

جغرافیا و توسعه شماره ۳۱ تابستان ۱۳۹۲

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۱/۲

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۹/۱۴

صفحات: ۱۴۸-۱۳۷

## بر آورد خطر وقوع سیلاب‌ها در مسیر پیچان رودها مورد: رودخانه شور (واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند)

دکتر مریم بیاتی خطیبی<sup>۱</sup>

### چکیده

پیچان رودها از چشم اندازه‌های مهم هیدرولوژیکی هستند که تغییرات ژئومورفولوژیکی مهم‌تری را موجب می‌شوند. در یک محیط ویژه، این چشم‌اندازها از نشانه‌های تغییرات ناگهانی هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی محسوب می‌شوند حضور پیچان رودها در واقع یکی از نشانه‌های مهم خطر وقوع سیلاب‌ها در محدوده‌ی تشکیل به شمار می‌آید. در مسیر رودخانه شور- واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند و جاری در یکی از زیرحوضه‌های قرنقوچای - پیچ و خم‌های زیاد و متوالی تشکیل شده است که با توجه به پیچ و خم‌های ایجاد شده، این پیچان رود از تپیک ترین نوع خود محسوب می‌شود. در این مقاله، برای بررسی این پدیده‌ها و همچنین برای مطالعه‌ی پتانسیل خطر وقوع سیلاب‌ها در طول قطعاتی از مسیر پیچان رود از شاخصی به نام شاخص LFH استفاده شده است. برای به‌کارگیری این شاخص از نقشه‌های توپوگرافی، از تصاویر ماهواره‌ای و از عکس‌های هوایی و داده‌های میدانی استفاده شده است. نتایج حاصل از بررسی‌ها و شاخص به کار گرفته شده، نشان می‌دهد که مقدار LFH در کل طول مسیر متفاوت بوده و مقدار آن با متوسط ۰,۷۷ در طول پیچان رود شور نسبتاً بالا است. به عبارت دیگر، طبق این شاخص، خطر وقوع سیلاب‌های بزرگ، به ویژه در طول بعضی از قطعات مسیر پرپیچ و خم‌دار این رودخانه بالا است. بررسی‌ها همچنین حاکی از این است که بعد از وقوع هر سیلاب و با انجام هر جابجایی در قوس پیچان و حرکت آن به طرف کناره‌ها، فرسایش کناری در طول مسیر رودخانه شور تشدید و خطرات ناشی از آن نیز افزایش می‌یابد. کلیدواژه‌ها: پیچان رودها، خطر سیل، سیلاب‌ها، رودخانه شور، دامنه‌های شرقی کوهستان سهند.

## مقدمه

پیچان رودها در دشت‌های سیلابی گسترده، از چشم‌اندازهای بسیار زیبا محسوب می‌شوند که به رغم جذابیتی که دارند از چشم‌اندازهای بسیار خطرناک نیز محسوب می‌شوند. حضور این چشم‌اندازها در مسیر رودخانه‌ها از دبی بالا و ناگهانی در یک مقطع زمانی خاص حکایت می‌کنند که با وقوع آنها تغییرات سریع ژئومورفولوژیکی در دشت‌های سیلابی پدید می‌آید. در واقع حضور آنها از پتانسیل بالای رودخانه‌ها برای وقوع حداکثر تغییرات هیدروژئولوژیکی و ژئومورفولوژیکی حکایت می‌کند. پیچان رودهای فعال در دشت‌های سیلابی با جابجایی‌هایی که انجام می‌دهند، موجب تغییراتی در ابعاد مورفولوژیکی بستر جریان رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی می‌گردند. این پدیده‌ها به علت پویایی زیادی که دارند مسائل و مشکلات عمده‌ای نیز در محدوده‌های تشکیل به وجود می‌آورند. با بررسی ویژگی‌های رفتار این پدیده‌ها در رابطه با ویژگی‌های محل تشکیل، می‌توان رفتار آنها را پیش‌بینی و از بروز بسیاری از مشکلات تا حدی جلوگیری نمود و یا حداقل، تدابیری را در جهت کاهش مشکلات احتمالی اتخاذ نمود (بیاتی‌خطیبی، ۱۳۸۵: ۲۴).

با عنایت به اینکه پیچان رودها از شاخصه‌های مهم تغییرات محیطی هستند، می‌توان با مطالعه نحوه آرایش مسیر رودها و شناخت عوامل دخیل در تغییر مسیر جریان آنها به پویایی 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 قابل حدوث در آینده پی برد. پیچان رودها در محدوده‌هایی که دیواره‌ی دشت‌های سیلابی از مواد سست تشکیل یافته است، تعیین‌کننده بیلان رسوبات در مسیر جریان رودخانه‌ها و با توجه به ویژگی‌های محل تشکیل، تعیین‌کننده میزان فرسایش در بخش‌های میانی و

