

## بررسی آثار ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه رئیس کالا: البرز شمالی

محمدحسین رضایی مقدم<sup>۱</sup>، رضا اسماعیلی<sup>۲\*</sup>

۱ - استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.  
۲ - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

پذیرش: ۸۳/۱۲/۹

دریافت: ۸۳/۸/۱۶

### چکیده

استفاده از مطالعات ژئومورفولوژی، با توجه به پیشرفتهای اخیر در هیدرولوژی دیرینه سیلاب، به عنوان مکملی برای نگرشهای هیدرولوژیکی متداول مورد نیاز است. عوامل مؤثر در سیل خیز بودن حوضه رئیس کالا به دو دسته تقسیم می‌شوند: الف) عوامل مربوط به حوضه زهکشی؛ ب) عوامل مربوط به کانال رود که نقش مهمی در تغییر یا ایجاد لندفرمهای رودخانه‌ای داشته و بیشتر تحت تأثیر لیتولوژی و تکتونیک قرار دارند. برای تخمین دبی با استفاده از شاخصهای دیرینه تراز و روشهای گیاهی از چند مقطع نقشه برداری شد و در بازه‌های مختلف تنش برشی، قدرت رود و سایر پارامترهای مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS محاسبه شد؛ سپس آثار فرسایشی و اشکال رسوبی ناشی از سیلاب بررسی شد. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که با استفاده از شاخصهای دیرینه تراز و توانش جریان در رودخانه‌های پرشیب و کوچک کوهستانی، می‌توان بزرگی سیلاب را با دقت بیشتری پیش‌بینی کرد و در طراحی سازه‌ها و پهنه‌بندی خطر آن را به کاربرد.

**کلیدواژه‌ها:** دیرینه سیلاب، ژئومتری کانال، قدرت رود، شاخصهای دیرینه تراز PSI، نرم‌افزار HEC-RAS.

### ۱- مقدمه

سیل به عنوان یک پدیده طبیعی و یک مخاطره (در مواردی که انسان و منافع مالی او در خطر باشد) از دیرباز توجه علوم مختلف از جمله هیدرولوژی، هیدرولیک و ژئومورفولوژی را به خود مشغول کرده است. در علم ژئومورفولوژی دو برداشت متفاوت یکی مشتمل بر اندازه‌گیری مقدار بار معلق و دیگری بررسی آثار ژئومورفیک در قالب تغییر در لندفرمها

E-mail: re\_esmaili@niau.ac.ir

\*نویسنده مسئول مقاله:



وجود دارد [۱، ص ۱۸۵]. در این مقاله که نگرش دوم مدنظر قرار داشته و هدف اصلی آن بررسی آثار ژئومورفیکی سیل در حوضه رئیس کلا و تخمین دبی اوج سیلاب با استفاده از روشهای پائوهیدرولوژی بوده است، حوادث بزرگ و نادر نقش ژئومورفیک مهمی را در بعضی از محیطهای رودخانه‌ای بازی می‌کنند و ممکن است برای حمل رسوبات با قطر زیاد سیلابهای با دوره برگشت طولانی‌تر در آنها لازم باشد.

مطالعات ژئومورفولوژیکی سیل، با پیشرفت‌های اخیر در مبحث هیدرولوژی با عنوان هیدرولوژی دیرینه سیلاب<sup>۱</sup> به صورت مکملی برای نگرشهای هیدرولوژیکی در این زمینه درآمده است [۲، ص ۱۳۹]. به طوری که تعیین ویژگیهایی مانند عمق، حجم، دبی و فراوانی سیلابها برای برنامه‌ریزی و طرحهای عملیات و اقدامات سازه‌ای مربوط به سیلاب مثل دایکها، پلها و... مهم است. در این راستا، مطالعات پائوهیدرولوژیکی با استفاده از ابعاد و نوع کانال یا بزرگی نهشته‌های درون رودخانه‌ای می‌تواند در بازسازی داده‌های مربوط به سیل استفاده شود و افزون بر این، تحلیل‌های هیدرولوژیک در مناطق بدون ایستگاه هیدرومتری نیز با توجه به امکانپذیر بودن بررسی و مطالعه ابعاد کانال یا مسیر آبراه‌ها و سایر شاخصهای ژئومورفیک مربوط به آنها با استفاده از روشهای مختلف از جمله روش شیب - سطح مقطع میسر می‌باشد.

مشخص کردن آثار وقوع سیلابها در عمل فرسایش، نهشته‌گذاری و دیگر موارد مربوط به ژئومورفولوژی در یک دره به طور قابل ملاحظه‌ای به زمان و عوامل محیطی - مکانی وابسته است. در این صورت توجه به آنها با هدف بررسی آثار ژئومورفیکی جریانهای بزرگ در موقعیتهای مختلف بسیار حایز اهمیت است. شایان ذکر است که قوانین معین هیدرولوژیکی و جریانهای غالب ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، فرسایش و حمل رسوب توأم با مکان و زمان خاص نیز درک پیش‌بینی آثار سیلاب را به صورت همه جانبه فراهم می‌کند و از جمله نکاتی می‌باشد که لازم است به آن توجه شود.

