

تأثیر تکتونیک بر مورفومتری و جور شدگی رسوب‌های بستر رودخانه قشلاق

هادی نیری*

استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

خبات امانی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، تهران، ایران

اختر امانی

دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۱

چکیده

فعالیت‌های زمین‌ساختی در خرد شدن سنگ‌ها مؤثر بوده و غالباً باعث تغییر در مورفومتری و جور شدگی رسوبات رودخانه‌ها می‌شوند. هدف پژوهش حاضر مطالعه و بررسی تأثیر تکتونیک و گسل‌های فعال بر بافت و جور شدگی بار رسوبی رودخانه قشلاق در حدفاصل سدهای قشلاق و زاوه با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی است. جهت نیل به اهداف موردنظر ابتدا پژوهش و بررسی میدانی صورت گرفته و از ابزارهایی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ و گزارش‌های موجود استفاده شد. روش کار به این صورت بود که در محدوده تقاطع گسل‌ها و رودخانه نمونه‌های رسوب برداشت شد. پس از خشک شدن، در دستگاه شیکر در هفت مقیاس غربال گردیده و شاخص‌های موقعیت و پراکنندگی مربوط به هر کدام از نمونه‌ها محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که گسل‌ها سبب افزایش شیب بستر و افزایش نیرو و سرعت آب‌شده که نتیجه آن حمل انتخابی ذرات رسوب و کاهش شدید جور شدگی است.

واژگان کلیدی: رسوب، تکتونیک، اندازه ذره، قشلاق، رودخانه.

مقدمه

در صدسال اخیر رشد اقتصادی و افزایش جمعیت سبب تغییرات عمده‌ای در محیط‌های رودخانه‌ای شده و این تغییرها باعث شده حتی مناطق وسیعی که در گذشته به صورت تعادل بین نیروهای مختلف فرسایشی بوده، ناپایدار شده و صدمه ببینند. آثار انسان در محیط سبب ایجاد تغییر در رسوب خروجی از حوضه شده و این آثار، هیدرولوژی و اکوسیستم پائین-دست حوضه را تحت الشعاع قرار می‌دهد (ویلکوکس^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). با در نظر گرفتن این مسئله که قسمت زیادی

E-mail: nayyerihadi@yahoo.com

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۰۵۹۸۷۹

1. Wilcox

از این مشکل‌ها از عدم شناخت قوانین و تحول رودخانه‌ها منشأ می‌گیرد. آگاهی از چنین محیط‌هایی برای هرگونه عملیات و احداث سازه‌های آبی لازم است (نیری، ۱۳۸۹). مطالعه تغییرات رودخانه‌ای مستلزم شناخت دقیق فرایندهای آن‌ها و بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی و جنس مواد است. از جمله پیامدهای تغییرات رودخانه‌ها، تولید رسوب و کاهش گنجایش مفید سدها و در نتیجه مختل شدن شرایط هیدرولوژیکی جریان است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). اما با این حال درک پاسخ صحیح فرایندهای رسوبی به تغییرات محیطی از جمله مسائل مهم در دانش ژئومورفولوژی است که در زمینه آن مطالعه‌های اندکی در مقیاس مناسب صورت گرفته است (جوناتان واریچ^۱ و همکاران، ۲۰۱۵).

