند از:

- ناهمواری حوضه<sup>۱</sup> (Bh) - تراکم زهکشی<sup>۲</sup> (Dd)، - ضریب ناهمواری<sup>۳</sup> (Rn)، - ضریب ثابت نگهداری کانال<sup>۴</sup> (C)،  
- فرکانس آبراهه<sup>۵</sup> (Fu)، - نسبت بافت<sup>۶</sup> (T)، - عامل شکل<sup>۷</sup> (Rf)، - ضریب کشیدگی<sup>۸</sup> (Re)، - ضریب گردواری (Re)،  
- ضریب تراکم (Kc).

### ج) محاسبه پتانسیل سیل‌خیزی مسیرهای مائندری

در این مقاله، شاخص‌های مهمی که برای محاسبه پتانسیل سیل‌خیزی مسیرهای مائندری ارائه شده‌اند به کار رفته‌اند. با توجه به اینکه در طول رودخانه‌های مائندری، اندازه مسیر سیلاب‌ها را پهنای کمربند مائندری و پهنای بستر فعال سیلابی کنترل می‌کند، در این مقاله سعی شده است از پارامترهای مذکور برای بررسی خطر سیلاب‌ها در مسیر رودخانه مائندری استفاده شود. ویلیامز<sup>۹</sup> (۱۹۸۶) فرمولی را برای محاسبه پهنای کمربند پیمان (B) با استفاده از پهنای کانال (W) برای مسیرهایی که شیب آنها کمتر از ۲ بوده، ارائه کرده است. این فرمول را می‌توان به صورت رابطه (۲) نمایش داد (Loczy et al., 2009, 101):

$$B = 3.7W^{1.12} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقطع عرضی دشت‌های سیلابی پارامتر قابل اعتماد برای تعیین محدوده عبور موج سیلاب‌هاست؛ یعنی محدوده‌هایی که آخرین پشته‌های رسوبی ناشی از عبور سیلاب در مسیر رودخانه‌های مائندری باقی مانده‌اند (d) و از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای نیز مشخص‌اند، ملاک مناسب برای تعیین مسیر عبور سیلاب‌ها از قوس‌های مائندری به شمار می‌آیند. بنابراین می‌توان مسیر تقریبی فروکش سیلاب‌ها (RF)<sup>۱۰</sup> را با استفاده از فواصل پشته‌های باقی‌مانده در

1. Basin Relief
2. Drainage density
3. Ruggedness Number
4. Constant of channel maintenance
5. Stream frequency
6. Texture ratio
7. Form factor
8. Elongation ratio
9. Williams
10. Floodway Reduction

بخش دیگر قوس مئاندر و پهناى کانال، با استفاده از رابطه (۳) تعیین کرد:

$$FR=d/B \quad \text{رابطه (۳)}$$

با استفاده از بزرگی واقعی<sup>۱</sup> قوس‌های مئاندرها (Aact) و بزرگ‌ترین مئاندر ممکن در مسیر رودخانه<sup>۲</sup> (Amax)، می‌توان مرحله تنظیم کانال (CA) را با استفاده از رابطه (۴) محاسبه کرد:

$$CA=Aact/Amax \quad \text{رابطه (۴)}$$

با توجه به اینکه محاسبه و اندازه‌گیری Amax بسیار دشوار است، می‌توان به جای آن از d در رابطه (۵) استفاده کرد:

$$CA=Aact/d \quad \text{رابطه (۵)}$$

بیان بین FR و CA، که شاخص مهم برای محاسبه خطر وقوع سیلاب<sup>۳</sup> (LFH) در مسیر رودخانه‌های مئاندري است با استفاده از رابطه (۶) بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$LFH=1-(FR/CA)=1-d/B)/(Aact/d)=1-(d^2/B Aact) \quad \text{رابطه (۶)}$$

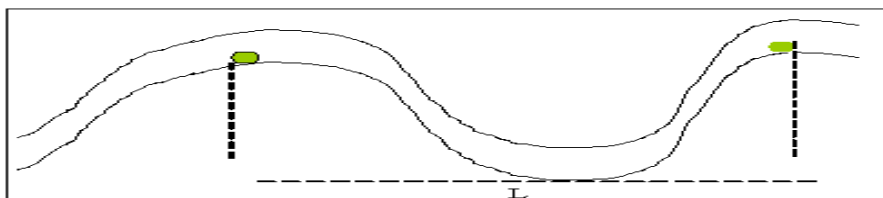
#### د) محاسبه دبی میانگین با استفاده از طول مئاندر

برای بررسی دبی میانگین از ویژگی‌های خود مئاندرها نیز استفاده می‌شود. برای برآورد دبی، طول مئاندر از روی تصاویر ماهواره‌ای اندازه‌گیری شده است (شکل ۵) و با استفاده از رابطه (۷) میانگین دبی رودخانه محاسبه گردیده است.

$$Q_{mean} = 0.0009(L/2)^{1.8} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه:

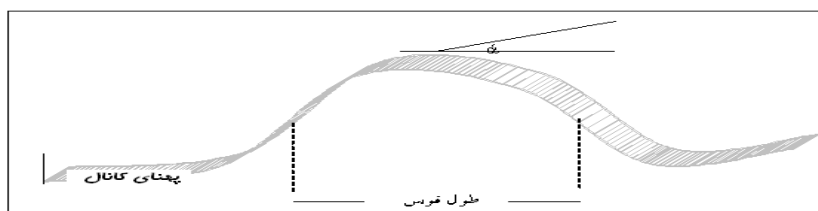
$$Q_{mean} = \text{دبی میانگین، } L = \text{طول پیچان}$$



شکل ۵. نحوه اندازه‌گیری L

#### ه) بررسی رابطه قوس انحناى مئاندر و زاویه قوس و پهناى کانال

از روی عکس‌های ماهواره‌ای طول قوس مئاندر و زاویه قوس مئاندر (r1)، پهناى کانال (W) اندازه‌گیری شده (شکل ۶) و مقادیر آن در طول ۲۱ قطعه از مسیر رودخانه شور مرتبط شده است.