مطالعه ژئومورفولوژی سیلاب<sup>۲</sup> از سه دهه اخیر با به‌وجود آمدن نگرشی جدید تحت عنوان هیدرولوژی دیرینه سیلاب (که به‌وسیله ژئومورفولوژیستها توسعه یافت)، روند جدیدی پیدا کرده است.

1. paleo flood hydrology  
2. flood geomorphology

این مطالعات به وسیله ویکتور بیکر<sup>۱</sup> تحت عنوان پالئوایدرولوژی آغاز شد [۳، ص ۱۰۵]: سپس در سطح جهان مطالعات تحقیقی متعددی، مخصوصاً درباره رودهای بزرگ با استفاده از رسوبات آب ساکن<sup>۲</sup> برای بازسازی سیلابهای قدیمی صورت گرفت. اما همچنان که جررت<sup>۳</sup> ذکر کرده است، هیدرولیک و هیدرولوژی رودهای کوهستانی به صورت ضعیفی نسبت به رودهای سایر واحدهای ژئومورفولوژی شناسایی شده اند [۴، ص ۲۳۸]. به همین دلیل در تحقیق حاضر، مطالعه منطقه پژوهش شده برای درک بهتر روند فعالیت رودهای کوچک کوهستانی (که وقوع سیلابها در آنها ناگهانی است) با استفاده از سایر روشهای دیرینه سیلاب مدنظر قرار گرفته است.

## ۲- مواد و روشها

حوضه مطالعه شده یکی از زیر حوضه های آبخیز لایچ رود است که با مساحتی حدود ۱۳ کیلومتر مربع در البرز شمالی و جنوب شهر نور واقع شده است. این حوضه که رئیس کلا نام دارد، بین ۳۶°۲۰' تا ۳۶°۲۳' عرض شمالی و ۵۱°۵۹' تا ۵۲°۲' طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). میانگین بارش سالیانه حوضه حدود ۶۰۰ میلیمتر است و تقریباً ۶۸ درصد آن در فصل پاییز و زمستان می بارد.

در ابتدا، عوامل کنترل کننده واکتشفای ژئومورفیک بررسی شد. این عوامل براساس ارتباط داشتن با کانال و دشت سیلابی به دو دسته تقسیم می شوند [۸، ص ۱۷۰]:

۱- فاکتورهای حوضه زهکشی مانند اقلیم (رژیم بارش)، پوشش گیاهی، خاک و غیره که جزو عوامل بیرونی محسوب می شوند. این عوامل روی رواناب تأثیرگذار است و افزایش دبی ناشی از آنها روی کانال و دشت سیلابی اثر می گذارد.

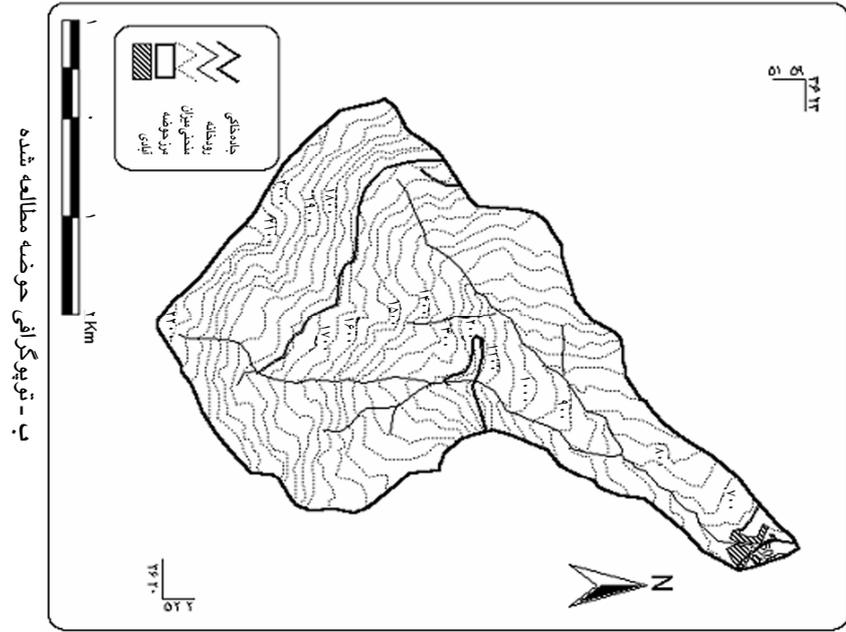
۲- عواملی مانند شیب آبراهه، بار بستر درشت دانه، ژئومتری کانال و دشت سیلابی که به عنوان عوامل درونی شناخته می شوند و بیشتر تحت تأثیر لیتولوژی و تکتونیک قرار دارند [۸، ص ۱۸۵].