رودخانه‌ها از مهم‌ترین شکل‌های هستند که نسبت به فعالیت‌های تکتونیکي واکنش نشان می‌دهند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۱). اما به دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن بسیاری از تغییرها در محیط، بررسی تغییرهای سریع رسوب امکان‌پذیر نیست (پیرسون و ماجور^۲، ۲۰۱۴). اندازه‌گیری‌های کمی امکان مقایسه و ارزیابی لند فرم‌ها را تسهیل کرده و با محاسبه الگوها و شاخص‌های ژئومورفیک، می‌توان یک منطقه را ارزیابی و به تشخیص توصیفی از محدوده اقدام کرد (یمانی و همکاران، ۱۳۹۳). بار رسوبی رودخانه تابعی از ویژگی‌های زهکشی حوضه، مساحت و توپوگرافی حوضه، پارامترهای اقلیمی نظیر بارش و قابلیت فرسایش‌پذیری حوضه است (میلی‌من و سیویتسکی^۳، ۱۹۹۲) که این عوامل در میزان انتقال رسوب توسط رودخانه در حوضه‌های انتهایی مؤثرند (سیویتسکی و مورهد^۴، ۱۹۹۹). توزیع اندازه ذرات رسوب، از ویژگی‌های فیزیکی مهم رودخانه‌هاست که نمایانگر ارتباط‌های مهمی بین منابع تولید رسوب و فرایندهای رسوبی در حوضه‌های آبخیز است (صادقی و ذاکری، ۱۳۹۲). مورفومتری رسوب‌های خروجی از حوضه به شرایط فیزیکی حوضه، جنس سنگ مادر و زمان تشکیل آن بستگی دارد (راندل^۵ و همکاران، ۲۰۱۵). فرسایش و تولید رسوب به‌طور مستقیم در کاهش حاصل‌خیزی و هدر رفت خاک، برهم خوردن امنیت غذایی، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، پر شدن مخازن سدها، آبراه‌ها و رودخانه‌ها، گل‌آلود کردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت آن، آلودگی آب‌های مناطق پائین‌دست و تخریب محیط‌زیست قابل‌مشاهده است. درواقع فرسایش به دلیل تأثیرهای آن بر اقتصاد و محیط‌زیست، یک مشکل جهانی مطرح است (کی‌جی‌لیم^۶، ۲۰۰۵). همچنین تغییر در اندازه رسوب‌های خروجی از حوضه می‌تواند اولین عامل مؤثر در چینه‌بندی رسوب‌ها در حوضه انتهایی در نظر گرفته شود (فلیپ آلن^۷ و همکاران، ۲۰۱۵). در زمینه پروفیل طولی نیز آزمایش‌های تجربی مؤید آن است که تغییرات دبی، ابعاد رسوب، مقاومت لیتولوژیکی، ورود شاخه‌های فرعی و حرکت‌های تکتونیکي در تکامل پروفیل رودخانه اهمیت فراوانی داشته (رادوان، ۲۰۰۳) و هرگونه تغییر در این متغیرها می‌تواند بر روی پروفیل طولی رودخانه تأثیرگذار باشد.

1. Jonathan A. Warrick

2. Pierson & Major

3. Milliman and Syvitski

4. Syvitski and Morehead

5. Randle

6. k.j. Lim, et al

7. Philip A. Allen

در زمینه آثار تکتونیک بر مورفومتری رسوبها و مورفولوژی رودخانه مطالعه‌های زیادی بر روی غالب رودخانه‌های پرآب دنیا صورت گرفته است. در ادامه جهت آشنایی بیشتر با موضوع مورد بررسی به صورت اجمالی به تعدادی از این بررسی‌های داخلی و خارجی اشاره می‌شود.

وجتکو^۱ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی شاخص‌های مورفومتری و نیمرخ‌های طولی و عرضی رودخانه در تکامل تکتونیکی حوضه لبروک^۲ در اسلواکی پرداختند. سورین^۳ (۲۰۰۱) با مطالعه رودخانه پیاو^۴ در شرق کوه‌های آلپ در ایتالیا، دریافت که عوامل انسانی نظیر ساخت سد و عوامل طبیعی مانند شیب در ناپیوستگی اندازه رسوبها رودخانه مؤثرند.

فرانکلین^۵ (۲۰۰۹) در حوضه رودخانه لانو در تگزاس به این نتیجه رسید که شرایط هیدرولیکی و لیتولوژیکی مهم‌ترین فاکتورهای کنترل‌کننده اندازه ذره‌های بستر رودخانه هستند. لاتروبس^۶ و آلسورانس^۷ (۲۰۰۰) رسوب‌گذاری در قسمت‌های جنوب‌غربی رودخانه آمازون را ناشی از فعالیت‌های تئوکتونیک دانستند. شوم و همکاران (۲۰۰۲) به جزئیات بیشتری در مورد پاسخ رودخانه‌ها به فعالیت‌های تکتونیکی پرداختند و نتایج آن‌ها به این صورت بود که عکس‌العمل رودخانه‌ها به دو صورت متفاوت کج‌شدگی طولی^۸ و کج‌شدگی عرضی^۹ نمایان می‌شود و به‌طور کلی هر تغییر شکلی به میزان ۲-۳ میلی‌متر در سال قادر به خلق پدیده‌های غیر نرمال و مسیرهای ناهنجار و یخ و خم‌دار در طول مسیر آبراهه است (ویرانت جین و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۳). در ایران نیز زمان زاده و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر زمین‌ساخت فعال بر جور شدگی و میانگین اندازه ذرات رسوبات رودخانه‌های مئاندری رودخانه کارون در شمال شوشتر پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بین زمین‌ساخت و میانگین اندازه ذره‌ها و نرخ جور شدگی، در رسوب‌های مئاندری رابطه مستقیم وجود دارد.