شکل ۶. پارامترهای اندازه‌گیری شده در قوس پیچان

1. Actual meander Amplitude (Aact)
2. The possible largest meander (Amax)
3. Local flood hazard (LFH)

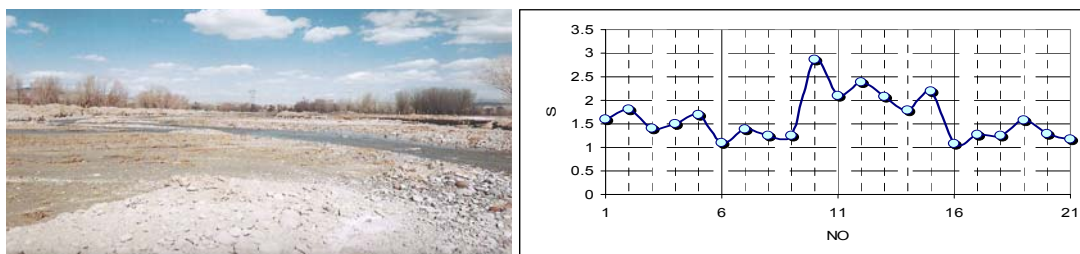
در نهایت با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده و ضرایب به دست آمده در مورد حداکثرهای دبی در مسیر رودخانه شور و تأثیرات این حداکثرها بر مسیر نتیجه‌گیری‌ها صورت گرفته است.

## یافته‌های تحقیق

برای بررسی ویژگی‌های ماندرها ضرایب شاخص‌ها و روابطی ارائه شده‌اند که می‌توان با به‌کارگیری آنها به نتایج مهمی در مورد این پدیده‌های هیدرولوژیکی - ژئومورفولوژیکی دست یافت. در این مقاله سعی شده است که به ایجاب عنوان انتخابی برای مقاله، پدیده‌های مذکور از جنبه‌های هیدرولوژیکی - ژئومورفولوژیکی مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

### الف) میزان سینوزیته رودخانه شور

شاخص سینوزیته در واقع حاکی از شدت پیچش‌ها در مسیر جریان رودخانه‌هاست و در عین حال حکایت از تأثیر عوامل مختلف در تغییر قوس‌های انحنای ایجاد شده در مسیر آنها دارد. بررسی‌ها و محاسبات (شکل ۷ و جدول ۱) نشان می‌دهند که در مسیر رودخانه شور ماندراهای عمده‌ای تشکیل شده‌اند که بیشترین قوس‌های تشکیل شده هم در بخش میانی حوضه (از قطعه ۹ تا ۱۵) مشاهده می‌شود (شکل ۷). با توجه به محاسبات صورت گرفته، می‌توان گفت که میزان سینوزیته رودخانه شور در مسیرهای مختلف، با توجه به قطعات مورد مطالعه متفاوت است. روند افزایش میزان سینوزیته در مسیر رودخانه شور نشان می‌دهد که میزان پیچش‌ها در بخش‌های میانی مسیر به میزان زیادی بالاست. در رودخانه شور، از ۲۱ قطعه محاسبه شده، در ۱۰ قطعه از مسیر جریان رودخانه حالت سینوسی و ۱۱ قطعه شرایط ماندری مشاهده می‌شود (جدول ۱ و شکل ۷). با انطباق این محدوده‌ها با تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان گفت که محدوده‌های مذکور در واقع محدوده‌های حضور تاقدیس‌ها و حضور گنبدهای نمکی است. به طور کلی می‌توان گفت که میزان پیچش رودخانه از بخش خروجی به تدریج افزایش می‌یابد و در بخش میانی به اوج می‌رسد اما در نزدیکی سد ملاجیغ کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۷. میزان سینوزیته رودخانه شور جای از محل سد ملاجیغ (قطعه شماره ۲۱) تا محل اتصال آن به رودخانه قرنقو (قطعه شماره ۱). شکل سمت راست. تصویری از یک مسیر ماندرا با سینوزیته بالا در مسیر رودخانه شور (شکل سمت چپ).

