

پاسخ رسوبی - ژئومورفیک رودخانه‌های کوهستانی ایلام به سیلاب شدید سال ۹۴

زهرا خان بابایی* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران.
 ابراهیم مقیمی - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
 مهران مقصودی - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران.
 مجتبی یمانی - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
 سیدکاظم علوی پناه - استاد گروه سنجش از دور، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۷/۱۸

چکیده

مشاهدات و تفسیر اشکال رسوبی - ژئومورفیک رودخانه‌ها در طول سیلاب‌های شدید و پس از آن، برای درک بهتر مکانیسم واکنش تغییرات رودخانه، اساسی می‌باشد. از جمله پاسخ‌های ژئومورفولوژیک رودخانه‌ها به سیلاب‌های شدید می‌توان به گسترش کانال، حمل و نقل و رسوب مواد بسیار دانه درشت، تغییرات عرض پهنه‌های فرسایشی و تراکمی، فرسایش ساحلی کانال و ایجاد نهشته‌ها و اشکال رسوبی در بستر و حاشیه رودخانه‌ها اشاره کرد. هدف از انجام این مطالعه، شناسایی اشکال رسوبی و مورفولوژیک رودخانه‌های کوهستانی بالادست سد ایلام در پاسخ به سیلاب شدیدی که در آبان‌ماه سال ۹۴ در استان ایلام اتفاق افتاد می‌باشد. برای نیل به این هدف، بازدیدهای میدانی از ۱۰۰ سایت (هم در سطح آبراهه‌های بالادست و هم در رودخانه‌های اصلی منطقه مورد مطالعه) به منظور جمع‌آوری اطلاعات کیفی در فرایندها (به عنوان مثال انتقال رسوب، فرسایش ساحلی) که مسئول تغییرات مورفولوژیک است، صورت گرفت. با استفاده از روش توصیفی - تطبیقی، تجزیه و تحلیل رسوبات سیلابی از طریق بررسی خصوصیات کیفی بافت و ساختار نهشته‌های سیلابی انجام شد. انواع مختلفی از نهشته‌ها و رخساره‌های سیلابی به عنوان اثرات مشخصه سیلاب شدید ایلام ثبت و با استفاده از GPS تعیین موقعیت شد. نتایج حاکی از وجود سه نوع نهشته رسوبی (پشته قلوه‌سنگی، نهشته طولی شنی قلوه‌سنگی و نهشته جانبی شنی قلوه‌سنگی) و یک نوع از اشکال رسوبی (باریکه قلوه‌سنگی) در آبراهه‌های کوهستانی و چهار نوع نهشته رسوبی (نهشته طولی، نهشته مورب، نهشته مرکب جانبی و نهشته دماغه‌ای) و یک نوع از اشکال رسوبی (پشته شنی) در رودخانه‌های اصلی مورد مطالعه بود. همچنین توالی خاص فضایی از اشکال رسوبی در امتداد رودخانه‌های کوهستانی پیدا شد، به طوری که ابتدا تشکیلاتی از پشته و باریکه قلوه‌سنگی ایجاد شده، سپس این اشکال توسط نهشته‌های طولی و جانبی در بازه‌های پایین‌تر جایگزین شده بودند.

واژگان کلیدی: رخساره‌های سیلابی، تغییرات مورفولوژیک، سیلاب شدید، سد ایلام.

مقدمه

مطالعات انجام شده در زمینه بلایای طبیعی نشان داده که سیلاب چه از نظر فراوانی و چه از نظر میزان خسارت وارده بیش‌ترین سهم را بر عهده دارد. رودها در هر اندازه و وسعتی ممکن است به‌علت فرایندهای ژئومورفیک (نه فرایندهای صرفاً هیدرواقلمی) دچار سیلاب‌های غیرمتعارف و غیرمعمول شوند (جاکوب و جردن^۱، ۲۰۰۱). سیلاب‌های شدید سبب افزایش قدرت آبراهه‌ها، نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری در کانال رودخانه‌ها می‌گردد (رادک^۲، ۲۰۰۰). اثرات ژئومورفولوژیک سیلاب بستگی به اندازه آبراهه، بزرگی و فرکانس واقعه سیلاب (توزیع در زمان) و خواص فیزیکی کانال‌ها، سواحل، و دشت آبرفتی دارد (میلر^۳، ۱۹۹۰). از جمله پاسخ‌های ژئومورفولوژیک رودخانه‌ها به سیلاب‌های شدید می‌توان به گسترش کانال، حمل و نقل و رسوب مواد بسیار دانه درشت، تغییرات عرض پهنه‌های فرسایشی و تراکمی، فرسایش ساحلی کانال و ایجاد نهشته‌ها و اشکال رسوبی در بستر و حاشیه رودخانه‌ها اشاره کرد. در آبان‌ماه ۱۳۹۴ به‌دنبال وقوع بارندگی‌های شدید و ناگهانی، سه سیلاب بزرگ و ویرانگر، با دبی حداکثر لحظه‌ای ثبت‌شده ۲۳۰ مترمکعب در ثانیه (ایستگاه گل‌گل) از ششم تا هشتم آبان‌ماه در استان ایلام به وقوع پیوست که طی شواهد و قرائن موجود در چند دهه اخیر بی‌سابقه بوده است. سیلاب‌های مزبور تغییرات عمده‌ای در مورفولوژی آبراهه‌ها و رودخانه‌های اصلی ایلام را سبب گردید و نهشته‌ها و اشکال رسوبی متنوعی در بستر و حاشیه رودخانه‌ها و آبراهه‌ها ایجاد نمود. از آنجایی که مطالعات خیلی کمی در این زمینه ارائه شده بنابراین این پژوهش با هدف بررسی پاسخ رسوبی ژئومورفیک رودخانه‌های کوهستانی از جنبه ایجاد لندفرم‌های سیلابی در بالادست سد ایلام به واقعه سیلاب‌های شدید انجام شد.

در دو دهه گذشته، هنگامی که سیلاب‌های شدید فرایندهای رودخانه‌ای متعدد ایجاد نموده، تعدادی از مطالعات موردی به بررسی پاسخ مورفولوژیک رودخانه‌ها به وقایع سیلابی پرداخته‌است (به‌عنوان مثال ویزگا^۴، ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷؛ رادک، ۲۰۰۰؛ کلیمک و همکاران^۵، ۲۰۰۳؛ زیلینسکی^۶، ۲۰۰۳؛ هاور و هابرسک^۷، ۲۰۰۹؛ بوکاتا^۸، ۲۰۱۰؛ به نقل از لوسی^۹، ۲۰۱۳). مک‌کلین و همکاران^{۱۰} (۱۹۹۲)، مورفولوژی، ویژگی‌های رسوبی و توالی رسوبات سیلابی درشت‌دانه اخیر و هولوسن پایانی را در حوضه آبریز کوچکی به مساحت ۱۲ کیلومترمربع در مناطق مرتفع شمالی انگلستان مورد بررسی قرار دادند. مطالعه نهشته‌های تخته‌سنگ - قله‌سنگ، صفحات شنی و باریکه‌های قله‌سنگی نشان از ثبت ۲۱ واقعه سیلابی بزرگ بود که به‌جز یک مورد، باقی وقایع مربوط به قرن هجدهم می‌شد. هاور و هابرسک (۲۰۰۹)، به بررسی اثرات سیلاب ۲۰۰۲ بر روی دشت سیلابی و مورفولوژی دره استرالیا در رودخانه‌هایی با سنگ بستر آبرفتی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که علاوه بر فرسایش ساحلی در بخش‌های پیچان‌رودی، بستر رودخانه به‌صورت محلی گسترش یافته است. همچنین، تجزیه و تحلیل آماری حاکی از اثرات مورفودینامیک سیلاب ۲۰۰۲ بود که سبب تنوع مورفولوژی دره رودخانه شده، که تا حدی