مصفايي و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی روند تغییرهای مورفومتری رسوبها به سمت پائین‌دست تحت تأثیر عوامل هیدرولوژیک و سنگ‌شناسی در حوضه ورتوان قزوین به این نتیجه رسیدند که مورفومتری رسوبها را در طول مسیر رودخانه عمدتاً اقلیم و سنگ‌شناسی تعیین می‌کند و هیدرولیک جریان فقط تغییرهای ثانوی را بر روی روند کلی ایجاد می‌نماید.

نیری (۱۳۹۴) به بررسی شکل مجرا در رودخانه مهاباد پرداخت و به این نتیجه رسید که احداث سد سبب ترسیب رسوب‌های درشت‌دانه در داخل سد شده و ته‌نشست رسوب‌های ریزدانه در پائین‌دست سد سبب تغییر شکل مجرا از شریانی به آدا شده است.

1. Vojtko
2. Laborec
3. Surian
4. Piave
5. Franklin T. et al
6. Latrubesse.E
7. Alceu Rancy.A
8. Longitudinal tilting
9. Longitudinal Lateral
10. Virant Jain

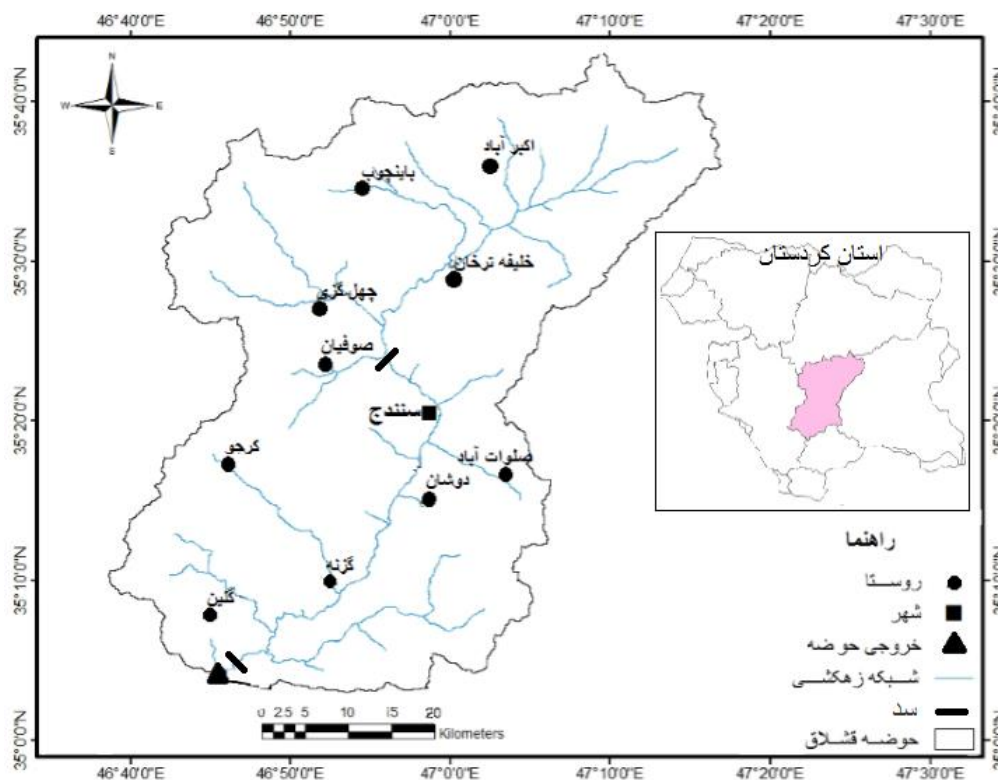
مقصودی و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل تأثیر لیتولوژی و تکتونیک بر نیمرخ طولی رودخانه اوجان چای پرداختند و دریافتند که نیمرخ طولی در زیر حوضه‌های دامنه کوهستان، بیشتر متأثر از شیب بوده ولی در مابقی زیر حوضه‌ها عوامل تکتونیک و لیتولوژی بیشترین تأثیر را بر روی رودخانه داشته‌اند.