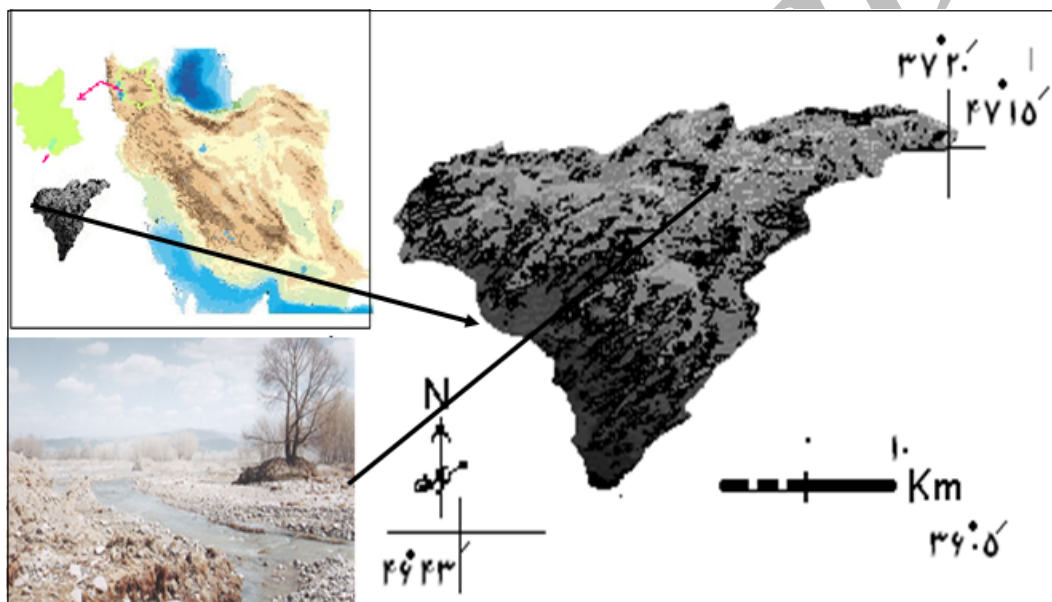
کناره دشت‌های سیلابی نیز هستند. با توجه به مسائل و مشکلاتی که این چشم‌اندازهای رودخانه‌ای در مسیر تشکیل پدید می‌آورند، محققان مختلف تحقیقاتی را برای گشودن راز تشکیل و اثراتی که توسعه‌ی آنها می‌تواند پدید آورد، انجام داده‌اند (Abad at all, 2006: 45; Deak at all, 2006: 36; Ruter at all, 2007: 81; Verhaar at all, 2008: 105; Malik at all, 2007: 35; Amslera, 2005: 71) در ایران نیز با عنایت به حضور چنین پدیده‌هایی در بخش‌های مختلف کشور مطالعاتی روی آنها صورت گرفته است که می‌توان به آثار علمی، بیاتی‌خطیبی، ۱۳۸۵، نوحه‌گر و یمانی، ۱۳۸۴، رضایی‌مقدم و خوش‌دل، ۱۳۸۸، حسین‌آبادی و بجستان، ۱۳۸۸ و محمودی و همکاران، ۱۳۸۷ اشاره نمود. نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که با توجه به ویژگی‌های محلی، عوامل مختلفی در تشکیل و توسعه‌ی آنها دخیل هستند و همچنین با توجه به شرایط حاکم بر محیط و نوع سازنده‌های سطحی و تأسیسات کناری، نوع خسارات و ابعاد آن نیز متفاوت است. در محدوده‌ی مورد مطالعه، شورچای با پیچش‌هایی که در مسیر جریان خود ایجاد می‌کند، تغییرات زیادی را در کناره‌ها پدید می‌آورد و با گسترش هر پیچ به طرف کناره‌ی دشت‌های سیلابی، خطوط ریل و جاده‌هایی را که درست از کناره‌ی دشت سیلابی عبور می‌کنند به نحوی تهدید می‌کند. همچنین کشتزارهایی که در میان دشت سیلابی قرار گرفته‌اند با جابجایی‌های مکرر در بخش قوس، خاک این بخش‌ها را در اختیار آب‌های جاری قرار می‌دهد. پیچان رود شور از سیل‌خیزترین رودهای حوضه‌ی قرنقو محسوب می‌شود که با وقوع هر سیل تغییرات ایجاد شده در طول دشت سیلابی این رودخانه نیز تسریع می‌شود. با توجه به خطر ناشی از تغییرات سریع در دشت سیلابی و همچنین خطر وقوع سیلاب‌های ناگهانی سعی شده است خطر وقوع سیل در مسیر

قرار گرفته است، یکی از چندین زیر حوضه‌ی بزرگ قرقوچای محسوب می‌شود که در بخش جنوب غربی این حوضه قرار گرفته است (شکل ۱). حوضه‌ی مذکور به وسعت ۵۰۸,۱۹ کیلومتر مربع در عرض شمالی  $36^{\circ} 05'$  تا  $37^{\circ} 20'$  و طول شرقی  $43^{\circ} 46'$  تا  $15'$   $47$  گسترده شده است.

پیچان‌دار رودخانه‌ی شور با توجه به ویژگی‌های خود حوضه و با استناد به پارامترهای مربوط به پیچان‌رود، مورد بررسی قرار گیرد.

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

حوضه‌ی رودخانه شور که در شرق کوهستان سهند و در جنوب شهر تبریز و در استان آذربایجان شرقی



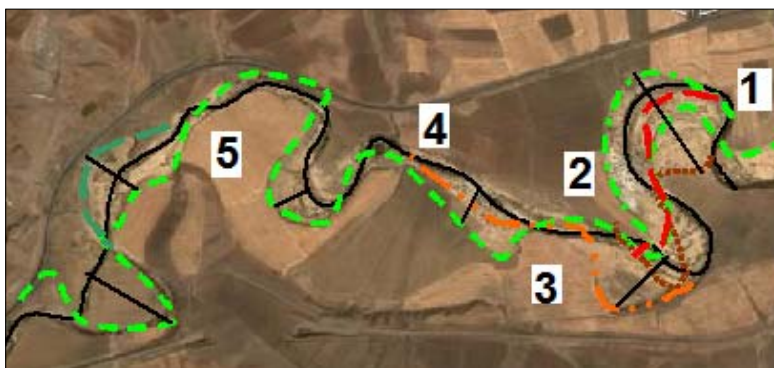
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی رودخانه شور و تصویری از مسیر جریان آن