جدول ۱. میزان سینوزیته در قطعه شماره ۱ رودخانه شور (در این جدول، م به معنی مئاندر، و س 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

### ب) بررسی سیلاب‌های حوضه رودخانه شور، با استفاده از داده‌های دبی

سیل از عوامل اصلی ایجاد مئاندرهای عمده در مسیر رودخانه‌هاست. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در حوضه رودخانه شور، سیل هر ساله بخش‌های مختلف این حوضه را تهدید می‌کند. با توجه به رژیم برفی - بارانی رودخانه شور، اغلب سیلاب‌های مهیب در فصل بهار و عمدتاً در ماه‌های اردیبهشت و خرداد رخ می‌دهد. اوج دبی این رودخانه‌ها معمولاً در ماه‌های بهار و به‌ویژه فروردین و اردیبهشت رخ می‌دهد. در این ماه‌ها رواناب‌های ناشی از ذوب برف‌ها و رواناب‌های ناشی از وقوع رگبارهای ناگهانی توأم می‌شوند و سیلاب‌های بزرگی در بستر سیلابی رودخانه به وقوع می‌پیوندند. با توجه به سیل‌خیزی منطقه و مهار آب‌های سطحی، احداث سدها و بندها در مسیر رودخانه‌ها و جهت‌دهی و جمع‌آوری آنها در چاله‌های طبیعی می‌تواند در کاهش خطر سیل و استفاده از آب‌های سطحی بسیار موثر باشد.

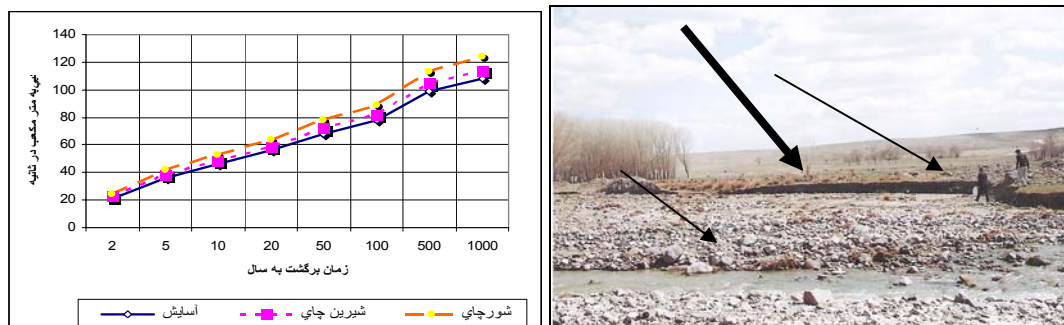
بررسی‌هایی که با استفاده از اطلاعات و آمار سازمان آب منطقه‌ای استان صورت گرفته‌اند، نشان از آن دارند که



بخش‌های مختلف حوضه از نظر میزان خطر وقوع سیلاب‌ها متفاوت‌اند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها که با استفاده از آمار دبی‌های سیلابی صورت گرفته، حاکی از این است که:

محدوده‌ای که رودخانه شور و شاخاب‌های آن جاری‌اند، سیل خیزترین بخش حوضه را تشکیل می‌دهند (شکل ۸). داغ آب‌های کناره آبراهه‌ها و حضور قوس‌های بزرگ در مائندرها تأییدکننده وقوع سیل‌های بزرگ در بخش یاد شده است (شکل ۸).

در شرایط سیلابی، پوشش گیاهی در وسط دشت سیلابی، بخشی از رسوبات را به تله خواهند انداخت که این امر در تنظیم بعدی بستر آبراهه اصلی و انحراف جریان از مسیر اصلی تأثیر خواهد نهاد و نحوه انباشتگی مواد را در بستر تعیین خواهد کرد، بنابراین وقوع سیلاب‌های بعدی اهمیت زیادی دارند. از آنجا که تنظیمات بیشتر و تغییرات مسیر جریان به وسیله سیلاب‌ها - و اغلب هم سیلاب‌های بزرگ - رخ می‌دهد، بررسی زمان برگشت سیلاب‌های بزرگ برای نحوه تنظیمات بستر اهمیت می‌یابد. اگر به دوره‌های برگشت سیلاب‌های بزرگ و سیلاب‌های احتمالی آینده توجه شود، مشخص می‌گردد اوج سیلاب‌هایی که بستر رودخانه شور می‌تواند با آنها در طول سال‌های مختلف مواجه شود، چگونه بر وضعیت تنظیمات رودخانه تأثیر خواهد گذاشت. نخستین تنظیمات احتمالی در سال‌های آغازین با نخستین سیلاب (و با ۱۰۰ مترمکعب) انجام می‌شود و تنظیمات بعدی در سیلاب‌های بعدی صورت خواهند گرفت.



شکل ۸. مسیر عبور سیلاب‌های بزرگ در مسیر رودخانه شور (شکل راست)، و زمان برگشت دبی سیلاب‌ها در مسیر رودخانه شور و شاخاب‌های مختلف آن (شکل چپ)

### ج) بررسی سیل‌خیزی حوضه رودخانه شور، با استفاده از شاخص‌های مختلف مورفومتریک

اعداد حاصل از به‌کارگیری شاخص‌های مورفومتریک نیز می‌تواند اطلاعات مهمی را در مورد پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها و رودخانه‌ها نشان دهد. به همین دلیل در این مقاله نیز به نتایج حاصل از به‌کارگیری این شاخص‌ها استناد شده است. نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری ضرایب و شاخص‌های مختلف مورفومتریک در جدول ۲ درج شده است. تحلیل جدول ۲ حاکی از این است که تعداد آبراهه‌های رتبه یک در واحد سطح در حوضه رودخانه شور بیشتر است. این بدان معنی است که در رودخانه شور تعداد آبراهه‌هایی که می‌توانند رواناب‌ها را در اختیار رتبه بالاتر قرار دهند به مراتب بیشتر است. در عین حال این امر حاکی از آن است که در حوضه رودخانه مذکور، فرسایش آبراهه‌ای بسیار فعال است.

در تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی محدوده‌ها، توجه به میزان تراکم زهکشی می‌تواند بهترین شاخص باشد؛ و به همین

دلیل نیز در این بررسی به آن توجه شده است. بررسی اعداد مربوط به تراکم زهکشی درج شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان کل آبراهه‌ها در واحد سطح حوضه رودخانه شور بسیار بالاست. این در واقع به معنی پتانسیل سیل‌خیزی بالا در این حوضه است. ضریب ثابت کانال که عکس تراکم زهکشی است، می‌تواند توجیه‌کننده عکس توضیحات ارائه‌شده در مورد تراکم زهکشی حوضه‌ها باشد.

اعداد مربوط به ناهمواری حوضه مندرج در جدول ۲ نشان می‌دهند که اختلاف ارتفاع در این حوضه بیشتر است. این بدان معنی است که شیب آبراهه‌ها نیز در این حوضه بیشتر است. در واقع در چنین حوضه‌ای رواناب‌ها می‌توانند با سرعت زیاد، خود را به آبراهه اصلی برسانند. بنابراین پتانسیل سیل‌خیزی - و در نتیجه احتمال ایجاد قوس‌های عمده - در مسیر زیاد خواهد بود.

اعداد مربوط به ضریب ناهمواری نیز در حوضه مذکور بیشتر است. این مقادیر حاکی از آن‌اند که در حوضه‌ای مانند رودخانه شور که مقدار ضریب ناهمواری بالاست، دامنه‌ها طولانی و پرشیب‌اند. بنابراین آب‌های بیشتر در زمان کمتر به پایین دامنه‌ها می‌رسند. به عبارت دیگر، در محدوده‌ای ویژه نه تنها آب بیشتری جمع‌آوری می‌شود بلکه آب‌های جمع‌آوری شده نیز با سرعت بیشتری به آبراهه‌های بزرگ‌تر می‌رسند؛ و این یعنی پتانسیل بالای حوضه نسبت به وقوع سیل‌هایی با اوج زیاد.

شکل حوضه‌ها بهترین شاخص برای برآورد پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌هاست. با استفاده از ضریب کشیدگی، می‌توان با استناد به ارقام، پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها را نشان داد. اعداد محاسبه شده برای حوضه‌های رودخانه شور در جدول ۲ نشان می‌دهد که حوضه رودخانه شور با عدد کمتر (کشیدگی کمتر) پتانسیل زیادی برای وقوع سیل دارد. مواردی که ذکر شد، برای ضریب گردواری نیز صادق است.

جدول ۲. ضرایب مربوط به شاخص‌های مورفومتریک محاسبه شده برای حوضه رودخانه شور

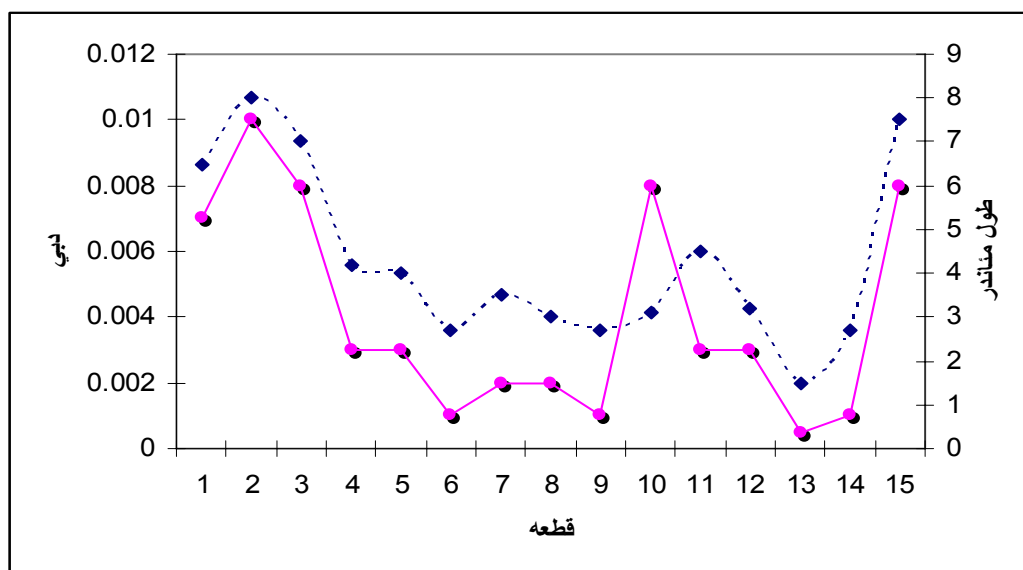
سمبول	شاخص	شورچای
Fu	فرکانس آبراهه	۱/۶
Dd	تراکم زهکشی	۰/۴۱
C	ضریب ثابت نگهداری کانال	۲/۴۳
Bh	ناهمواری حوضه	۵۸۰
RN	ضریب ناهمواری	۳۴۷/۸۳
Re	ضریب کشیدگی	۰/۲۵
Rc	ضریب گردواری	۰/۳۵
Kc	ضریب تراکم	۱/۶۶
Rf	عامل شکل	۰/۵
T	نسبت بافت	۲/۶۳

ضریب تراکم از ضرایب معتبر برای بررسی پتانسیل محدوده‌ها برای وقوع سیل‌ها محسوب می‌شوند. به همین دلیل در این بررسی نیز از این ضریب استفاده شده است. در حوضه‌ای که دارای بیشترین ضریب تراکم (نزدیک به دایره) است (مانند حوضه شور)، احتمال وقوع سیلاب‌هایی با اوج بالا بیشتر است و در نتیجه جزو حوضه‌های سیل‌خیز محسوب می‌شود.