---

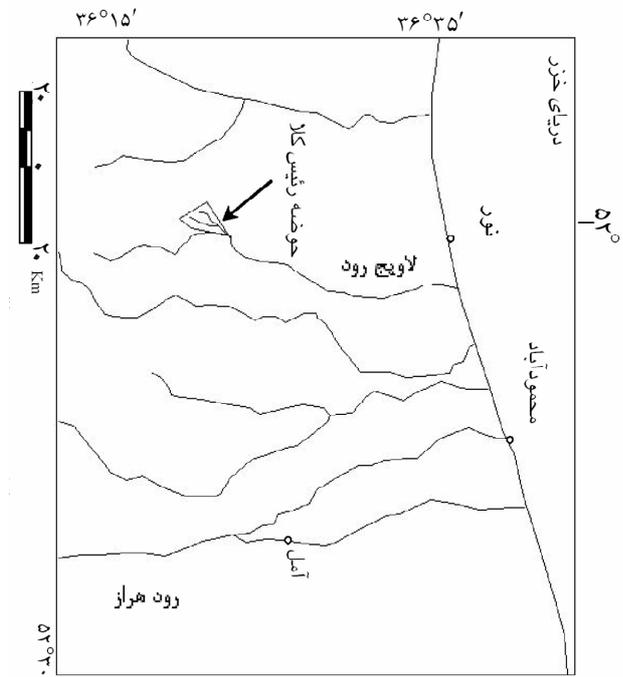
3. Victor Baker  
1. SWD: Slack Water Deposits  
2. Jarrett

رضا اسماعیلی و همکار  بررسی آثار ژئومورفولوژیکی سیلاب...  
\_\_\_\_\_

سرعت زیاد جریان آب، فرسایش کانال، کرانه و دشت سیلابی را تسهیل می‌کند؛ رسوبات درشت‌دانه هم می‌توانند به صورت یک وسیله فرساینده در فرسایش ناشی از سیلاب به کار روند [۱، ص ۱۸۵].  
اندازه این رسوبات که از حوضه زهکشی وارد آبراهه می‌شوند، تحت تأثیر لیتولوژی و اقلیم قرار دارد.



ب - توپوگرافی حوضه مطالعه شده



الف - موقعیت حوضه مطالعه شده

شکل 1 موقعیت مکانی و وضعیت توپوگرافی حوضه رئیس کالا [5]



بنابراین برای محاسبه حداکثر دبی سیل و بالا آمدن سطح آب با استفاده از روشهای زیر از چند مقطع از بازه‌های انتخابی در مسیر رودخانه نقشه برداری شد (شکل ۲).

۱- شاخصهای دیرینه تراز PSI<sup>۱</sup>: این شاخصها عبارتند از: ۱- از خطوط سیلانی که دقیقترین تخمین تراز را فراهم می‌کنند. ۲- نهشته‌های واریزه‌ای و موانع بولدری (موانع قطعه سنگی)<sup>۲</sup> که نشاندهنده سطح پایین آب در سیلاب هستند [۶، ص ۱۱۶].

۲- شاخصهای گیاهی (بوتانیکی)<sup>۳</sup>: وجود جوانه‌های زاید، خراشهای ایجاد شده روی درختان به علت برخورد واریزه‌های سیلابی که حداکثر ارتفاع خراش یک تخمین حداقلی را از دبی اوج فراهم می‌آورد، نفوذ واریزه‌های سیلابی در شکاف درختان، قطع شدگی ریشه درختان و ...

۳- توانش<sup>۴</sup> جریان: در این روش اندازه ذرات به عنوان شاخصی از توانایی حمل رسوب (تنش برشی، قدرت رود و...) بررسی می‌شود و رسوبات درشت‌دانه هم به صورت شاخصی برای جریانهای سیلابی بزرگ به کار می‌روند [۶، ص ۱۱۵].

بنابراین با استفاده از فرمول مانینگ<sup>۵</sup> و روش شیب - سطح مقطع ساده شده دبی در مقاطع مختلف محاسبه شد، (رابطه‌های ۱ و ۲):

$$V = R^{2/3} S^{1/2} n^{-1} \quad (1)$$

$$Q = AR^{2/3} S^{1/2} n^{-1} \quad (2)$$

در رابطه فوق، Q: دبی  $m^3/s$ ؛ A: مساحت مقطع عرضی کانال رودخانه  $(m^2)$ ؛ V: سرعت جریان آب  $(m/sec)$ ؛ R: شعاع هیدرولیک  $(A/p)$ ؛ S: شیب سطح آب که در عمل شیب بستر کانال یا رودخانه  $(m/m)$  است و n ضریب زبری مانینگ می‌باشد.

در روش شیب- سطح مقطع ساده شده به وسیله روابط شیب، ضریب زبری حذف شده است و به صورت رابطه ۳ می‌باشد [۷، ص ۶۱]