مأخذ: نگارنده

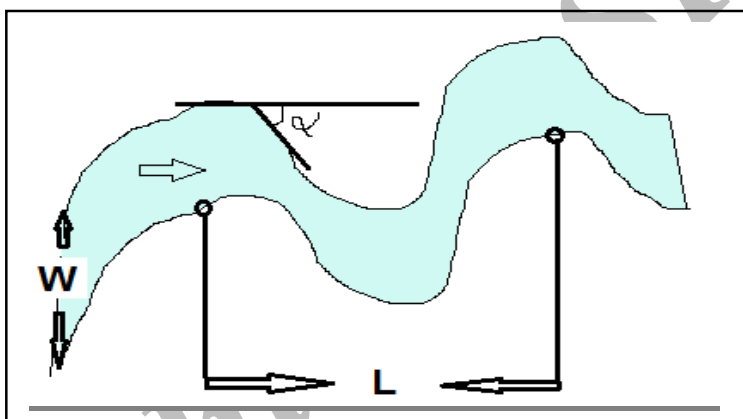
#### مواد و روش‌ها

برای بررسی خطر سیل‌خیزی رودخانه‌ی شور در مسیرهای پیچ و خم‌دار مسیر طول رودخانه به قطعات مختلفی تقسیم شده (شکل ۲) و تعیین میزان سینوزیته و محاسبات مربوط به پتانسیل سیل‌خیزی مسیر در طول این قطعات صورت گرفته است.

خاکسترهای آتشفشانی همراه با سنگ‌های پیروکلاستیک، کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها همچنین آبرفت‌های قدیمی، مارن‌ها و ژئپس‌ها از جمله سنگ‌ها و سازندهای پوشش‌دهنده‌ی پهنه‌ی حوضه‌ی رودخانه‌ی شور می‌باشند که حضور مارن‌ها همراه با ژئپس‌ها، علت اصلی شوری رودخانه شور و شاخاب‌های آن و تشکیل قشرهای نمکی در بخش‌های شرقی حوضه‌ی رودخانه‌ی شور می‌باشد.



شکل ۲: نحوه تقسیم‌بندی مسیر رودخانه‌ی شور به ۲۱ قطعه مختلف  
 مأخذ: earth google, 2008



شکل ۳: پارامترهای مورد اندازه‌گیری در قوس پیچان  
 مأخذ: زاهدی و بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷

حوضه‌های بزرگ اظهار نظر نمود. در این تحقیق نیز از شاخص‌های مختلف استفاده شده است، این شاخص‌ها عبارتند 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 گردآوری (Rc)، - ضریب تراکم (Kc)

میزان سینوزیته رودخانه‌ی شور در طول قطعات مختلف با توجه به شکل ۳ و با استفاده از رابطه‌ی ۱ محاسبه شده است:

$$S = T/L$$

S = میزان سینوزیته

T = طول سینوزیته

L = مسافت طولی خط مستقیم

به لحاظ کمبود اطلاعات و آمار در مورد دبی، معمولاً در مطالعات ژئومورفولوژیکی می‌توان با تکیه به نتایج حاصل از به‌کارگیری بعضی از شاخص‌ها و ضرایب، در مورد سیل‌خیزی بخش‌های مختلف

- 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

$$CA = Aact / Amax$$

رابطه ۴

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

$$CA = Aact / d$$

رابطه ۵

بیان بین  $FR$  و  $CA$  که شاخص مهم برای محاسبه‌ی خطر وقوع سیلاب<sup>۵</sup> ( $LFH$ ) در مسیر پیچان‌رودها است با استفاده از رابطه‌ی ۶ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۶

$$LFH = 1 - (FR/CA) = 1 - d/B / (Aact/d) = 1 - (d/B) Aact$$

برای بررسی دبی میانگین از ویژگی‌های خود پیچان‌ها نیز استفاده می‌شود. برای برآورد دبی، طول پیچان از روی تصاویر ماهواره‌ای اندازه‌گیری شده است و با استفاده از رابطه ۷ میانگین دبی رودخانه محاسبه گردیده است.

$$Q_{mean} = 0.0009(L/2)^{1.8}$$

رابطه ۷

در این رابطه:

$Q_{mean}$  = دبی میانگین و  $L$  = طول پیچان

از روی عکس‌های ماهواره‌ای طول قوس پیچان و زاویه قوس پیچان ( $r1$ )، پهنای کانال ( $W$ ) اندازه‌گیری و مقادیر اندازه‌گیری شده در طول ۲۱ قطعه از مسیر رودخانه‌ی شور در ارتباط گذاشته شده است. در نهایت با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده و ضرایب به دست آمده در مورد حداکثرهای دبی در مسیر رودخانه‌ی شور و اثرات این حداکثرها بر مسیر نتیجه‌گیری‌ها صورت گرفته است.

### بحث

برای بررسی ویژگی‌های پیچان‌رودها ضرایب شاخص‌ها و روابطی ارائه شده است که می‌توان با به‌کارگیری آنها به نتایج مهمی در مورد این پدیده‌های

در این مقاله، از شاخص‌های مهمی که برای محاسبه‌ی پتانسیل سیل‌خیزی مسیرهای متاندری ارائه شده، استفاده گردیده است. با توجه به این که در طول پیچان‌رودها، اندازه‌ی مسیر سیلاب‌ها توسط پهنای کمر بند پیچان و پهنای بستر فعال سیلابی کنترل می‌شود، در این مقاله سعی شده است از پارامترهای مذکور برای بررسی خطر سیلاب‌ها در مسیر پیچان‌رود استفاده شود.