^۱ - Jakob & Jordan

^۲ - Hradek

^۳ - Miller

^۴ - Wyzga

^۵ - Klimek et al

^۶ - Zielinski

^۷ - Hauer and Habersack

^۸ - Bucała

^۹ - Loczy

^{۱۰} - Macklin et al

به جریان فوق بحرانی در طول سیلاب اشاره داشت. کوچل و همکاران^۱ (۲۰۱۵)، به بررسی پاسخ مورفولوژیک رودخانه‌ای در فلات آپالچی واقع در شمال مرکزی پنسیلوانی به سیلاب ۲۰۱۱ در ایالت متحده آمریکا پرداختند. نتایج مطالعه نشان از جداسازی ساحلی بزرگ مقیاس، فرسایش سنگ‌ریزه از حاشیه کانال و حمل آن به پایین دست رودخانه، فرسایش دشت سیلابی اصلی و رسوبات، تخریب خاکریزهای انسانی و اتصال مجدد به کانال اصلی داشت. روسناک و همکاران^۲ (۲۰۱۵)، با مطالعه عکس‌های هوایی مربوط به هفت دوره، تغییرات مورفولوژیکی ایجاد شده بر یک رودخانه ماندری به طول ۱۳/۲ کیلومتر واقع در اسلوواکی را که ناشی از سیلاب‌های مکرر بود، بررسی نموده و نتیجه گرفتند سیلاب‌های کوچک و مکرر به جای تخریب سیستم رودخانه، منجر به ثبات کانال، فرسایش ساحل مقعر و به شکل‌گیری پلان قوسی پر پیچ و خم در رودخانه می‌گردد. در مقابل، دوره بازگشت کوتاه از سیل‌های شدید منجر به افزایش شدت فرایندهای فرسایش، تغییر از پلان قوسی پر پیچ و خم به کمی شریانی، صاف‌شدن کانال و شکل‌گیری نهشته‌های شنی می‌شود.

مگیلیگان و همکاران^۳ (۲۰۱۵)، در پژوهشی ارتباط بین پارامترهای جریان و تاثیرات ژئومورفولوژیک سیلاب‌های شدید را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها مجموعه‌ای از پاسخ‌های ژئومورفولوژیک را به سیلاب ۲۰۱۱ که در رودخانه ساکستون آمریکا با منشأ طوفان‌های گرمسیری (مدت زمان کوتاه و قدرت بالا) رخ داده بود ثبت کرد. نتایج آن‌ها نشان داد که اگرچه این سیلاب از نظر بزرگی گسترش آبراهه، کم و محدود بود ولی اثرات ژئومورفیک عمیقی را مانند انتقال و رسوب‌گذاری مواد بسیار دانه‌درشت، فرسایش ساحلی آبراهه و رسوب مواد دانه‌درشت در سراسر دشت‌های سیلابی به‌دنبال داشت. رضایی مقدم و اسماعیلی (۱۳۸۳) در تحقیقی آثار ژئومورفولوژیک سیلاب را در حوضه رئیس کلا واقع در البرز شمالی بررسی نموده و نتیجه گرفتند عوامل مربوط به آبراهه رودخانه که نقش مهمی در تغییر یا ایجاد لندفرم‌های رودخانه‌ای داشته بیشتر تحت تأثیر لیتولوژی و تکتونیک قرار دارد. جهادی طرقي (۱۳۸۷) نیز علل و آثار سیلاب‌های شدید را در رودخانه مادرسو در سال‌های ۸۰ و ۸۱ بررسی نمود. نتایج این پژوهش نشان داد عوامل ژئومورفولوژیک بیشترین نقش را در تشدید بزرگی این سیلاب‌ها، شکل‌گیری جریان‌های ویژه با دبی مخلوط در برخی قسمت‌های حوضه و در نتیجه وقوع تغییرات ژئومورفیک شدید در حوضه و چشم‌انداز آبرفتی داشته‌است. همان‌طور که اشاره شد این پژوهش با هدف بررسی پاسخ رسوبی - ژئومورفیک رودخانه‌های کوهستانی ایلام از جنبه ایجاد اشکال و لندفرم‌های رودخانه‌ای در محدوده بالادست سد ایلام به واقعه سیلاب شدید سال ۹۴ انجام گرفت.

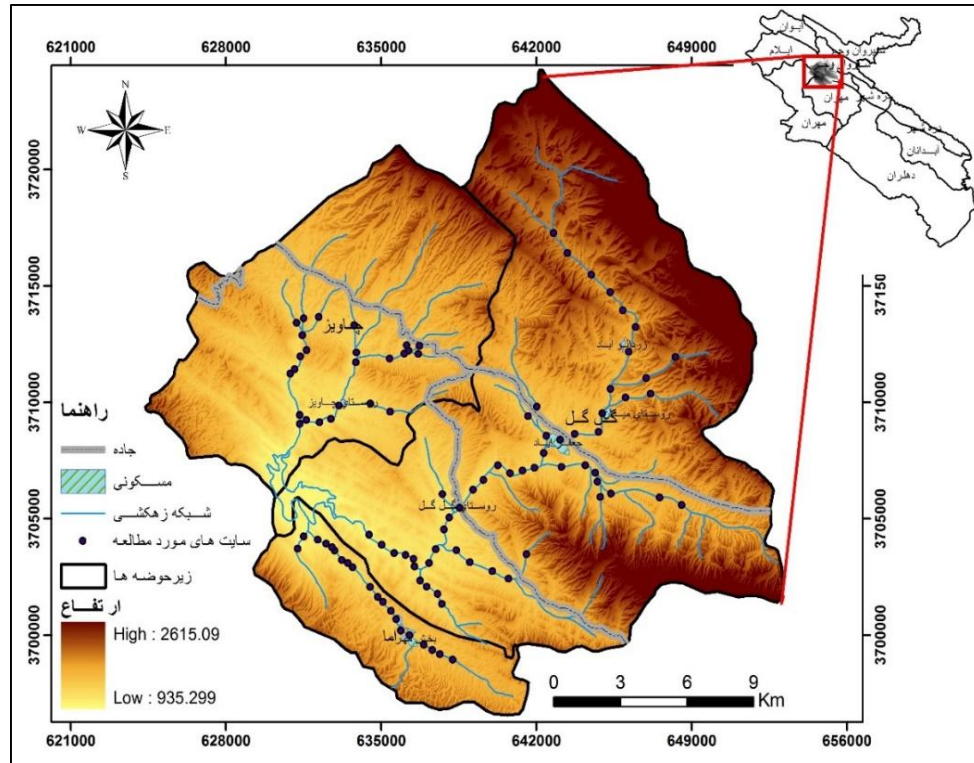
منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در حوضه آبخیز سد ایلام در موقعیت جغرافیایی بین $46^{\circ}16'36''$ تا $46^{\circ}38'32''$ طول شرقی و $33^{\circ}23'27''$ تا $33^{\circ}38'54''$ عرض شمالی واقع در شمال شرق شهرستان ایلام با مساحت ۴۷۵ کیلومتر مربع قرار دارد. این حوضه آبخیز، بین حوضه‌های ایلام، شیروان چرداول، دره‌شهر و چنگوله واقع شده است. سه رودخانه مهم در این حوضه، گل‌گل، چاویز و اما می‌باشد که در بالادست سد ایلام واقع شده و مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۱). سنگ‌های موجود در سطح حوضه مورد بررسی متعلق به دوران‌های دوم و سوم زمین‌شناسی بوده و رسوبات جدید نیز به‌صورت پراکنده در سطح حوضه مشاهده می‌شود. اقلیم منطقه معتدل نیمه‌مرطوب است و میانگین بارش منطقه ۵۵۷ میلی‌متر است. شیب متوسط حوضه ۳۰ درصد است و انواع فرسایش‌ها از جمله سطحی، شیبی، آبراهه‌ای و خندقی در حوضه مشاهده می‌گردد.