$$Q = 2/17 AR^{0.83} S^{0.12} \quad (3)$$

1. Paleostage Indicator

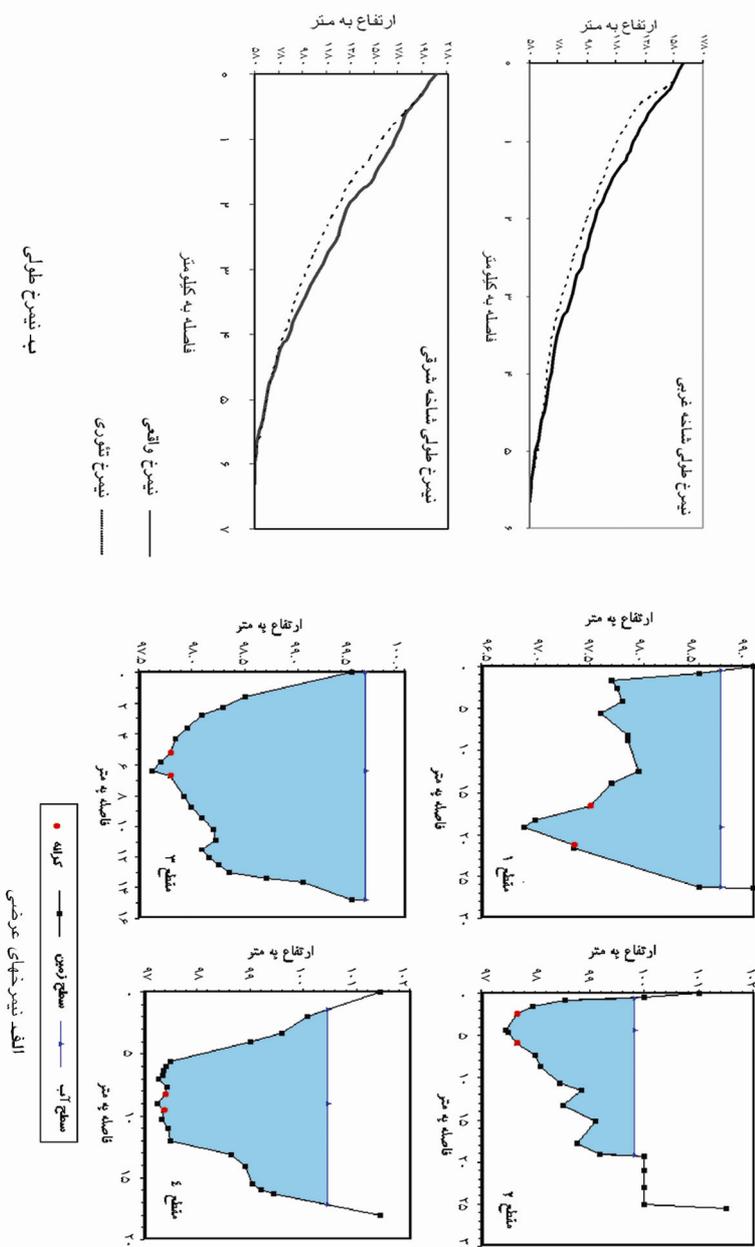
2. boulder bar

3. botanical method

4. competence (بزرگترین ذره‌ای را که یک رود تحت شرایط هیدرولیکی خاص می‌تواند جابه‌جا کند)

5. manning

محاسبات مربوط به تخمین دبی و سایر پارامترهای هیدرولوژیک با استفاده از نرم افزار HEC- RAS<sup>1</sup> انجام گرفته است. مؤلفه‌های آنالیز هیدرولیک در این نرم افزار عبارتند از:



شکل ۲. تیمنجهای عرضی و طولی رودخانه رئیس کلا



۱- محاسبات نیمرخ سطح آب جریانهای پایدار<sup>۱</sup>؛

۲- شبیه‌سازی جریانهای ناپایدار؛

۳- محاسبات مربوط به حمل رسوب.

نمایش داده‌های ژئومتریک و محاسبات هیدرولیک در همه محاسبات مشترک است. بعد از محاسبه دبی اوج سیلاب مسائل ژئومورفیک مربوط به فرسایش، حمل رسوب و نهشته‌گذاری بررسی و تحلیل شد. به طور کلی فرسایش کرانه‌ای به دو فرایند عمده وابسته است: کشیده‌شدن ذرات رودخانه‌ای، سستی و هوازدگی مواد کرانه‌ای که پتانسیل حرکات توده‌ای را افزایش می‌دهند. در فرایند کشیده شدن ذرات رودخانه‌ای، رسوبات ممکن است به صورت مستقیم از سطح کرانه به وسیله تنش برشی ایجاد شده از جریان رودخانه کنده شوند که این فرایند سایش<sup>۲</sup> نام دارد [۸، ص ۲۰۲]. افزایش در سرعت و تنش برشی سبب افزایش ظرفیت حمل رسوب می‌شود و رسوبات را از بستر خود همگام با افزایش میزان تعادل فرسایش می‌دهد.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- عوامل کنترل‌کننده واکنشهای ژئومورفیک در حوضه مطالعه شده

##### ۳-۱-۱- رژیم بارش

بارشهایی که باعث ایجاد سیلاب در حوضه می‌شوند، به طور عمده از عوامل زیر منشأ می‌گیرند:

۱- بارشهای شدید تابستانی: این نوع از بارشها به طور عمده محلی هستند و به علت نفوذ توده‌های هوای مرطوب از سمت دریای خزر و صعود اوروگرافیک ایجاد می‌گردند. این عامل منجر به سیلابهای بزرگ در حوضه می‌شود. برای مثال رگبار ۱۳۷۶/۴/۱۰ (میزان بارش در ایستگاه تنگه که در قسمت شمال حوضه لاریج رود قرار دارد، ۸۰ میلیمتر گزارش شده است) که باعث وقوع سیل در حوضه شده است.

۲- بارشهای فصل پاییز: ایجاد بارشهای سنگین فصل پاییز در جنوب دریای خزر بیشتر به علت پرفشارهای مهاجر است [۹، ص ۲۸۱]. در این فصل با به وجود آمدن یک ناوه عمیق (که محور آن دارای امتداد شمال شرقی- جنوب غربی است) و از روی دریای خزر عبور می‌کند

1. steady flow  
2. corrasion

و بر اثر فرارفت هوای سرد شمالی روی آبهای گرم باعث ناپایداری می‌شود و بارشهای سنگینی در منطقه ریزش می‌کند [۹، ص ۲۸۱].