ضریب دیگری که در تحلیل سیلاب‌های حوضه رودخانه شور مورد استفاده قرار گرفته است، نسبت بافت است. مقدار این نسبت در حوضه‌های کم‌سیل‌خیز اندک است؛ و بر عکس، در حوضه‌هایی با سیل‌خیزی بزرگ، زیاد است. با توجه به مقادیر جدول ۲ می‌توان گفت که در حوضه رودخانه شور مقدار آن بالاست. در نهایت، با توجه به محاسبات می‌توان نتیجه‌گیری کرد که حوضه رودخانه شور سیل‌خیزتر است. این در واقع بدان معنی است که در این مسیر مازاد انرژی که علت اصلی ایجاد مآندرهاست زیاد است. بنابراین بزرگی قوس مآندرها در مسیر رودخانه شور نیز با آن توجیه شدنی است.

#### د) بررسی و برآورد دبی میانگین با استفاده از طول مآندر

برای بررسی دبی میانگین از ویژگی‌های خود مآندرها نیز استفاده می‌شود. در این مقاله سعی شده‌است از روابط مربوط به آن استفاده شود. نتایج حاصل از به‌کارگیری رابطه ارائه شده در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که در بخش‌هایی که طول مآندر افزایش یافته، میزان دبی نیز بیشتر شده است (به غیر از قطعه ۱۰ و ۱۱)؛ و به عبارت دیگر، از قوس‌های بزرگ مآندر سیلاب‌هایی با دبی بالا گذر کرده‌اند (شکل ۹ و جدول ۳).



شکل ۹. رابطه بین طول مآندر و دبی در مسیرهای مختلف رودخانه شور

جدول ۳. دبی میانگین در طول مسیر رودخانه شور

قطعه	L(m)	دبی (m <sup>3</sup> /s)
۱	۵	۰.۰۰۴
۲	۳.۵	۰.۰۰۲
۳	۴.۵	۰.۰۰۳
۴	۴	۰.۰۰۳
۵	۳.۵	۰.۰۰۲
۶	-	-
۷	۶.۵	۰.۰۰۷
۸	۸	۰.۰۱
۹	۷	۰.۰۰۸
۱۰	۴.۲	۰.۰۰۳
۱۱	۴	۰.۰۰۳
۱۲	۲.۷	۰.۰۰۱
۱۳	۳.۵	۰.۰۰۲
۱۴	۳	۰.۰۰۲
۱۵	۲.۷	۰.۰۰۱
۱۶	۳.۱	۰.۰۰۸
۱۷	۴.۵	۰.۰۰۳
۱۸	۳.۲	۰.۰۰۳
۱۹	۱.۵	۰.۰۰۰۵
۲۰	۲.۷	۰.۰۰۱
۲۱	۷.۵	۰.۰۰۸

#### ه) بررسی خطر وقوع سیل در مسیر پیچ و خم‌دار رودخانه شور

در طول رودخانه‌هایی با الگوی جریان متاندری، اندازه مسیر سیلاب‌ها به وسیله پهنای کمربند متاندر بستر سیلابی فعال، کنترل می‌شود (Daniels et al., 2006, 287, Daniels et al., 2003, 162). بنابراین با استفاده از پهنای کمربند کانال و فواصل پشته‌های ایجاد شده در مسیر متاندر (با استفاده از محل قوس‌های متاندرها) و بزرگی متاندر و در نتیجه، بیان بین شاخص‌های مربوط به بزرگی متاندرها و فواصل پشته‌ها و پهنای کمربند متاندر، می‌توان خطر سیل را در مسیر رودخانه‌های متاندری محاسبه کرد. در این تحقیق با استفاده از شاخص LFH محل‌های تحت خطر سیلاب‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. مقدار LFH می‌تواند صفر و یا حتی منفی باشد که هر دو معرف محدوده‌هایی بدون خطر سیل است. این در صورتی است که مسیر رود در کانالی محدود شده باشد و قدرت حرکت جانبی نداشته باشد. اما اگر مقادیر LFH به ۱ نزدیک شود، به همان میزان خطر سیلاب‌های محلی نیز افزایش می‌یابد (Loczy et al., 2009).

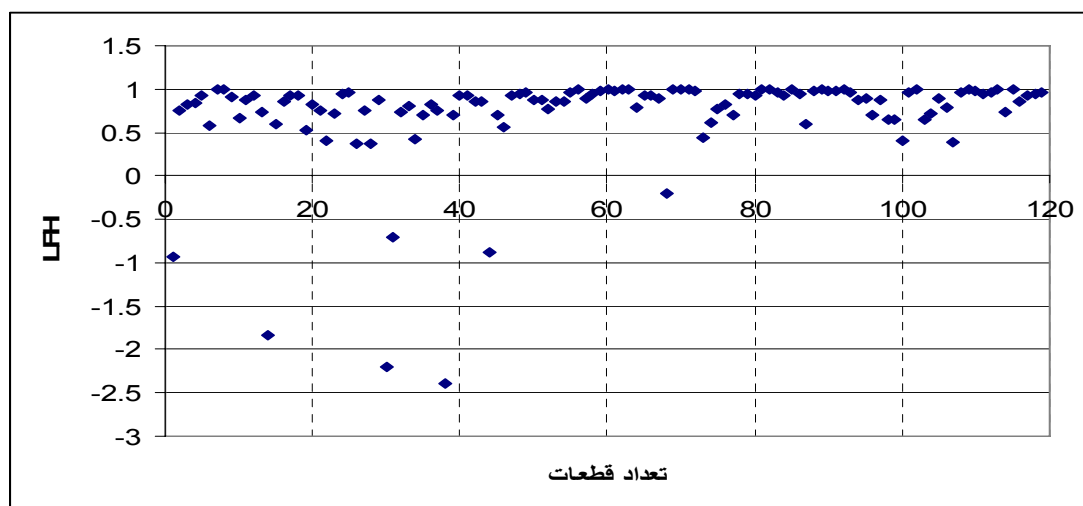
نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد که :