^۱ - Kochel et al

^۲ - Rusnak et al

^۳ - Magilligan et al



شکل ۱: موقعیت منطقه و سایت‌های مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

این پژوهش در چند مرحله انجام گرفته است:

استفاده از اسناد و منابع کتابخانه‌ای: این بخش شامل تمام منابع نوشتاری از قبیل کتاب‌ها، مقالات فارسی و انگلیسی و پایان‌نامه‌ها می‌شود که طی مراحل مختلف تحقیق استفاده شده است.

استفاده از داده‌های تصویری: در این مرحله از نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی مربوط به منطقه، همچنین تصاویر Google Earth و نرم‌افزارهای Arc GIS و Excell استفاده شد.

استفاده از داده‌های آماری: داده‌هایی از جمله شرایط محیطی منطقه، آمار و ارقام مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی که از آب منطقه‌ای استان ایلام تهیه و برای رسم هیدروگراف سیلاب و باروگراف بارش متناظر آن استفاده شد.

گردآوری داده‌های میدانی: روش کار در این مرحله شامل مشاهده مستقیم آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، سواحل و اشکال رسوبی ایجاد شده از سیلاب در هر کدام از نواحی ذکر شده می‌باشد. بخش عمده این داده‌ها با استفاده از ابزار GPS تعیین موقعیت و ثبت اشکال رسوبی با دوربین عکاسی توسط محقق انجام گرفت.



شکل ۲: گردآوری داده‌های میدانی توسط محققان

روش کار

۱۰۰ سایت در آبراهه‌ها و رودخانه‌های بالادست حوضه سد ایلام مورد مطالعه قرار گرفت. روش تجزیه و تحلیل در این پژوهش توصیفی- تطبیقی می‌باشد، به گونه‌ای که ابتدا به کمک بازدیدهای میدانی و مشاهدات بعد از سیلاب، همچنین با استفاده از (جداول ۱ و ۲ زلینسکی، ۲۰۰۳)، لندفرم‌های سیلابی در سایت‌های مختلف آبراهه و رودخانه شناسایی گشته، سپس به توصیف و تحلیل آن‌ها پرداخته شد (شکل ۲). شکل، محل، ابعاد و نهشته‌هایی از اشکال رسوبی بزرگ ثبت شد. سپس یافته‌های به دست آمده در زمینه مورد نظر با مطالعات دیگران مورد تطبیق و مقایسه قرار گرفته و به تفکیک در ناحیه کانال و ناحیه روساحلی، اشکال رسوبی یافت شده معرفی شدند. اشکال رسوبی کوچکتر (مانند ریزموج‌ها) مورد بررسی قرار نگرفت، به این دلیل که شکل‌گیری آن‌ها با شرایط هیدرودینامیکی محلی کنترل می‌شود، و علاوه بر این، آن‌ها در رودخانه‌های دانه درشت کاملاً نادر بودند. مناطق نمونه‌برداری به دو گروه آبراهه‌ها و رودخانه‌ها تقسیم شدند. این تقسیم‌بندی لازم بود چرا که ویژگی‌های کمی و کیفی اشکال رسوبی در این دو سیستم متفاوت بود.

جدول ۱: ویژگی‌های اشکال رسوبی در آبراهه‌های کوهستانی (طول، عرض، ارتفاع) (اقتباس از زلینسکی، ۲۰۰۳)

مکان	فرم	شکل و مقیاس	موقعیت	مورفولوژی سطحی	اندازه دانه	رخساره زیرسطحی	عامل رسوب‌گذاری	اظهارات شاخص سیلاب شدید
آبراهه کوهستانی	پشته قله سگی	عموماً زبانه‌ای شکل $5 < l < 20m$ $3 < w < 12m$ $H < 1m$	در بخش‌هایی از دره با شیب کم‌تر	سطح محدب	قلوه‌سنگ بدون زمینه	قلوه‌سنگ‌های عظیم با بافت تخریبی	رشد عمودی در ناحیه کاهش یافته جریان در طی اوج سیلاب	در بخش بالایی دره‌ها بصورت فرم فراوان موجود است.
	نهشته طولی	کشیده $10 < l < 20m$ $3 < w < 5m$ $H < 0.4m$	بخش مرکزی کانال، معمولاً پایین‌دست رودخانه	سطح هموار	شن + قلوه‌سنگ بدون زمینه، انباشت تخریبی مشخص، لایه نازک ماسه در قسمت انتهایی	شن نوده‌ای + قله سنگ، اغلب بافت تخریبی، ورقه‌های عدسی شکل نازک	رشد عمودی در ناحیه کاهش یافته جریان، در طول سیلاب اولیه و حداکثر	در بازه‌های میانی و پایینی رودخانه موجود است، معمولاً به نهشته‌کناری تکامل می‌یابد. فرم فعال فراوان در طول سیلاب‌های بزرگ می‌باشد.
	نهشته جانبی	کشیده $10 < l < 20m$ $4 < w < 8m$ $0.5 < h < 0.7m$	در کانال با ضریب خمیدگی کم، نزدیک به سواحلی محدب	سطح محدب	شن + قله سنگ، به سمت پایین دست رودخانه به شن ماسه‌ای مبدل می‌شود	شن به همراه مواد قله سنگی	رشد عمودی از جریان‌های ثانویه نزدیک ساحل با کمی جریان پر پیچ و خم در انتهای سیلاب	از فرم‌های فراوان است.
	بازریکه قله سگی	کشیده $1 < l < 25m$ $2 < w < 3m$ $H < 1.2m$	در منطقه میرزی تراس و کانال، در بازه‌های مستقیم و در پیچ‌ها	به‌طور مشخص در بخش عرضی محدب است.	قلوه سنگ بدون زمینه	قلوه‌سنگ‌های بزرگ با بافت تخریبی	رشد به دلیل گرازیان زیاد سرعت جریان در منطقه ساحلی + جریان‌های ثانویه اطراف درختان	از فرم‌های فراوان است.