ویلیامز<sup>۱</sup> (۱۹۸۶) فرمولی را برای محاسبه‌ی پهنای کمر بند پیچان ( $B$ ) با استفاده از پهنای کانال ( $W$ ) برای مسیرهایی که شیب آنها کمتر از ۲ بوده، ارائه نموده است. این فرمول به صورت رابطه‌ی ۲ قابل نمایش است (Loczy at all, 2009: 101):

$$B = 3.7W^{1.12}$$

رابطه ۲

مقطع عرضی دشت‌های سیلابی پارامتر قابل اعتماد برای تعیین محدوده عبور موج سیلاب‌ها است محدوده‌هایی که آخرین پشته‌های رسوبی ناشی از عبور سیلاب در مسیر پیچان‌رودها باقی مانده‌اند ( $d$ ) و از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای نیز قابل تعیین هستند، ملاک مناسب برای تعیین مسیر عبور سیلاب‌ها از قوس‌های پیچان‌ها هستند. بنابراین می‌توان مسیر تقریبی فروکش سیلاب‌ها ( $RF$ ) را با استفاده از فواصل پشته‌های باقی مانده در بخش دیگر قوس پیچان و پهنای کانال، با استفاده از رابطه‌ی ۳ تعیین نمود:

$$FR = d/B$$

رابطه ۳

با استفاده از بزرگی واقعی<sup>۳</sup> قوس‌های پیچان‌ها ( $Aact$ ) و بزرگترین پیچان ممکن در مسیر رودخانه<sup>۴</sup> ( $Amax$ )، می‌توان مرحله تنظیم کانال ( $CA$ ) را با استفاده از رابطه‌ی ۴ محاسبه نمود:

1-Williams  
2-Floodway Reduction  
3-Actual meander Amplitude (Aact)  
4-The possible largest meander (Amax)

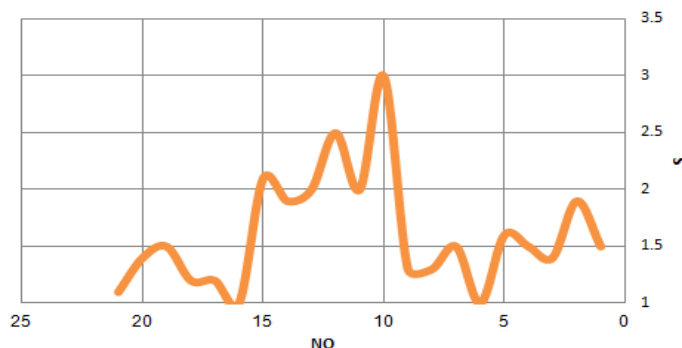
5-Local flood hazard (LFH)

سینوزیته رودخانه شور در مسیرهای مختلف، با توجه به قطعات مورد مطالعه متفاوت است. روند افزایش میزان سینوزیته در مسیر رودخانه‌ی شور نشان می‌دهد که میزان پیچش‌ها در بخش‌های میانی مسیر به میزان قابل ملاحظه‌ای بالا است. در رودخانه شور، از ۲۱ قطعه مورد محاسبه، در ۱۰ قطعه از مسیر جریان رودخانه حالت سینوسی و ۱۱ قطعه شرایط پیچان مشاهده می‌شود (شکل ۴). با انطباق این محدوده‌ها با تصاویر ماهواره‌ای می‌توان گفت که محدوده‌های مذکور، در واقع محدوده‌های حضور تاقدیس‌ها و حضور گنبد‌های نمکی است. بطور کلی می‌توان گفت که میزان پیچش رودخانه از بخش خروجی به تدریج افزایش و در بخش میانی به اوج می‌رسد اما در نزدیکی سد ملاجیغ کاهش می‌یابد.

هیدرولوژیکی- ژئومورفولوژیکی دست یافت. در این مقاله سعی شده است به ایجاب عنوان انتخابی برای مقاله، از جنبه‌های هیدرولوژیکی- ژئومورفولوژیکی پدیده‌های مذکور مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

#### الف- میزان سینوزیته رودخانه‌ی شور

شاخص سینوزیته در واقع حاکی از شدت پیچش‌ها در مسیر جریان رودخانه‌ها، در عین حال حاکی از تاثیر عوامل مختلف در تغییر قوس‌های انحنای ایجاد شده در مسیر آنها است. بررسی‌ها و محاسبات (شکل ۴ و جدول ۱) نشان می‌دهد که در مسیر رودخانه شور پیچان‌های عمده‌ای تشکیل شده‌اند که بیشترین قوس‌های تشکیل شده هم در بخش میانی حوضه (از قطعه ۹ تا ۱۵) مشاهده می‌شود (شکل ۴). با توجه به محاسبات صورت گرفته، می‌توان گفت که میزان



شکل ۴: میزان سینوزیته رودخانه‌ی شور جای از محل سد ملاجیغ (قطعه شماره ۲۱) تا محل اتصال آن به رودخانه قرنقو (قطعه شماره ۱).

مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۹

در ماه‌های اردیبهشت و خرداد رخ می‌دهد. اوج دبی این رودخانه‌ها معمولاً در ماه‌های بهار، به ویژه فروردین و اردیبهشت رخ می‌دهد. در این ماه‌ها، رواناب‌های ناشی از ذوب برف‌ها و رواناب‌های ناشی از وقوع رگبارهای ناگهانی، توأم شده و در بستر سیلابی رودخانه سیلاب‌های بزرگی به وقوع می‌پیوندد. با توجه به سیل خیزی منطقه و مهار آب‌های سطحی، احداث سد‌ها و بندها در مسیر رودخانه‌ها و جهت‌دهی و

#### ب- بررسی سیلاب‌های حوضه‌ی رودخانه‌ی شور با استفاده از داده‌های دبی

سیل یکی از عوامل عمده‌ی ایجاد مائندره‌های عمده‌ی در مسیر رودخانه‌ها است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در حوضه‌ی رودخانه‌ی شور، سیل بخش‌های مختلف این حوضه را هر ساله تهدید می‌کند با عنایت به رژیم برفی- بارانی رودخانه‌ی شور، اغلب سیلاب‌های مهیب در فصل بهار و به طور عمده

صورت گرفته، حاکی از این است که: محدوده‌ای که رودخانه‌ی شور و شاخاب‌های آن جاری است سیل خیزترین بخش حوضه را تشکیل می‌دهند. داغ‌آب‌های کناره آبراهه‌ها و حضور قوس‌های بزرگ در پیچان‌ها تأییدکننده‌ی وقوع سیل‌های بزرگ در بخش یاد شده است (شکل ۵).



شکل ۵: علائمی از عبور سیلاب‌های بزرگ در مسیر رودخانه‌ی شور

مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۹

جمع‌آوری آنها در چاله‌های طبیعی می‌تواند در کاهش خطرات سیل و استفاده از آب‌های سطحی بسیار مؤثر باشد. بررسی‌های میدانی و بررسی‌های آماری با استفاده از اطلاعات و آمار سازمان آب منطقه‌ای استان نشان می‌دهد که بخش‌های مختلف حوضه از نظر میزان خطر وقوع سیلاب‌ها متفاوت است. نتایج حاصل از این بررسی‌ها که با استفاده از آمار دبی‌های سیلابی

در شرایط سیلابی، پوشش گیاهی در وسط دشت سیلابی، بخشی از رسوبات را به تله خواهند انداخت که این امر در تنظیم بعدی بستر آبراهه‌ی اصلی و انحراف جریان از مسیر اصلی اثر خواهد کرد و نحوه‌ی انباشتگی مواد در بستر را تعیین خواهد نمود، بنابراین وقوع سیلاب‌های بعدی از اهمیت زیادی برخوردار هستند چون تنظیمات بیشتر و تغییرات مسیر جریان توسط سیلاب‌ها و اغلب توسط سیلاب‌های بزرگ رخ می‌دهد، بررسی زمان برگشت سیلاب‌های بزرگ برای بررسی نحوه‌ی تنظیمات بستر با اهمیت خواهد بود. اگر دوره‌های برگشت سیلاب‌های بزرگ و سیلاب‌های احتمالی آینده را مورد توجه قرار دهیم، مشخص خواهد شد که اوج سیلاب‌هایی که بستر رودخانه‌ی شور می‌تواند آنها را در طول سال‌های مختلف تجربه کند، چگونه می‌تواند وضعیت تنظیمات رودخانه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. اولین تنظیمات احتمالی در سال‌های اولیه با اولین سیلاب (و با ۱۰۰ متر مکعب) و تنظیمات بعدی در سیلاب‌های بعدی صورت خواهد گرفت.

بررسی سیل‌خیزی حوضه‌ی رودخانه‌ی 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 حاصل از به‌کارگیری ضرایب و شاخص‌های مختلف مورفومتریک در جدول (۱) درج شده است. تحلیل جدول (۱) حاکی از این است که تعداد آبراهه‌های رتبه یک در واحد سطح در حوضه‌ی رودخانه‌ی شور بیشتر می‌باشد. این بدین معنی است که در رودخانه شور تعداد آبراهه‌هایی که می‌توانند رواناب‌ها را در اختیار رتبه‌ی بالاتر قرار دهند به مراتب بیشتر است. در عین حال این امر حاکی از این است که در حوضه‌ی رودخانه مذکور، فرسایش آبراهه‌ای بسیار فعال است. در تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی محدوده‌ها، توجه به میزان تراکم زهکشی شاید بهترین شاخص باشد، به همین دلیل در این بررسی نیز به آن توجه شده است.

این یعنی پتانسیل بالای حوضه نسبت به وقوع سیل‌هایی با اوج بالا. شکل حوضه‌ها بهترین شاخص برای برآورد پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها هستند. با استفاده از ضریب کشیدگی، می‌توان با استناد به ارقام، پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها را نشان دهد. اعداد محاسبه شده برای حوضه‌های رودخانه‌ی شور در جدول (۱) نشان می‌دهد که حوضه‌ی رودخانه‌ی شور با عدد کمتر (کمتر کشیده) دارای پتانسیل بالایی برای وقوع سیل است. مواردی که ذکر شد در مورد ضریب گردآوری نیز صادق است. ضریب تراکم از ضرایب معتبر برای بررسی پتانسیل محدوده‌ها برای وقوع سیل‌ها محسوب می‌شوند. به همین دلیل در این بررسی نیز از این ضریب بهره‌گیری شده است. حوضه‌ای که دارای بیشترین ضریب تراکم (نزدیک به دایره) می‌باشد (مانند حوضه‌ی شور) بنابراین احتمال وقوع سیلاب‌هایی با اوج بالا بیشتر و در نتیجه جزو حوضه‌های سیل‌خیز محسوب می‌شود. ضریب دیگری که در تحلیل سیلاب‌های حوضه‌ی رودخانه‌ی شور مورد استفاده قرار گرفته است، نسبت بافت است. مقدار این نسبت در حوضه‌های کم سیل‌خیز کم و برعکس در حوضه‌هایی با سیل‌خیزی بزرگ است. با توجه به مقادیر جدول (۱) می‌توان گفت که در حوضه‌ی رودخانه شور مقدار آن بالا است.