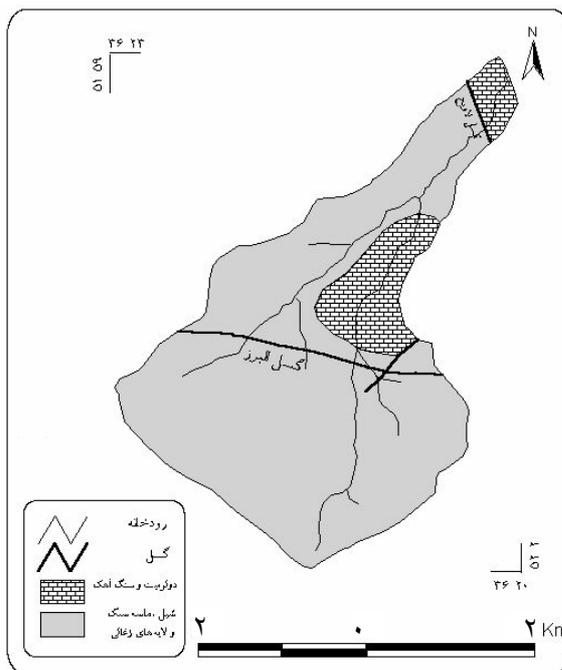
از کل بارشهای سنگین فصل پاییز ۷/۵۴ درصد مربوط به پرفشارهای مهاجر، ۳/۲۸ درصد به پرفشارهای ادغامی (ادغام پرفشارهای مهاجر و پرفشار سیبری) و ۱۷ درصد مربوط به سامانه‌های کم‌فشار می‌باشد [۹، ص ۲۰۸].

### ۳-۱-۲- شکل حوضه

ضریب فشردگی شکل حوضه مطالعه شده در قسمت بالادست ۱/۱۱۵ می‌باشد. اگر مقدار این ضریب ۱/۱۲۸ باشد، شکل حوضه به صورت مربع است [۱۰، ص ۱۰۵]. بنابراین شکل حوضه در قسمت بالادست تقریباً به صورت مربع است که این عامل با توجه به شیب زیاد حوضه باعث کوتاه شدن زمان تمرکز و افزایش حجم رواناب نسبت به سطح تحت زهکشی شده و باعث ایجاد سیلابهای ناگهانی می‌شود.

### ۳-۱-۳- لیتولوژی

با توجه به شکل ۳ سازند شمشک (ژوراسیک) با تناوبی از شیل، ماسه سنگ و لایه‌های زغالی ۸۶ درصد از سطح حوضه را شامل می‌شود و بعد از آن سازند الیکا (تریاس) با تناوبی از دولومیت‌های ضخیم لایه و سنگ آهک از پراکندگی کمتری برخوردار است.



شکل ۳ وضعیت سنگ‌شناسی حوضه رئیس کلا [۱۱]



### ۳-۱-۴- پوشش گیاهی و خاک

ویژگیهای پوشش گیاهی و خاک می‌توانند بر واکنش سیلاب در حوضه زهکشی تأثیر داشته باشند. در حوضه مطالعه شده از ارتفاع تقریباً ۷۵۰ متر به بالا پوشیده از درختان جنگلی با گونه‌های غالب راش، ممرز، افرا و توسکا می‌باشد، اما به علت وجود خاکهای قهوه‌ای با افق رسی که حدود ۸۰ درصد سطح حوضه را می‌پوشانند، نفوذپذیری نسبتاً کم شده و تولید رواناب بیشتر می‌شود. این خاکها در افقهای بالا بافت متوسط تا کمی سنگین و در افق B رس زیادتری دارا بوده و به نسبت سنگین تا بسیار سنگین می‌باشند. بنابراین همین عامل می‌تواند تأثیر قابل توجهی را در هیدروگراف سیل داشته باشد.

### ۳-۱-۵- شیب کانال

شیب متوسط نیمرخ طولی رود شاخه غربی و شرقی تا خروجی بترتیب حدود ۲۵ و ۳۲ درصد می‌باشد. با استفاده از روش لگاریتمی، نیمرخ تئوری هر دو شاخه غربی و شرقی ترسیم شد که به‌طور کامل از نیمرخ واقعی پایینتر بوده‌اند (شکل ۲). در این صورت می‌توان آن را به فعالیت تکتونیکی منطقه از جمله عبور گسل البرز و وجود گسل رورانده لایچ در حوضه نسبت داد.

### ۳-۲- فرسایش

سیل تیر ماه ۱۳۷۶ در حوضه آبخیز رئیس کلا با دبی تقریبی ۷۵ مترمکعب در ثانیه سبب تخریب پل ارتباطی بین روستاهای منطقه، دایک و واحدهای مسکونی و تجاری حاشیه رودخانه شد و تغییرات فرسایشی زیادی را در امتداد کرانه رودخانه و دشت سیلابی ایجاد کرد که از مهمترین این تغییرات می‌توان به فرسایش کرانه‌ای، پهن شدگی کرانه رودخانه و حرکات توده‌ای اشاره کرد.