جدول ۲: ویژگی‌های اشکال رسوبی در رودخانه‌های کوهستانی (طول، عرض، ارتفاع) (اقتباس از زلینسکی، ۲۰۰۳)

مکان	فرم	شکل و مقیاس	موقعیت	مورفولوژی سطحی	اندازه دانه	رخساره زیرسطحی	عامل رسوب‌گذاری	اظهارات شاخص سیل فاجعه بار
رودخانه اصلی	نهنه طولی	کشیده لوزی بیضی‌شکل	بخش مرکزی رودخانه	سطح صاف	شن، در بخش انتهایی تمایل به کوچک شدن دارد.	شن و قله سنگ‌های عظیم	رشد صعودی سریع	از نهنه واحد به نهنه جایی تکامل می‌یابد.
	نوع واحد	$l < 70m$ $H < 0.8m$	پایین دست سد یا مانع	سطح هموار	شن، در بخش انتهایی تمایل به کوچک شدن دارد.	عموما تخریب، در بستر ورقه‌های بصورت فلس مانند است	گداز بستر در اولین مرحله از آفت سیلاب	مجموعه‌ای از نهنه‌ها به اجزای دشت آبرفتی تکامل می‌یابد، عامل رایج پدیده انشعابی است.
	نوع مرکب	$L = 100m$ $1 < h < 1.5m$	گسترش یافته در رودخانه مستقیم	دو یا سه سکو با نهنه های زیاده‌ای	بالا ترین سکو: قله سنگ و شن پایین ترین سکو: شن و ماسه	-	-	-
	نهنه مورب	کشیده $25 < l < 130m$ $15 < w < 35m$ $h < 1m$	مناویا متصل به سواحل، پایین دست رودخانه با کم عمق	کمی سطح محدب، کانال های کم عمق نزدیک به ساحل	قله سنگ و شن، در انتها گرایش به ریز شدن دارد. در کانال جایی ملایم شن و ماسه است.	-	رشد صعودی در شب‌های تند جریان جایی با کمی عمیدگی در انتهای سیلاب	در کانال‌هایی با سیزسی-کم فرم فراوان و رایجی است؛ گاهی اوقات از نهنه مرکزی ملایم می‌شود.
رودخانه اصلی	نهنه مرکب جایی	کشیده نامنظم $l < 150m$ $w < 40m$ $H < 4m$	نزدیک ساحل در منطقه گسترش کانال است.	چند سکو شامل نهنه‌های زیاده‌ای بزرگ	سکوهای فوقانی: قله سنگ و شن سکوهای پایین‌تر: شن و ماسه، بطور محلی پوشش‌های ماسه‌ای	صخیم، بستر طولانی از قله سنگ و شن یا طبقه‌بندی مقاطع - بستر نازک ماسه‌ای	رشد جایی شدید در مناطق با کاهش قدرت سیل در مرحله آفت سیلاب	در رودخانه انشعابی یا بستر شن راجع بوده و به‌طور کلی وقوع پراکنده دارد.
	نهنه دماغه‌ای	مایل، $l < 70m$ $20 < w < 40m$ $H < 2.5m$	نزدیک ساحل داخلی با عمیدگی تند، گاهی اوقات در پایین دست رودخانه تا قسمت ازدحام درختان است.	چند سکو با کانال و نهنه‌های ثانویه	سکو: قله سنگ و شن نهنه‌های ثانویه: قله سنگ تا ماسه	پایگاه‌های فرسایشی: بستر پایین‌تر: قله سنگ و شن بستر بالاتر: شن	فرسایش پس از رسوب‌گذاری از جریان های ثانویه کنترل شده توسط مورفولوژی محلی	اغلب در پیچهای تند توسط رخنمون سنگ بستر محدود می‌شود. به‌طور کلی وقوع پراکنده دارد.
	بسته شن	کشیده یا $l < 70m$ $W < 10m$ $h < 1m$ یا	تراس در امتداد ساحل رودخانه	در بخش عرضی سطح کمی محدب است.	شن	شن‌های زیاد بصورت لایه‌بندی شده	رشد صعودی در شب تند رودخانه / سرز خاکریز	اغلب در بازه‌های رودخانه سیزسی با وقوع پراکنده موجود است.
رودخانه اصلی	ورقه دانه درشت	نامنظم یا بادبزنی شکل $150 < l < 350m$ $30 < w < 150m$ $0.3 < h < 1.3$	در ساحل بیرونی از عمیدگی یا در منطقه تلاقی رودخانه‌ها	معمولا سطح ورقه‌های بزرگ با نهنه‌های پارازیتی	قله سنگ، شن و شن ماسه‌ای متعادل به ریزش‌دگی انتهایی	شن، بسترهای ورقه‌ای نازک ماسه، توده‌ای	رشد صعودی از کاهش سرعت جریان ورقه‌ای	کانال‌ها فراوان در بازه های رودخانه با عمیدگی زیاد
	نهنه زیاده‌ای روساحلی	زیاده‌ای $15 < l < 30m$ $7 < w < 15m$ $H < 1.7m$	اغلب در پایین تراس واقع است	همیشه با اسلیب قیس تند انتهایی دیده می‌شود.	شن	بسترهای صخیم از شن یا شن ماسه‌ای با لایه‌بندی مقاطع روساحلی	رشد انتهایی از کاهش سرعت جریان متحرکز در منطقه روساحلی	در دشت آبرفتی با رودخانه انشعابی و بستر درشت شن موجود است