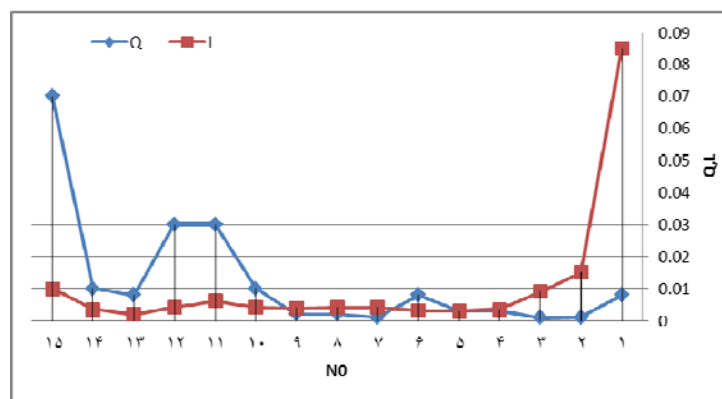
بررسی اعداد مربوط به تراکم زهکشی درج شده در جدول (۱) نشان می‌دهد که میزان کل آبراهه‌ها در واحد سطح حوضه رودخانه‌ی شور بسیار بالا است. این در واقع به معنی پتانسیل سیل‌خیزی بالا در این حوضه است. ضریب ثابت کانال که عکس تراکم زهکشی است، می‌تواند توجیه‌کننده‌ی عکس توضیحات ارائه شده در مورد تراکم زهکشی حوضه‌ها باشد. اعداد مربوط به ناهمواری حوضه‌ی مندرج در جدول (۱) نشان می‌دهد که اختلاف ارتفاع در این حوضه بیشتر است. این بدین 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 زیاد در مسیر بالا خواهد بود. اعداد مربوط به ضریب ناهمواری نیز در حوضه‌ی مذکور بیشتر است. این مقادیر حاکی از این است که در حوضه‌ای مانند رودخانه شور که مقدار ضریب ناهمواری بالا است دامنه‌ها طولانی و پرشیب هستند. بنابراین آب‌های بیشتر در زمان کمتر به پایین دامنه‌ها می‌رسند. به عبارت دیگر در یک محدوده‌ی ویژه نه تنها آب بیشتری جمع‌آوری می‌شود، بلکه آب‌های جمع‌آوری شده با سرعت بیشتری به آبراهه‌های بزرگتر می‌رسند.

جدول ۱: ضرایب مربوط به شاخص‌های مورفومتریک محاسبه شده برای حوضه‌ی شور

سمبول	شاخص	مقدار ضرایب در 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	۲۴۷,۸۳
Re	ضریب کشیدگی	۰,۲۵
Rc	ضریب گردآوری	۰,۳۵
Kc	ضریب تراکم	۱,۶۶
Rf	عامل شکل	۰,۵
T	نسبت بافت	۲,۶۳

مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۹





شکل ۶: رابطه بین طول پیچان و دبی در مسیرهای مختلف رودخانه شور

مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۹

بستر سیلابی فعال، کنترل می‌شود ( Daniels at all, 2006: 287, Daniels at all, 2003:162). بنابراین با استفاده از پهنای کمر بند کانال و فواصل پشته‌های ایجاد شده در مسیر پیچان (با استفاده از محل قوس‌های مئاندرها) و بزرگی پیچان و در نتیجه، بیلان بین شاخص‌های مربوط به بزرگی پیچان‌ها و فواصل پشته‌ها و پهنای کمر بند پیچان، می‌توان خطر سیل در مسیر پیچان رودها را محاسبه نمود. 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 هستند. این در صورتی است که مسیر رود در کانالی محدود شده و قدرت حرکت جانبی را نداشته باشد. اما اگر مقادیر LFH به ۱ نزدیک شود، به همان میزان خطر سیلاب‌های محلی نیز افزایش می‌یابد (Loczy at all, 2009: 115).

نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد که: در مسیر رودخانه شور، مقدار LFH بالای صفر بوده و اغلب مقادیر محاسبه شده در حوالی صفر قرار گرفته‌اند (شکل ۷). با این یادآوری که مقادیر ۱ و نزدیک به یک معرف سیل خیری بالا در مسیر پیچان‌ها هستند و مقادیر صفر و یا منفی، معرف عدم تشکیل سیل در محدوده‌ی مورد بررسی است.