در مسیر رودخانه شور، مقدار LFH بالای صفر است و اغلب مقادیر محاسبه شده در حوالی صفر قرار گرفته‌اند

(جدول ۴ و شکل ۱۰): با این یادآوری که مقادیر ۱ و نزدیک به ۱ معرف سیل خیری بالا در مسیر ماندرها هستند و مقادیر صفر و یا منفی، معرف عدم تشکیل سیل در محدوده مورد بررسی است.

جدول ۴. مقدار LFH در قطعه ۱ از مسیر رودخانه شور

شماره	W	B	d	FR	Aact	CA	LFH
۱	۴	۱۷.۴۷	۸	۰.۴۵	۱.۹	۰.۲۳	-۰.۹۳
۲	۴.۱	۱۷.۹۶	۳	۰.۱۶	۲	۰.۶۶	۰.۷۶
۳	۴	۱۷.۴۷	۲.۲	۰.۱۲	۱.۵	۰.۶۸	۰.۸۳
۴	۴.۱	۱۷.۹۶	۲.۳	۰.۱۲	۱.۷	۰.۷۳	۰.۸۴



شکل ۱۰. مقدار LFH در کل قطعات مسیر رودخانه شور

با توجه به مقادیر محاسبه شده، از ابتدای محل تشکیل ماندرها بخشی که رودخانه شور به رودخانه قرنقو می‌پیوندد، به غیر از ۷ قطعه مورد بررسی در مسیر رودخانه شور (نقاط زیر صفر و دارای مقادیر منفی در شکل ۱۱ و جدول ۴)، بقیه بخش‌های مسیر در معرض خطر سیل قرار دارند. در واقع بررسی مسیر رودخانه شور نشان می‌دهد که با توجه به قوس‌های تشکیل شده و پهنای دشت‌های سیلابی، در گذشته از ۲۱ قطعه از مسیر سیلاب‌های بزرگی عبور کرده‌اند و ماندراهای فعلی نیز پتانسیل بالایی برای وقوع سیل‌های بزرگ دارند.

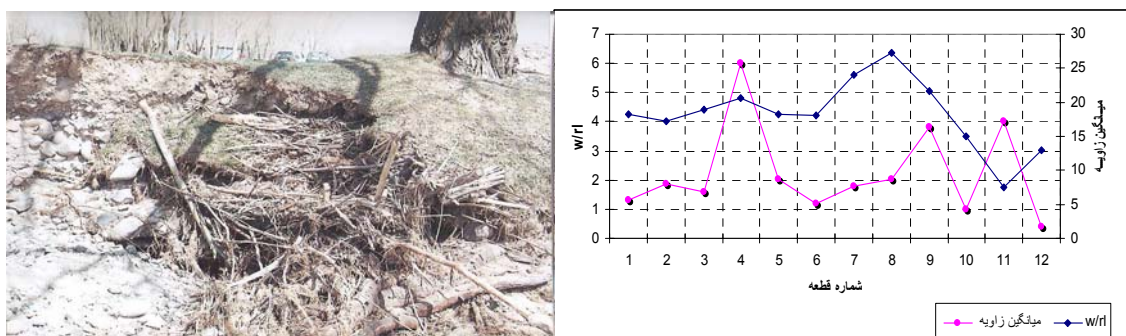
در مسیر رودخانه شور حداکثر مقدار محاسبه شده مقدار  $0.99+$  است که در بیشتر قطعات مورد محاسبه، مشاهده می‌شود. با توجه به مقادیر LFH در مسیر رودخانه شور می‌توان گفت که محدوده‌هایی که ماندرها تشکیل شده‌اند، بسیار سیل خیز هستند. شایان ذکر است که متوسط مقدار LFH مورد محاسبه در طول مسیر رودخانه شور  $0.77+$  است که باز نشان‌دهنده پتانسیل بالای خطر وقوع سیلاب‌های بزرگ در مسیر رودخانه است.

### و) بررسی رابطه پهنا و طول قوس مائدرها با زاویه قوس

اندازه قوس مائدرها به عنوان نمادی از اندازه بستر سیلابی و همچنین نشانه‌ای از انرژی رودخانه، در مسیر جریان رودخانه‌ها بسیار متفاوت است. افزایش در انحنای قوس مائدرها در واقع به منزله افزایش در طول و در نتیجه در میزان چالاب‌های مسیر جریان رودخانه‌هاست. با انحنای بیشتر از ۳ درجه قوس پیچان‌ها دارای حداکثر طول است و افزایش در سایش به منزله جابه‌جایی کانال است. چالاب‌ها در حداکثر عمق باقی نمی‌مانند بلکه به مرور نهشته آنها را پر می‌کنند. افزایش قدرت قوس در واقع افزایش در میزان جابه‌جایی است (Lofthouse et al., 2008, 216).