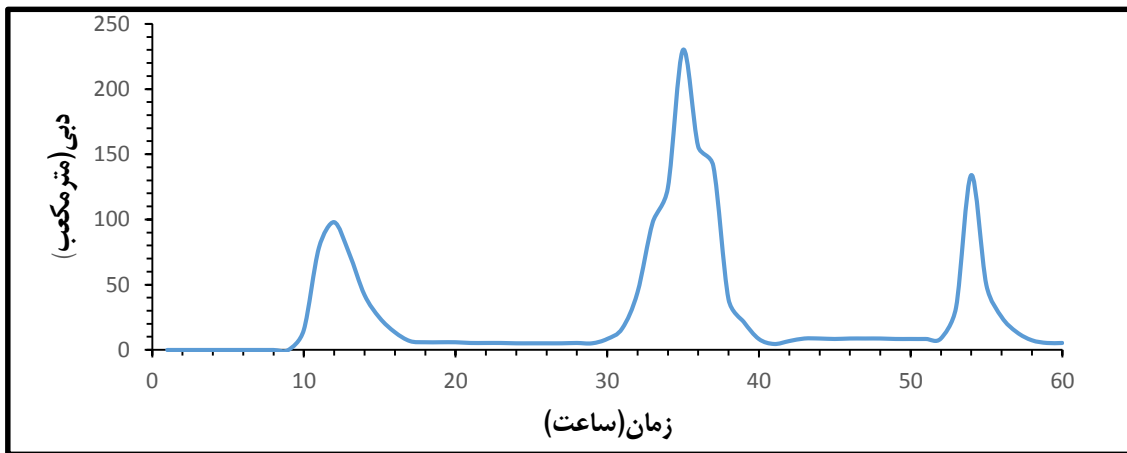
یافته‌ها و بحث

۱- بررسی ویژگی‌های هیدرولوژیک واقعه سیلاب

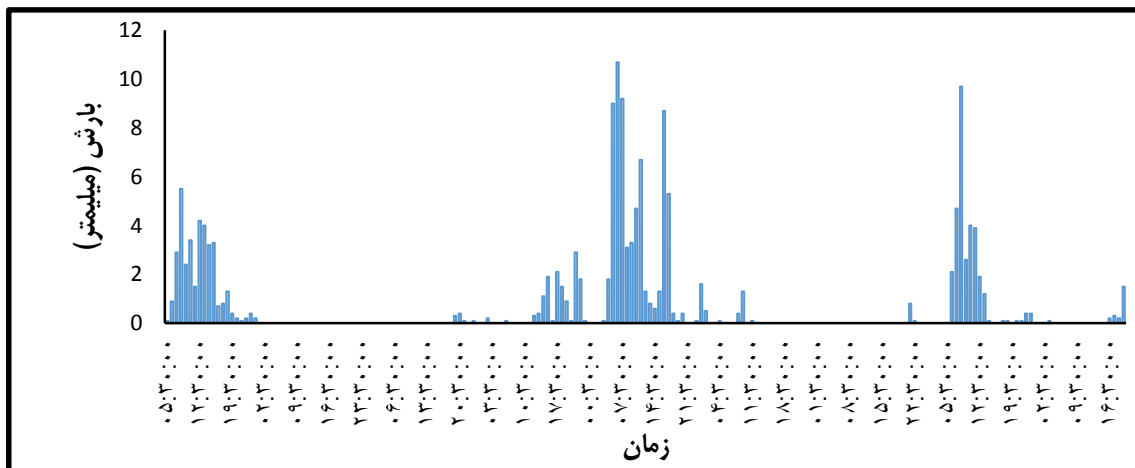
در جهت نیل به اهداف پژوهش و تعیین پاسخ ژئومورفیک رودخانه‌های کوهستانی بالادست سد ایلام به سیلاب‌های شدید، نمودارهای هیدروگراف واقعه سیلاب شدید و باروگراف بارش متناظر آن به‌صورت ذیل ترسیم و مورد بررسی قرار گرفت.

این سیلاب از ساعت ۹ صبح مورخه ششم آبان‌ماه شروع و تا ساعت ۹ صبح روز هشتم آبان‌ماه ادامه داشت. در طول این سیلاب، در زیرحوضه گل‌گل سه دبی پیک به ترتیب ۹۸، ۲۳۰ و ۱۳۴ مترمکعب بر ثانیه ثبت شد، ولی در

زیرحوضه‌های چاويز و اما تنها یک دبی پیک (به ترتیب ۱۴۰ و ۵۸ مترمکعب بر ثانیه) ثبت شده است که دلیل این امر به گفته کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام تخریب ایستگاه هیدرومتری در این رودخانه‌ها در اثر سیلاب شدید هفتم آبان ماه گزارش شده است. به همین خاطر فقط هیدروگراف این سیلاب در رودخانه گل گل ترسیم گردید (شکل ۳). همچنین باروگراف بارش متناظر این واقعه سیلاب در طول سه روز در شکل (۴) نشان داده شده است که در سه بازه زمانی از ۵:۳۰ تا ساعت ۱۰ صبح روز ششم، ۱:۳۰ تا ۱۲:۳۰ روز هفتم و ساعت ۲۴ تا ۱:۳۰ روز هشتم آبان ماه سال ۹۴ رخ داده است.



شکل ۳: نمودار هیدروگراف سیلاب در تاریخ ۶، ۷ و ۸ آبان ماه در زیرحوضه گل گل



شکل ۴: نمودار باروگراف سیلاب در تاریخ ۶، ۷ و ۸ آبان ماه

۲- اشکال رسوبی و فرآیندهای موجود در آبراهه‌های کوهستانی:

۲-۱- ناحیه کانال^۱

بسیاری از اثرات رسوبات در آبراهه‌های کوهستانی در داخل کانال متمرکز شده است که عبارتند از:

^۱ - channel zone

پشته قلوه‌سنگی^۱ فراوان‌ترین نوع نهشته در بازه‌های بالادست آبراهه بود. کاهش شیب و سرعت جریان در مناطق گسترش کانال، منجر به تشکیل پشته قلوه‌سنگی می‌گردد. (شکل ۵). نهشته‌هایی از مواد دانه درشت در اوج سیلاب در مناطقی با توان جریان پایین‌تر بین مسیره‌های جریان اصلی قرار می‌گیرد. در طول کاهش سرعت سیلاب، پشته‌های قلوه‌سنگی ایجاد شده کانال را به شاخه‌های متعدد تقسیم کرده بود. نهشته‌های مشابهی نیز در پایین دست رانش زمین در نزدیکی کانال مشاهده شد. واریزه‌های درشت دانه از زمین‌لغزش‌ها، نقل و انتقالات رودخانه‌ای در مسافت‌های کوتاه هستند که به صورت پشته‌هایی نهشته شده‌اند (اشمیت^۲، ۱۹۹۰). با این حال، این نهشته‌ها از اشکال کناری هستند (در ارتباط با ساحل کانال)، در حالی که پشته قلوه‌سنگی همیشه در بخش مرکزی از کانال‌های سیلابی واقع شده است.

نهشته طولی شنی قلوه‌سنگی^۳ در بازه‌های پایین‌تر آبراهه قرار داشتند. این اشکال که در بستر کانال واقع بودند به‌طور مشخصی کشیده می‌باشند. این نهشته‌ها با رشد متوالی رسوبات به صفحات شنی و قلوه‌سنگی هموار که به ساحل کانال متصلند تکامل می‌یابند.

نهشته جانبی شنی قلوه‌سنگی^۴ در بازه‌هایی با کمی خمیدگی از کانال‌های آبراهه (شکل ۶) تشکیل شده بود. نهشته‌ها به‌طور متناوب، نزدیک به هر دو ساحل ایجاد شده‌اند. میانگین اندازه دانه از مواد سطحی اغلب در پایین دست آبراهه کاهش یافته است. گاهی اوقات، شن ماسه‌ای در قسمت‌های انتهایی آن یافت شد.