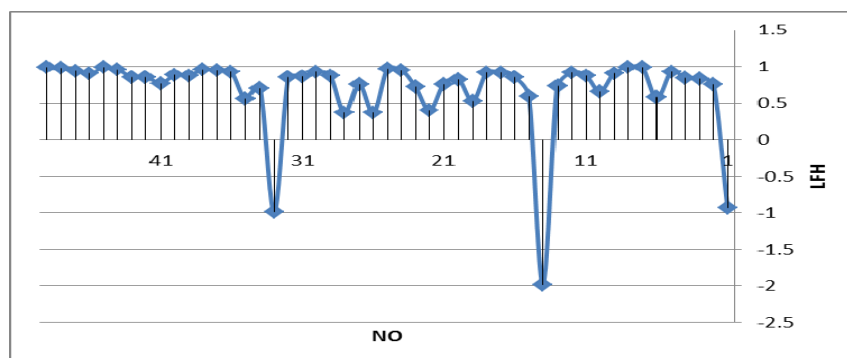
در نهایت با توجه به نتایج محاسبات می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حوضه‌ی رودخانه شور از سیل خیزتری بالایی برخوردار است. این در واقع به این معنی است که در این مسیر مازاد انرژی که علت اصلی ایجاد مئاندرها می‌باشد زیاد است. بنابراین بزرگی قوس پیچان‌ها در مسیر رودخانه شور نیز با آن قابل توجیه است.

#### ت- بررسی و برآورد دبی میانگین با استفاده از طول پیچان

برای بررسی دبی میانگین از ویژگی‌های خود پیچان‌ها نیز استفاده می‌شود. در این مقاله نیز سعی شده از روابط مربوطه استفاده شود. نتایج حاصل از به‌کارگیری رابطه ارائه شده در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که در بخش‌هایی که طول پیچان افزایش یافته است، میزان دبی نیز افزایش یافته (به غیر از قطعه ۱۰ و ۱۱). به عبارت دیگر از قوس‌های بزرگ پیچان سیلاب‌هایی با دبی بالا گذر کرده‌اند (شکل ۶).

#### ج- بررسی خطر وقوع سیل در مسیر پیچ و خم‌دار رودخانه‌ی شور

در طول رودخانه‌هایی با الگوی جریان پیچان، اندازه‌ی مسیر سیلاب‌ها توسط پهنای کمر بند مئاندر



شکل ۷: مقدار LFH در کل قطعات مسیر رودخانه‌ی شور

مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۹

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

بررسی رابطه‌ی طول، پهنای پیچان و زاویه‌ی قوس پیچان نشان می‌دهد که در بخش‌های میانی مسیر رودخانه‌ی شور پهنای طول در طول قطعات ۷ تا ۱۰ و همچنین قطعه ۴ افزایش یافته است. این بدین معنی است که در این بخش‌ها قوس پیچان افزایش یافته و در نتیجه احتمال عبور سیلاب‌های بزرگتر و با قدرت فرسایشی بالاتر نیز افزایش یافته است (شکل ۸). بررسی‌های میدانی در محدوده‌ی مورد مطالعه همچنین نشان می‌دهد که زمانی که قوس پیچان‌ها با دیواره‌ها تماس می‌گردد، مواد آبرفتی کناری به داخل بستر فرو ریخته و در بستر جابجا می‌شود. در این محدوده‌ها قدرت سایشی قوس‌ها به حدی است که گاه درختان کناری نیز نمی‌توانند مانع فرسایش کناری شوند (شکل ۸). در محدوده‌ی مورد مطالعه توجه به اندازه قوس پیچان‌ها، نشان می‌دهد که علل تأثیرگذار

با توجه به مقادیر محاسبه شده، از ابتدای محل تشکیل پیچان‌ها بخشی که رودخانه‌ی شور به رودخانه‌ی قرقو می‌پیوندد - به غیر از ۷ قطعه‌ی مورد بررسی در مسیر رودخانه‌ی شور (نقاط زیر صفر و دارای مقادیر منفی در شکل ۸) بقیه‌ی بخش‌های مسیر در معرض خطر سیل قرار دارند. در واقع از ۲۱ قطعه از مسیر رودخانه شور نشان می‌دهد که با توجه به قوس‌های تشکیل شده و پهنای دشت‌های سیلابی، در گذشته سیلاب‌های بزرگی از مسیر عبور کرده‌اند و پیچان‌های فعلی نیز دارای پتانسیل بالایی برای وقوع سیل‌های بزرگ هستند. در مسیر رودخانه‌ی شور حداکثر مقدار محاسبه شده مقدار ۰,۹۹ است که در بیشتر قطعات مورد محاسبه، مشاهده می‌شود. با توجه به مقادیر LFH در مسیر رودخانه شور می‌توان گفت که محدوده‌هایی که پیچان‌ها تشکیل شده‌اند، بسیار سیل‌خیز است. شایان ذکر است که، متوسط مقدار LFH مورد محاسبه در طول مسیر رودخانه‌ی شور ۰,۷۷ می‌باشد که باز نشان‌دهنده‌ی پتانسیل بالا خطر وقوع سیلاب‌های بزرگ در مسیر رودخانه است.

#### خ- بررسی رابطه‌ی پهنای و طول قوس پیچان‌ها با زاویه‌ی قوس

اندازه‌ی قوس پیچان‌ها به عنوان نمادی از اندازه بستر سیلابی و همچنین نشانه‌ای از انرژی رودخانه، در مسیر جریان رودخانه‌ها بسیار متفاوت است. افزایش در

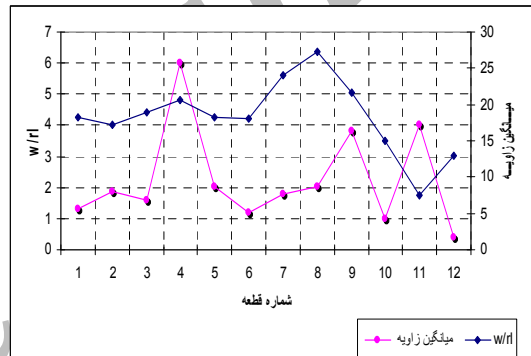
در کانال‌های پهن و کم‌عمق انحناء در اطراف محور خمیدگی تمرکز می‌یابد به نحوی که پیچان‌ها به پایین دست بیشتر جابجا می‌شوند تا این که انحناءها افزایش یابد. بررسی‌هایی که در بیشتر مماندرها صورت گرفته نشان می‌دهد که بین پهنای مسیر جریان و طول قوس و همچنین بین نسبت یاد شده و میانگین زاویه‌ی قوس‌ها در پیچان‌های تشکیل شده رابطه وجود دارد.