تخمین قدرت رود، ارزیابی بالقوه‌ای را برای تغییرات کانال و دشت سیلابی فراهم کرده است و انرژی فراهم شده در بستر کانال برای غلبه بر اصطکاک و حمل رسوب را تشریح می‌کند [۱۲، ص ۲۸۳]. قدرت رود در محدوده مرزی کانال بر حسب وات بر مترمربع به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۲، ص ۲۸۳]:

$$\omega = \rho g Q_s w^{-1} \quad (4)$$

که در آن  $\rho$ : چگالی سیال ( $kg/m^3$ )؛  $g$ : شتاب ثقل ( $m/sec^2$ )؛  $Q$ : دبی ( $m^3/s$ )؛  $s$ : شیب انرژی  $m/m$  (شیب سطح آب که در عمل شیب بستر رودخانه در نظر گرفته می‌شود) و  $w$ : عرض سطح آب به متر است.

طبق محاسبات مگیلیگان<sup>۱</sup> آستانه فرسایش در کانالهای آبرفتی مناطق مرطوب ۱۰۰ نیوتن بر متر مربع یا ۳۰۰ وات بر متر مربع بترتیب برای تنش برشی و قدرت واحد رود است [۱۳، ص ۳۷۳]. با توجه به جدول ۱ قدرت رود در همه مقاطع انتخابی از آستانه فرسایش بیشتر بوده است. قدرت رود در مقاطع تنگتر بیشتر بوده و در مقاطع عریضتر کاهش یافته است. این ارزیابی قدرت رود با شواهد میدانی و پهن‌شدگی محلی کانال منطبق است. به طوری که در مقاطع عریضتر که قدرت رود کمتر بوده است، مانند مقاطع ۱ و ۲، رسوبات در اندازه‌های مختلف نهشته شده‌اند. اما در مقاطع تنگتر مانند مقطع ۴، عمل انتقال رسوبات درشت‌دانه بیشتر صورت گرفته است. در مسیر رودخانه مطالعه شده موانع رسوبی متعددی به صورت طولی وجود دارند که به طور عمده از قطعه سنگها و قلوه سنگها تشکیل شده‌اند و ارتفاع بعضی از آنها به حدود ۲ متر هم می‌رسد. این موانع باعث تنگ‌شدگی بعضی از بازه‌های کانال اصلی می‌شود؛ همچنین سبب شده است که حتی در دبی ۵ مترمکعب در ثانیه نیز قدرت رود از آستانه فرسایش تجاوز کرد و باعث حمل رسوبات از این موانع رسوبی شود.

طبق محاسبات کومار تنش برشی بستر جریانهای سیلابی حدود ۱۰۰۰ نیوتن بر مترمربع یا ۱۰۰۰۰ دین بر سانتیمتر مربع است [۱۴، ص ۱۰۵]. شایان ذکر است که قلوه سنگها و قطعه سنگهای کوچک با قطر ۱۰-۳۰ سانتیمتر به صورت معلق و قطعه سنگهای با قطر چند متر به صورت بار بستری حمل می‌شوند.

مقادیر تنش برشی ارائه شده در جدول ۱ و وجود رسوبات با قطر بیش از ۲ متر در بستر رود مطالعه شده، قدرت بسیار زیاد آن را در مواقع سیلابی نشان می‌دهد. فرایند دیگر مربوط به حرکات توده‌ای است که در امتداد دره حوضه مطالعه شده قابل مشاهده است. این فرایندها عبارتند از:

1. Magilligan



الف) خاک افت<sup>۱</sup>: این نوع از گسیختگی در حوضه فقط در کرانه‌های تقریباً عمودی که از رسوبات منفصل شامل خرده سنگها و رسوبات مخلوط هستند، رخ می‌دهند و وقتی اتفاق می‌افتند که رود پاشنه این کرانه‌ها را زیربری<sup>۲</sup> کرده است و باعث سقوط رسوبات به کف دره اصلی می‌شود (شکل ۴).

جدول ۱ ویژگیهای جریان سیلابی در مقاطع مختلف

شماره مقطع*	شعاع هیدرولیک A / P	عرض سطح آزاد آب به متر	تنش برشی $N/m^2$	قدرت رود $W/m^2$	آثار ژئومورفیکی
۱	۰/۹۷	۲۵/۸۸	۸۵۵	۲۳۹۵	فرسایش کرانه، موانع قطعه‌سنگی و قلوه‌سنگی
۲	۱/۳۲	۱۸/۷۳	۱۱۶۵	۳۲۶۰	فرسایش کرانه، موانع قطعه‌سنگی
۳	۱/۲۸	۱۴/۸۰	۱۱۲۹	۳۳۸۷	در موانع قلوه‌سنگی با ارتفاع کمتر از ۰/۵ متر
۴	۱/۸۲	۱۵/۷۰	۱۶۰۰	۴۸۰۰	شکل رسوبی خاصی مشاهده نشده است.

\*تعداد مقاطع ۱۵ مورد بوده است که در جدول فوق ۴ نمونه از آن به صورت انتخابی آمده است. لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به دبی ۷۵ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

ب) لغزش چرخشی: با توجه به نقشه ۲ مهمترین سازند زمین‌شناسی حوضه سازند شمشک است که ترکیبی از شیل، ماسه سنگ و لایه‌های زغالی می‌باشد. خاک تشکیل شده روی این سازند نیز به‌طور عمده خاک قهوه‌ای با افق رسی است. با توجه به بافت سنگین این خاکها، بارش فراوان، زهکشی ضعیف و شیب زیاد باعث ایجاد این نوع از لغزشها می‌شود و رودخانه مخصوصاً در مواقع سیلابی باعث زیربری این لغزشها و از بین بردن تکیه‌گاه موقتی آنها شده، لغزش را شدت می‌دهد [۱۵، ص ۱۶۲].