شکل ۵: پشته قلوه سنگی در مصب آبراهه چاويز به رودخانه اصلی (منبع: نگارندگان)

^۱ - boulder mound

^۲ - Schmidt

^۳ - Gravel-boulder longitudinal bar

^۴ - Gravel-boulder side bar



شکل ۶: نهشته‌های جانبی ایجاد شده در آبراهه گل‌گل با خمیدگی کم (منبع: نگارندگان)

۲-۲- ناحیه رو ساحلی^۱

باریکه قلوه‌سنگی^۲ شامل پشته‌ای از مواد دانه درشت بود که بلافاصله بالاتر از تاج ساحل در منطقه‌ای با شیب بالا در زمان اوج سیلاب تشکیل شده بود. باریکه حاوی انواع زیادی قلوه‌سنگ بود (شکل ۷). باریکه قلوه‌سنگی می‌تواند به‌عنوان اشکال رسوبی نشان‌گر پدیده سیلابی شدید در محیط‌های کوهستانی محسوب شود.



شکل ۷: باریکه قلوه‌سنگی در آبراهه گل‌گل (منبع: نگارندگان)

^۱ - Overbank zone

^۲ - boulder berm

۳- اشکال رسوبی و فرآیندهای ایجاد شده از رودخانه‌های اصلی ۳-۱- ناحیه کانال:

نهبشته طولی در بخش مرکزی از کانال رودخانه شکل گرفته بود. پلان قوسی آن‌ها کشیده، بیضی و یا لوزی شکل است (شکل ۸). این نهبشته‌ها هم به صورت واحد و هم به صورت مرکب یافت شدند. نهبشته مرکب شامل قلوه سنگ‌های متعلق به گروهی از اشکال بزرگ بوده، درحالی که فرم‌های کوچک از نوع واحد شامل مواد کوچک (سنگ ریزه) می‌باشند. نهبشته‌های طولی واحد کم و هموار می‌باشند. روکش‌هایی از شن و ماسه محلی در قسمت‌های انتهایی و میانی آن‌ها یافت شد که نشان می‌دهد در مرحله انتهایی سیلاب نهبشته شده‌اند. بدون شک، نهبشته‌های طولی نقش مهمی در روند انشعابی شدن رودخانه بازی می‌کنند. آن‌ها پیوسته در نوسان بوده و بزرگ می‌شوند، و ترکیب نهبشته‌ها منجر به رشد کانال جدید می‌گردد. نهبشته‌های مرکب احتمالاً از اشکال واحد، در مراحل پایانی سیلاب توسعه یافته‌اند. واضح است که نهبشته طولی نشان دهنده مشخصه‌ترین اشکال بزرگ رسوبی بسیاری از رودخانه‌ها با بستر شنی انشعابی می‌باشد.

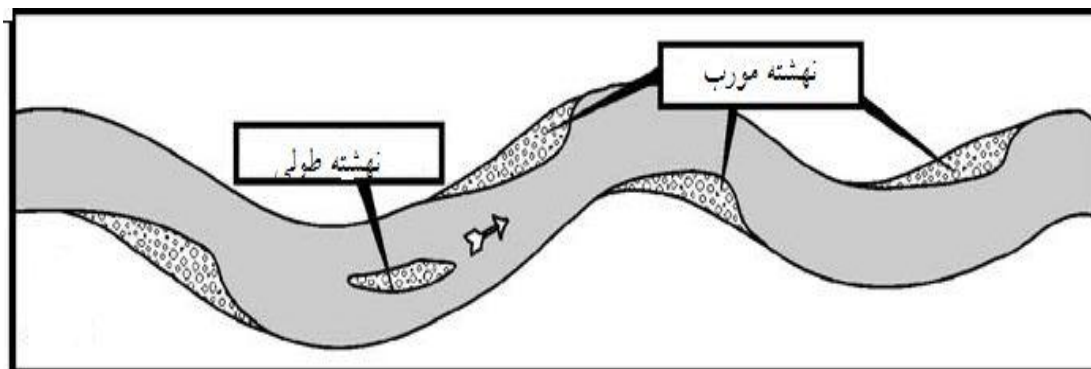


شکل ۸: نهبشته طولی واحد که جریان را به دو کانال برابر تقسیم کرده است (منبع: نگارندگان)

نهبشته مورب^۲ فراوان‌ترین و مشخص‌ترین اشکال بزرگ از گروه نهبشته‌های جانبی می‌باشد. نهبشته مورب عموماً در بازه‌هایی از کانال رودخانه یافت شد که با خمیدگی کم مشخص شده بودند. آن‌ها متناوباً نزدیک به هر دو ساحل کانال، بلافاصله پایین دست خمیدگی‌های ملایم وجود دارند (شکل ۹). نمونه‌های زیادی از این نهبشته در پیچ‌های تند رودخانه گل‌گل مشاهده شد (شکل ۱۰).

^۱ - Compound bar

^۲ - diagonal bar



شکل ۹: طرح اولیه رودخانه سینوسی با نهشته مورب (منبع: زلینسکی، ۲۰۰۳)

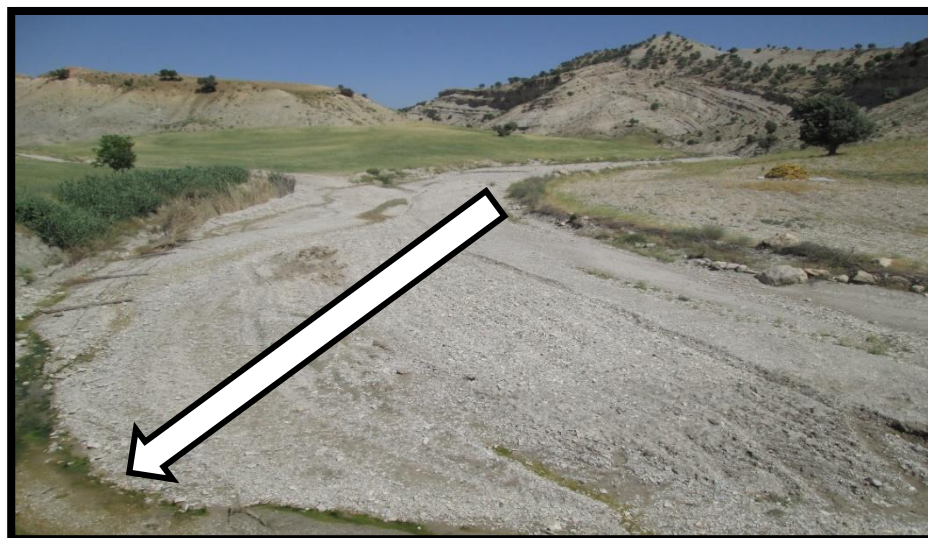


شکل ۱۰: نهشته مورب در رودخانه گل‌گل (منبع: نگارندگان)

نهشته مرکب جانبی^۱ نوع دوم از نهشته متمایز در گروه اشکال بزرگ جانبی است. این نهشته بزرگ مقیاس در مناطق گسترش کانال وجود داشت. این نوع نهشته در رودخانه‌هایی که متمایل به منشعب شدن دارند مورد توجه قرار گرفته‌اند. چنین وضعیتی (تقسیم بندی به چند شاخه) در بخش‌های پایین‌تر رودخانه‌های مورد مطالعه موجود بود.