بررسی رابطه طول، پهنای مائدر و زاویه قوس مائدر نشان می‌دهد که در بخش‌های میانی مسیر رودخانه شور پهنا و طول در قطعات ۷ تا ۱۰ و همچنین قطعه ۴ افزایش یافته است. این بدان معنی است که در این بخش‌ها قوس مائدر افزایش یافته و در نتیجه احتمال عبور سیلاب‌های بزرگ‌تر و با قدرت فرسایشی بالاتر نیز بیشتر شده است (شکل ۱۱). به علاوه، بررسی‌های میدانی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد زمانی که قوس مائدرها به دیواره‌ها مماس می‌گردد، مواد آبرفتی کناری به داخل بستر فرومی‌ریزند و در بستر جابه‌جا می‌شوند. در این محدوده‌ها قدرت سایشی قوس‌ها به حدی است که گاه درختان کناری نیز نمی‌توانند مانع فرسایش کناری شوند (شکل ۱۱). در محدوده مورد مطالعه توجه به اندازه قوس مائدرها نشان می‌دهد که علل تأثیرگذار در تغییر قوس مائدرها در بخش‌های مختلف مسیر متفاوت است. این تنوع در علل تأثیرگذار در واقع باعث تشکیل مائدرهایی از نوع بی‌نظم در مسیر جریان رودخانه شور شده است.

در مسیر رودخانه شور کانال‌های پهن و کم‌عمق دارای سینوزیته پایین‌تر از کانال‌های باریک و کم‌عمق‌اند؛ یا 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 مائدرها بیشتر به پایین دست جابه‌جا می‌شوند، نه اینکه انحناها افزایش یابد. بررسی‌هایی که در بیشتر مائدرها صورت گرفته نشان می‌دهد که بین پهنای مسیر جریان و طول قوس و نیز بین نسبت یادشده و میانگین زاویه قوس‌ها در مائدرهای تشکیل شده رابطه وجود دارد.



شکل ۱۱. رابطه بین پهنا و طول قوس و زاویه قوس در مائدرهای مسیر رودخانه شور (سمت راست)

و شدت فرسایش کناری در محل قوس مائدر در مسیر شورچای

## بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر محاسبه‌شده و مواردی که ذکر شد، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که مسیر پریپیچ‌وخم رودخانه شور در طول سال‌های متمادی با سیلاب‌های بزرگی مواجه بوده و با وقوع هر سیلاب جابه‌جایی‌های عمده‌ای در مسیر جریان رودخانه رخ داده است. بر اثر این جابه‌جایی‌ها اندازه قوس مئاندر که معرف میزان انرژی رودخانه است، تغییر یافته و با هر تغییر، رودخانه گاه به بخش‌های میانی و گاه به کناره‌ها کشیده شده است. با مماس‌شدگی‌های رودخانه با کناره‌های بستر سیلابی، پهنای دشت سیلابی گسترش پیدا کرده و خطرهای ناشی از فرسایش کناری افزایش یافته است. در طول مسیر رودخانه شور و درست از کناره بستر سیلابی جاده‌های ارتباطی و ریل‌های قطار عبور داده شده‌اند. تداوم فرسایش کناری در بخش‌هایی که قوس مئاندر با کناره دشت سیلابی مماس شده است می‌تواند موجب تخریب این تأسیسات گردد.

## منابع

- Abad, Jorge D., Marcelo H. Garcia, 2006, **RVR Meander: A Toolbox for Re-meandering of Channelized Streams**, Computers & Geosciences 32, 92–101.
- Amslera, Mario L.T., Carlos G. Ramonella, Horacio A. Toniolob, 2005, **Morphologic Changes in the Parana´ River Channel (Argentina) in the Light of the Climate, Variability during the 20th Century**, Geomorphology 70, 257–278.
- Baborowsk, M., O. Bu¨ttner, P. Morgenstern, F. Krüger, I. Lobe, H. Rupp, W. Tümpling, 2007, **Spatial and Temporal Variability of Sediment Deposition on Artificial-lawn Traps in a Floodplain of the River Elbe**, Environmental Pollution 148, 770-778.
- Baker, V.R., Kochel, R., 1988, **Flood Geomorphology**, John Wiley.
- Dai, S.B., S.L. Yang, A.M. Cai, 2008, **Impacts of Dams on the Sediment Flux of the Pearl River, Southern China**, Catena 76, 36–43.
- Daniels, Melinda D., 2006, **Distribution and Dynamics of Large Woody Debris and Organic Matter in a Low-energy Meandering Stream** Geomorphology, 77, 286–298.
- Daniels, Melinda D., Bruce L. Rhoads, 2003, **Influence of a Large Woody Debris Obstruction on Three-dimensional Flow Structure in a Meander Bend**, Geomorphology 51, 159–173.
- Dea´k Andrea, Ga´bor Ta´rka´nyi, 2006, **Chiral Self-assembly of Methyltin (IV)-naproxenates: Combining Dative Sn–O Bonds, Secondary Sn-O interactions and C-H-O hydrogen Bonding to Make an Inter-helical Meander-shaped Network and a Cross-linked Z-shaped Ribbon**, Journal of Organometallic Chemistry, 691, 1693–1702.
- Khatibi, B.M., 2006, **Investigation on Causes of Creation and Development of Meanders in Mountainous Vallyies**, Roshde Geography, No 75.
- Loczy, D., Kis, E., Schweitzer, F, 2009, **Local Flood Hazard Assessed from Channel Korphology**, Geomorphology, In press.
- Lofthouse, Caroline, André Robert, 2008, **Riffle–pool Sequences and Meander Morphology**, Geomorphology 99, 214–223.