منشأ عمده رسوباتی که به‌وسیله رودخانه‌های موجود در حوضه حمل می‌شود، از این نوع لغزشهاست که گاهی با ایجاد سد موقتی در برابر جریانهای سیلابی و سپس شکسته شدن آنها حجم زیادی از آب رها شده و سیلاب تشدید می‌شود.

1. soil fall  
2. undercutting

### ۳-۳- نهشته گذاری

در طی سیلاب ناگهانی تیر ماه ۱۳۷۶، حجم عظیمی از رسوبات در امتداد مسیر رودخانه و در کف کانال نهشته شد؛ به طوری که در نزدیکی محل تلاقی رود رئیس کلا به لویج رود بستر اصلی رودخانه با رسوباتی به ضخامت بیش از یک متر پر شد و سطح اساس رودخانه بالا آمد.

در مبحث فرسایش گفته شد که رودخانه در دبی‌های سیلابی مختلف به علت ژئومتری خاص کانال دارای تنش برشی زیادی می‌باشد و نهشته‌هایی که به وسیله حرکات توده‌ای (خاک افت و لغزش) در بستر قرار می‌گیرند، منبع رسوبی مهمی هستند که به وسیله سیلابهای ناگهانی حمل می‌شوند.

از نهشته شدن این رسوبات اشکال مختلفی در امتداد بستر و حاشیه آن به وجود آمده است که می‌توان به موانع قطعه سنگی، موانع قلوه سنگی<sup>۱</sup> و انباشت توده‌های رسوبی با جورشدگی مختلف اشاره کرد. بیشتر نهشته‌های بزرگ (قلوه سنگها و قطعه سنگها) از جنس ماسه سنگ می‌باشند که در چینه‌شناسی سازند شمشک قرار دارند.



1. cobbel bar

شکل ۴ پدیده خاک افت

۳-۳-۱- موانع بولدری (قطعه سنگی)

چندین مانع قطعه سنگی به صورت طولی در امتداد کانال اصلی مشاهده شده‌اند، قطر این قطعه سنگها بیش از ۵۰۰ میلیمتر بوده است و ساختار متداخل<sup>۱</sup> دارند، ارتفاع بعضی از این موانع بولدری بیش از یک متر است (شکل ۵). در چند محل مخصوصاً در پیچهای رودخانه‌ای این موانع مسیر رودخانه اصلی را مسدود کرده و رودخانه مسیر اصلی خود را تغییر داده است.



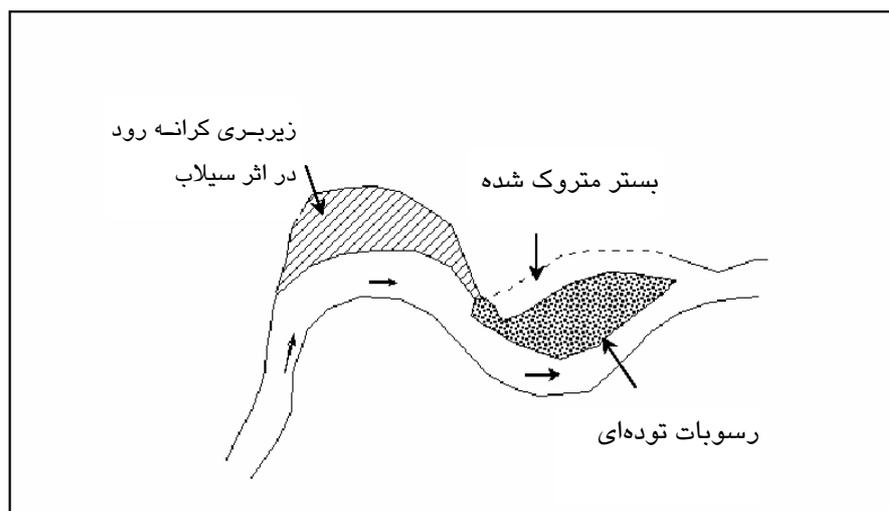
شکل ۵ موانع قطعه سنگی (بولدری)

۳-۳-۲- موانع کابلی (قلوه سنگی)

این موانع به صورت طولی در امتداد رودخانه قرار گرفته‌اند و با خمیره‌ای از رسوبات ماسه‌ای و سیلتی و ... مخلوط می‌باشند. جورشده‌گی آنها ضعیف بوده است و قطر متوسط ذرات آنها کمتر از ۱۲۰ میلیمتر می‌باشد.

۳-۳-۳- نهشته‌های توده‌ای

در بعضی از محل‌های رودخانه، رسوبات رودخانه‌ای به صورت توده‌ای حتی تا ارتفاع حدود ۳ متر هم مشاهده شده‌اند که به صورت مانع عمل کرده و در نتیجه مسیر رودخانه تغییر کرده است. این توده‌های رسوبی مخلوطی از نهشته‌های ریز تا بسیار درشت هستند و جورشده‌گی آنها بسیار ضعیف است، نهشته‌های توده‌ای در محل انحناهای رود در جایی که پهن‌شدگی در کرانه دره رخ داده و قدرت رود کاهش یافته است، مشاهده می‌شوند ( شکل ۶).