^۱ - Side compound bar

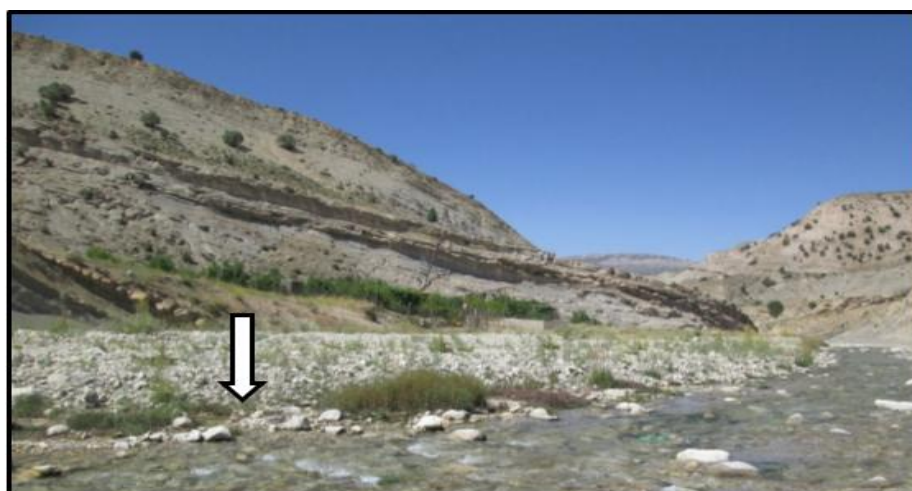
نهشته دماغه‌ای^۱ از اشکال جانبی دیگر می‌باشد. این نهشته از دیگر نهشته‌های جانبی به سبب موقعیت در رودخانه، مورفولوژی و حالت انباشت متمایز می‌شود. نهشته دماغه‌ای در پیچ‌های تند ایجاد شده بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: نهشته دماغه‌ای در یک پیچ تند از رودخانه چاوپز (منبع: نگارندگان)

۳-۲- ناحیه رسوبی

پشته شنی^۲ در پایین‌ترین تراس، نزدیک به ساحل کانال تشکیل شده بود. گاهی اوقات تشکیل آن ناشی از افزایش مجموعه‌ای از ساقه درختان در حال رشد در امتداد کانال رودخانه است. فراوان‌ترین و توسعه یافته‌ترین این نوع نهشته در قسمت‌هایی مشاهده شد که مسیر رودخانه بسیار سینوسی شده بود (شکل ۱۲). در مقایسه با باریکه قلوه‌سنگی در آبراهه‌های کوهستانی، پشته‌های شنی در مجاورت کانال‌های رودخانه کم‌تر و حاوی رسوبات کوچک‌تری (شن) بودند.

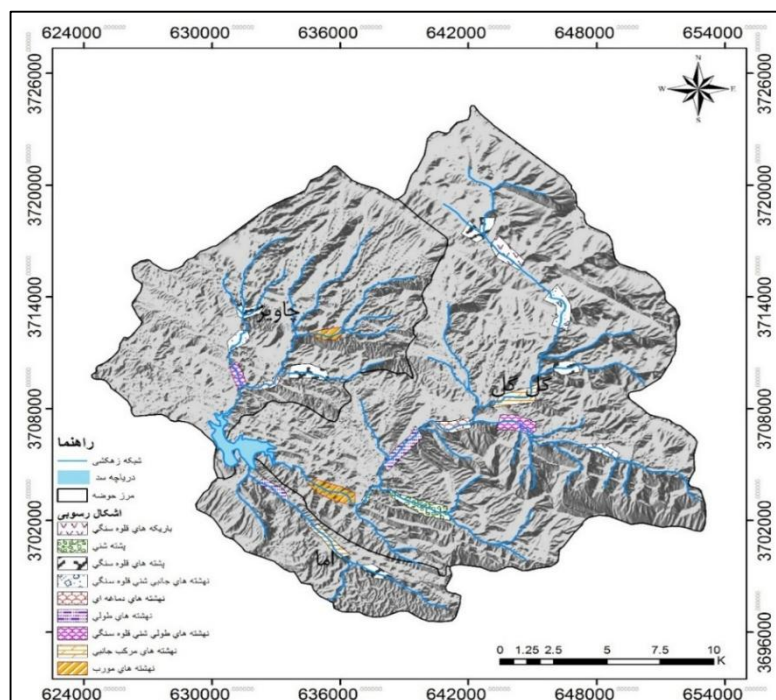


شکل ۱۲: پشته شنی در مجاورت ساحل رودخانه (منبع: نگارندگان)

^۱ - Point bar

^۲ - Gravel levee

در شکل (۱۳) نقشه توزیع اشکال رسوبی رودخانه در سرشاخه‌ها و رودخانه‌های اصلی تهیه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ابتدا در سرشاخه‌ها تشکیلاتی از پشته و باریکه قله‌سنگی ایجاد شده سپس این اشکال توسط نهشته‌های طولی و نهشته‌های جانبی در بازه‌های پایین‌تر جایگزین شده‌اند. بدیهی است که هرچه به سمت پایین دست رودخانه می‌آییم اندازه تشکیل دهنده اشکال رسوبی از قله‌سنگ به شن و در نهایت به ماسه کاهش می‌یابد.



شکل ۱۳: نقشه توزیع اشکال رودخانه‌ای در سطح حوضه مورد مطالعه

۴- سنگ شناسی رسوبات

۴-۱- رخساره‌های سنگی در آبراهه‌های کوهستانی

از ویژگی‌های اساسی آبرفت آبراهه این است که نوع رخساره‌های سنگی آن به قدری ضعیف است که وابسته به شکل منبع رسوبی می‌باشد. به طور کلی، ویژگی‌های این رسوبات شامل اندازه دانه درشت، بسترهای عدسی شکل و ساختار توده‌ای مورب می‌باشد (شکل ۱۴). این مطالعه نشان داد که این‌ها همه بسترهای قله‌سنگی - شنی ضخیم‌تر از یک متر می‌باشند. تخته‌سنگ‌های بزرگ با آثار سایش به صورت غیرقابل انکاری ثابت می‌کند حمل و نقل شدید مواد تخته‌سنگ به اندازه جریان سیل آسا بستگی دارد.

۴-۲- رخساره‌های سنگی در رودخانه‌های کوهستانی

تمامی نهشته‌های طولی مشتق شده از رودخانه‌های اصلی مورد مطالعه نشان دهنده یک مجموعه از رخساره‌های سنگی می‌باشد. بستر شنی تخته‌سنگی تخریبی با ساختار توده‌ای فراوان‌ترین رخساره مشتق شده از نهشته‌ها می‌باشد. در بسترهای توده‌ای دانه‌ها معمولاً به خوبی روی هم قرار گرفته و ساختار مورب دارند. بسترهای شنی با طبقه ماسه‌ای به صورت افقی پوشیده شده بودند که در ارتباط با مرحله پایانی سیلاب می‌باشد. رخساره‌های سنگی در نهشته‌های مرکب جانبی به وضوح از نهشته‌هایی که در بالا ذکر شد متفاوت بودند. هر نهشته شامل چند بستر شنی - تخته‌سنگی با ویژگی طبقه بندی مورب

بزرگ مقیاس بود. میانگین ضخامت بسترهای نواری دانه درشت ۱ تا ۱/۵ متر بود. بنابراین، این مقدار می‌تواند به عنوان میانگین نسبت رسوب‌گذاری در سیلاب‌های بزرگ از رخساره کانال در مناطق با رسوب‌گذاری مطلوب ارزیابی شود.