- Malik, Ireneusz, Marcin Matyja, 2007, **Bank Erosion History of a Mountain Stream Determined by Means of Anatomical Changes in Exposed Tree Roots over the Last 100 Years Bílá Opava River- Czech Republic**, *Geomorphology*, 98, 87-97.
- Merwade, Venkatesh , Aaron Cook , Julie Coonrod, 2008, **GIS Techniques for Creating River Terrain Models for Hydrodynamic Modeling and Flood Inundation Mapping** *Environmental Modelling & Software* 23, 1300–1311.
- Rüther, N., N.R.B. Olsen, 2007, **Modelling Free-forming Meander Evolution in a Laboratory Channel Using Three-dimensional Computational Fluid Dynamics**, *Geomorphology* 89, 308–319.
- 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.
- Verhaar, Patrick M., Pascale M. Biron, Robert I. Ferguson, Trevor B. Hoey, 2008, **A Modified Morphodynamic Model for Investigating the Response of Rivers to Short-term Climate Change**, *Geomorphology* 101 , 674–682.



## **Investigation on Potential of Flood Occurrences on Length of Meandering Rivers by Using of LFH Case Study: Shor River (located on East slope of Sahand Mt.)**

**Bayat Khatibi M.\***

Associate Prof. Faculty of Human and Sociology Science, University of Tabriz

Received: 20/01/2010      Accepted: 19/12/2010

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Meanders are among beautiful landscapes as well as hazardous geomorphologic - hydrological forms on floods plain in mountainous areas. River meanders are major factors responsible for creation, development and or on the surface of the Earth and have long fascinated people by their apparent regularity. They play a major role in floodplain construction and evolution and are major components of the fluvial landscape. They can be highly dynamic features and so pose practical problems associated with channel movement. Many movement meanders and lateral movement of rivers channel. The floods and the excess of energy on rivers bed are main causes for creation of these phenomena. Meanders are the signs of flood hazards in occurrence area. Shor river (from 36° 05' to 37 °20' N and from 46 °43 to 47° 15' E) have many curvatures on length of channel rivers. This river have typical meander in many parts of the channel.

#### **Materials and methods**

In the present study, changes in channel morphology along the Shor River floodplain were investigated using areal and satellite photographs. And then rate of sinuosity of channel is calculated by index of sinuosity. In this article, in order to investigate the meanders and with aim of study on rate of flood hazard, LFH index has been used. In this study some parameters of meander, for example, wide of channels and belts of meanders have been used too, ... In order to investigation on flooding risk on all lengths of channel of Shor River, the channel is shared to 21 segments. All accessory calculations are made in these segments. For investigation on flooding potential of river channel, the parameters of channel curvatures and meandering of course river flow have been used.

Also for calculating of flood potential, because of lack data and information by using of different index and coefficients, we explain the situation of flooding in different part of region. Indexes that use in this research are basin relief, drainage density, roughness number, constant

\* E-mail: m\_bayati@tabrizu.ac.ir

of channel maintenance, stream frequency, texture ratio, form factor, elongation ratio. for calculation of flood potential on meandering course of river, we use different experimental equation such as Villiams equation and flood way reduction by using of actual meander amplitude (Aact) and The possible largest meander (Amax). Local flood hazard (LFH) is very important index for calculating risk of flood hazard in meandering river. equilibrium between FR and CA calculate for access to local flood hazard (LFH). in this research by using of meander length, average of debit calculated. For calculating of meander length we use satellite images. Also by using of meander arc and arc angle and width of channel, relation between them calculated. For measuring of parameters mentioned above, we use aerial photos on 21 segments of Shor river.

### **Results and Discussion**

The results of this study suggested that LFH in length of river channel is very varying. The average of LFH is 0.77. This means that the potential of flood hazard in many parts of channel meandering on Shor river is high. Movement of curvature of meander to lateral of flood plain is cause of increase the bank erosion in length of Shor river and increase of hazards in flood plain. The results suggested also, Rn in Shor basin is high. These results show that the Shor basin treated by flood. Curvature of meanders experiment flooding and since flood Crossed on curvature, channel of river lateral movement. Lateral movements cut the banks and are among the major causes of the increased sediment. The structures are located near the banks, due to the curvature movement, so the risk of this structure is too high, because flooding and lateral erosion. Also the result show that the first order of drainage network in Shor river is higher than other order or steps. For this reason more tributary reach to higher order and can discharg more runoff to higehr order.

### **Conclusion**

Many parts of meandering of Shor River have high potential flooding. The results of the study show that this river experiments floods every years. When flood is occurred, curvature of courses is movement. These movements are widening the floodplain. This widening is made by cutting of bank. These movements are very hazardous for the structures which are located near the river channel. The lateral erosion increases when the curvature moves into the bank of channel.

**Keywords:** *Meander, Impact of Meanders, Flood hazard, Flood, River, Shor river, East slope of Sahand Mt.*