شکل ۶ نمایی از زیربری رود که در اثر سیلاب و ایجاد پدیده خاک افت به وجود آمده است، مشاهده می‌شود. این عامل باعث می‌شود تا موانع نهشته‌ای در مسیر رود عمل کرده و باعث تغییر مسیر رود شوند.

گرد شدگی کم در قطعه سنگهای درشت‌دانه با قطر ۱۰۰-۲۰۰ سانتیمتر درون رودخانه نشان‌دهنده جریانهای سیلابی کم وقوع با دوره برگشت طولانی و حمل رسوبات از مسافت کوتاه می‌باشد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، در حوضه مطالعه شده، واکنش عمده ژئومورفیک در ژئومتری کانال به‌صورت فرسایش کرانه‌ای (سایش و حرکات دامنه‌ای)، پهن‌شدگی کانال و رسوبگذاری بوده است که رسوبگذاری به‌صورت موانع قطعه سنگی، قلوه سنگی و توده‌های انباشتی می‌باشد. لازم به ذکر است که نسبت زیاد مواد درشت در بستر اصلی و مجاور آن، تغییر مسیر رودخانه و پرشدگی کانال در قسمت پایین دست رود، تنش برشی و قدرت زیاد رود را در سیلابهای بزرگ نشان می‌دهد.

تحقیق حاضر نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از شاخصهای دیرینه تراز PSI، شاخصهای توانش رودخانه (قدرت رود، تنش برشی بستر)، ژئومتری کانال، وجود رسوبات درشت‌دانه (که هم نشان‌دهنده قدرت رود در مواقع سیلابی هستند و هم به‌عنوان عاملی فرساینده محسوب می‌شوند) می‌توان تأثیرات سیلابهای بزرگ را در یک کانال تشریح کرد. البته استفاده از شاخصهای دیرینه تراز زمانی میسر است که مقاطعی از بازه‌های رودخانه‌ای که مطالعه می‌شوند، به‌صورت پایدار باشند و یا اینکه بعد از وقوع سیلاب این اندازه‌گیریها صورت گیرد. این روشها، داده‌های بیشتری را برای داده‌های سیستماتیک و همچنین برای حوضه‌های بدون ایستگاه هیدرومتری فراهم کرده است؛ همچنین باعث دقت بیشتر در پیش‌بینی رفتار سیلاب و در نتیجه در امر برنامه‌ریزی و طراحی ساختارها و پهنه‌بندی خطر سیل در حاشیه رودخانه می‌شود تا مانند آنچه که در حوضه آبخیز رئیس کلا اتفاق افتاده است، به‌وجود نیاید.

## ۵ - منابع

- [1] Kochel, R. C.; "Geomorphic impact of large floods" ; In: *Baker, V.R, R. C. Kochel, & P.C. Patton*, (eds), flood geomorphology, Canada: Toronto, Wiley, 1988.
- [2] Baker, V. R.; "Geomorphological understanding of floods" ; *Geomorphology* 10, 1994.
- [3] Gillieson, D.; Smith, D.I.; Greenway, M. and Ellaway, M.; "Flood history of the limestone range in Kimberley region, western Australia; *Applied Geography* 11, 1991.
- [4] Phillips, J. D.; "Geomorphic impact of flash flooding in a forested head water basin" ; *Journal of Hydrology* 269, 2002.
- [۵] سازمان نقشه برداری کشور نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰.
- [6] Salas, J. d., E. E. Wohl & R. D. Jarrett; Determination of flood characteristics using systematic, historical and paleoflood data; Rossi, g., et. al., (eds), *Coping with floods*, 1994.
- [7] Rico, M, G. Bentio & A. Barnolas; "Combined paleoflood and rainfall-runoff assessment of mountain flood (Spanish Pyrenees)"; *Journal of Hydrology*; 245, 2001.
- [8] Ritter, C. F., R. C. Kochel & J.R. Miller; *Process Geomorphology*, Wm.C. Brown publishers (Third edition), 1995.
- [۹] یوسفی، حسن؛ «زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی خزر»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.
- [10] Zavoianu, Ion; "Morphometry of drainage basin" ; *Elsevier*, 1985.
- [۱۱] نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آمل، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۸.
- [12] Meyer, G. A.; "Recent large-magnitude floods and their impact on valley-floor environments of northeastern yellowstone"; *Geomorphology* 40, 2001.
- [13] Magilligan, F. J.; "Thresholds and thespatial variability of flood power during extreme floods"; *Geomorphology* 5, 1992.
- [14] Komar, P. D.; Sediment transport by floods; *Baker, V. R, R. C. Kochel & P. C. Patton* , (eds), flood geomorphology, Canada: Toronto, Wiley, 1988.

رضا اسماعیلی و همکار  بررسی آثار ژنومورفولوژیکی سیلاب...  
\_\_\_\_\_

[۱۵] ثروتی، محمدرضا و رضا اسماعیلی؛ سازوکار فرسایش در حوضه آبخیز لویج رود؛  
علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی (۴ و ۵)، ۱۳۸۰.