شکل ۱۴: تخته‌سنگ‌های بزرگ با ساختار مورب (منبع: نگارندگان)

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف شناسایی اشکال رسوبی و مورفولوژیک رودخانه‌های کوهستانی بالادست سد ایلام در پاسخ به سیلاب شدید سال ۱۳۹۴ استان ایلام انجام گرفت. برای دستیابی به این هدف، بازدیدهای میدانی از ۱۰۰ سایت در سطح آبراهه‌ها و رودخانه‌های بالادست سد ایلام به منظور جمع‌آوری اطلاعات کیفی در فرآیندها که مسئول تغییرات مورفولوژیک است، صورت گرفت. با استفاده از روش توصیفی-تطبیقی، تجزیه و تحلیل رسوبات سیلابی از طریق بررسی خصوصیات کیفی بافت و ساختار نهشته‌های سیلابی انجام شد. نتایج نشان داد در بالادست رودخانه‌ها، تنها فرسایش صورت گرفته در حالی که فرآیندهای رسوبی در پایین‌دست رودخانه انجام شده است. توالی فضایی نسبتاً منظمی از فرآیندها و اشکال رسوبی در امتداد رودخانه‌های کوهستانی وجود داشت. به گونه‌ای که ابتدا تشکیلاتی از پشته قله‌سنگی و باریکه قله‌سنگی ایجاد شده، سپس این اشکال توسط نهشته‌های طولی و نهشته‌های جانبی در بازه‌های پایین‌تر جایگزین شده بودند. این با نظر زلینسکی (۲۰۰۳) مطابقت دارد که معتقد بود انرژی جریان (که اصولاً توسط شیب کانال تعیین می‌شود) عامل اصلی کنترل‌کننده این جانمایی است. یک پدیده مشخص در رودخانه‌های اصلی و آبراهه‌ها وجود داشت، به گونه‌ای که منطقه افزایش رسوب همواره به دنبال منطقه فرسایشی قرار داشت. علاوه بر این، نسبت رسوب رودخانه متناسب با شدت فرسایش بالادست رودخانه بود. بافت و ساختار آبرفت رودخانه‌های کوهستانی رابطه بسیار ضعیفی با نوع شکل منبع رسوبی نشان می‌داد. به طور کلی نهشته‌ها با ویژگی‌های اندازه دانه درشت (بستر قله سنگی غالب بر بستر شنی) مشاهده فراوان بافت تخریبی، بسترهای عدسی شکل و ساختار مورب وجود داشتند. تمامی بسترهای شنی تخته‌سنگی ضخیم‌تر از یک متر را می‌توان به عنوان نهشته‌های به دست آمده از جاری شدن سیلاب شدید محسوب نمود. توالی منظمی از غلبه یک نوع نهشته در سایت‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. نوع نهشته بستگی به مورفولوژی کانال‌های محلی داشت. از سوی دیگر، مورفولوژی کانال نیز به طور عمده توسط فعالیت‌های انسانی در بلندمدت (کاشت نهال، احداث جاده‌ها، ساخت و ساز) کنترل می‌شد. به طور کلی در بازه‌های مستقیم رودخانه، نهشته‌های طولی، در بازه‌هایی با خمیدگی کم، نهشته‌های مورب و در

بازه‌هایی با خمیدگی زیاد و تند نهشته‌های دماغه‌ای تشکیل شده بود. فراوان‌ترین نوع نهشته رودخانه‌های اصلی توسط یک طیف رخساره سنگی نشان داده شد. این مطابق با نظر بریرلی^۱ (۱۹۹۱) است. او ادعا کرد که به لحاظ کیفی، رخساره‌های سنگی وابسته به نوع فرم منبع نیستند، بلکه به شدت به شرایط هیدرودینامیکی محلی مربوط می‌شود. رایج‌ترین رخساره سنگی به صورت تخته‌سنگ‌ها و شن‌های تخریبی با ساختار مورب بود که در بسترهای ورقه‌ای مانند مرتب شده بودند.

منابع

- جهادی طرقي، مهناز. (۱۳۸۷). علل و آثار ژئومورفیک سیلاب‌های شدید (کاتاستروفیک) رودخانه مادرسو (سال‌های ۸۰ و ۸۱). دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران.
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ اسماعیلی، رضا. (۱۳۸۳). بررسی آثار ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه رئیس کلا: البرز شمالی. فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره نهم. شماره چهارم. صص ۱۸-۱.
- شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام، داده‌های هیدرمتری مربوط به حوضه مورد مطالعه.
- Brierley, G.J., 1991. Floodplain sedimentology of the Squamish River, B.C.: relevance of element analysis. *Sedimentology* 38, 735–750.
- Hauer, C., Habersack, H. 2009. Morphodynamics of a 1000-year flood in the Kamp River, Austria, and impacts on floodplain. *Earth Surf. Process. Landforms* 34, 654–682.
- Hradek, M. (2000). Geomorphic effects of the July 1997 flood in the North Moravia and Silesia (Czech Republic). *Geography magazine* 52(4):303–32.
- Jakob, M., Jordan, P., 2001. Design flood estimates in mountain streams: The need for a geomorphic approach. *Can. J. Civ. Eng.* 28, 425–439
- Loczy, D. 2013. *Geomorphological Impacts of Extreme Weather, Case Studies from Central and Eastern Europe*. Springer Geography. University of Pecs, Pecs, Hungary.
- Kochel, R.C., Hayes, B.R., Muhlbauer, J., Hancock, Z., Rockwell, D. 2015. Geomorphic response to catastrophic flooding in north-central Pennsylvania from Tropical Storm Lee (September 2011): Intersection of fluvial disequilibrium and the legacy of logging. *Geosphere*, published online on 23 December 2015 as doi:10.1130/GES01180.1.
- Macklin MG, Rumsby BT, Heap MT. 1992. Flood alluviation and entrenchment: Holocene valley-floor development and transformation in the British uplands. *Geological Society of America Bulletin* 104: 631–643.
- Magilligan, F.J., Buraas, E.M., Renshaw, C.E., 2015. The efficacy of stream power and flow duration on geomorphic responses to catastrophic flooding. *Geomorphology* 228, 175–188.
- Miller AJ (1990) Flood hydrology and geomorphic effectiveness in the central Appalachians. *Earth Surf Process Landforms* 15(2):119–134
- Rusnák, M., Lehotský, M., Sládek, J. 2015. Geomorphic adjustment of a gravel bed meandering river as response to contemporary floods and management issues (The Ondava River, Eastern Slovakia). *Mobility & river management*. A4, 1-3
- Schmidt, J.C., 1990. Recirculating flow and sedimentation in the Colorado River in Grand Canyon, Arizona. *J. Geol.* 98, 709–724.
- Zielinski, T., 2003. Catastrophic flood effects in alpine/foothill fluvial system (a case study from the Sudetes Mts, SW Poland). *Geomorphology* 54, 293–306

^۱ - Brierley