ب



در تغییر قوس پیچان‌ها در بخش‌های مختلف مسیر متفاوت است. این تنوع در علل تأثیرگذار در واقع باعث تشکیل پیچان‌رودهایی از نوع بی‌نظم در مسیر جریان رودخانه‌ی شور شده است. در مسیر رودخانه‌ی شور کانال‌های پهن و کم‌عمق دارای سینوزیته پایین‌تر از کانال‌های باریک و کم‌عمق دارند. به عبارت دیگر در کانال‌های باریک و عمیق سینوزیته افزایش می‌یابد.

الف



شکل ۸ (الف): رابطه بین پهنای و طول قوس و زاویه قوس در پیچان رود شور (ب) شدت فرسایش کناری در محل قوس پیچان رود شور  
مأخذ: نگارنده، ۱۳۸۹

### نتیجه

مسیر رودخانه تسریع می‌کند و با وقوع هر سیل، قوس پیچان‌ها جابجایی‌های مکرری را در بستر جریان انجام می‌دهند و به این ترتیب، جریان رود با کناره‌های دشت‌های سیلابی تماس می‌یابد. با توجه به شدت تغییرات پدید آمده، شناسایی محدوده‌هایی که به جابجایی مسیر جریان بیشتر مساعد بوده و دیواره‌ها نیز به فرسایش حساس هستند می‌تواند مدیریت این محدوده‌ها را آسان‌تر نماید. در طول مسیر رودخانه‌ی شور و درست از کناره بستر سیلابی جاده‌های ارتباطی و ریل‌های قطار عبور داده شده‌اند، با وقوع هر سیل و جابجایی هر پیچان و در نهایت تداوم فرسایش کناری در بخش‌هایی که قوس پیچان با کناره دشت سیلابی تماس شده است می‌تواند موجب تخریب این تأسیسات گردد.

با توجه به مقادیر محاسبه شده و مواردی که ذکر شد می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مسیر پرپیچ و خم رودخانه شور در طول سال‌های متمادی، وقوع سیلاب‌های بزرگی را تجربه کرده است و با وقوع هر سیلاب جابجایی‌ها عمده‌ای در مسیر جریان رودخانه رخ داده است. در اثر این جابجایی‌ها اندازه قوس پیچان که معرف میزان انرژی رودخانه است، تغییر یافته و با هر تغییر، رودخانه گاه به بخش‌های میانی و گاه به کناره‌ها کشیده شده و با تماس‌هایی که رودخانه با کناره‌های بستر سیلابی انجام داده پهنای دشت سیلابی گسترش و خطر و یا خطرات ناشی از فرسایش کناری افزایش یافته است. وقوع سیلاب‌های بزرگ که از خصوصیات اصلی مسیر رودخانه‌ی شور محسوب می‌شود، انجام تغییرات ژئومورفولوژیکی مهم را در

## منابع

- 8- 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.
- 9- Daniels, Melinda D (2006). Distribution and dynamics of large woody debris and organic matter in a low-energy meandering stream *Geomorphology* 77.
- 10- 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.
- 11- 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.
- 12- Loczy, D., Kis, E., Schweitzer, F (2009). Local flood hazard assessed from channel korphology. *Geomorphology*. In press.
- 13- Lofthouse, Caroline, André Robert (2008). Riffle-pool sequences and meander morphology. *Geomorphology* 99.
- 14- 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.
- 15- Rütther, N., N.R.B. Olsen (2007). Modelling free-forming meander evolution in a laboratory channel using three-dimensional computational fluid dynamics *Geomorphology* 89.
- 16- 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.
- ۱- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵). بررسی علل تشکیل و توسعه پیچان‌ها در دره‌های نواحی کوهستانی، رشد آموزش جغرافیا. شماره ۷۵.
- ۲- حسین‌آبادی حسین؛ محمود شفای بجستان (۱۳۸۸). بررسی عمق آبستگی محتمل در مئاندرهای رودخانه کارون، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه اهواز.
- ۳- رضایی مقدم، محمدحسین؛ کاظم خوش‌دل (۱۳۸۸). بررسی پیچ و خم‌های مئاندر اهرچای در محدوده‌ی دشت ازو مدل ورزقان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۳۳.
- ۴- زاهدی، مجید؛ مریم بیاتی خطیبی (۱۳۸۷). هیدرولوژی، انتشارات سمت.
- ۵- نوحه‌گر، احمد؛ مجتبی یمانی (۱۳۸۴). بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان‌رود و نقش آن در فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه میناب. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۱.
- ۶- محمودی، امین؛ ابوالفضل طهماسبی؛ مجتبی قره‌محمودلو؛ سعید جعفری (۱۳۸۷). بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گرگان‌رود در مجاورت شهر گنبد، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- 7- Abad, J. D., Marcelo H. Garcia (2006). RVR Meander: A toolbox for re-meandering of channelized streams. *Computers & Geosciences* 32.