در این پژوهش به بررسی نقش تکتونیک فعال در محدوده رودخانه قشلاق بر بافت و جور شدگی^۱ ذره‌های رسوب پرداخته می‌شود. از آنجا که تأثیرات تکتونیک بر بافت رسوب ممکن است به صورت غیرمستقیم باشد غسل‌های محدوده تحت بررسی از نظر مکانی به دو گروه تقسیم شدند تا تأثیر آن‌ها بر توزیع اندازه ذره‌های بستر و پروفیل طولی رودخانه با بررسی ضرایب مربوط به جور شدگی و کج شدگی هر کدام از نمونه‌های برداشت شده مشخص شود. با توجه به این که یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلاتی که امروزه دامن‌گیر سدها شده، مسئله انباشت رسوب و کاهش ظرفیت مفید آن‌هاست و سد ژاوه در منتهی‌الیه بازه مورد بررسی پژوهش حاضر در دست احداث است لذا پژوهش حاضر باهدف تأثیر غسل بر روی جور شدگی رسوب‌ها در این منطقه صورت گرفته که می‌تواند به‌عنوان یکی از مطالعه‌های پایه برای بررسی‌های مربوط به برآورد رسوب این سد مورد استفاده قرار گیرد.

داده‌ها و روش‌ها

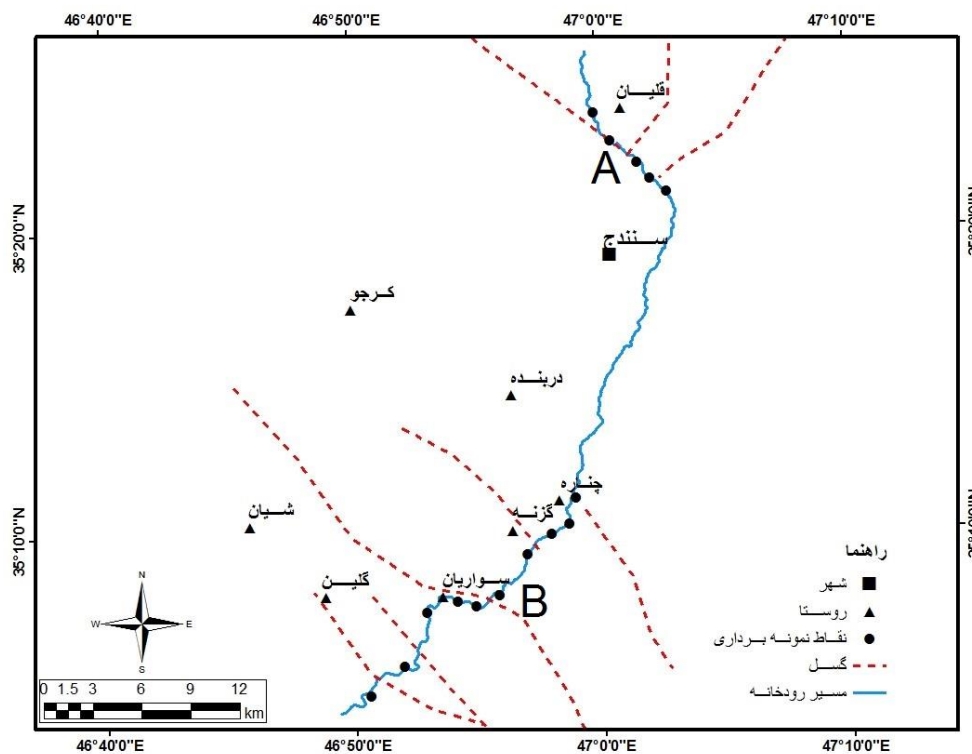
منطقه مورد مطالعه: رودخانه قشلاق در استان کردستان واقع در غرب کشور قرار دارد که از کوه‌های شمالی شهر سنندج سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه یکی از چهار شاخه اصلی تشکیل‌دهنده رودخانه سیروان است که پس از عبور از شهر سنندج در نزدیکی روستای هادی‌آباد با رودخانه گاوهرود به هم پیوسته و در منطقه اورامان پس از پیوستن آب بل وارد کرمانشاه می‌شود. ادامه آن بانام رود دیاله به دریاچه دربندی خان در خاک کردستان عراق ریخته و در نهایت به دجله منتهی می‌شود. قشلاق از به هم پیوستن حدود ۱۷ رودخانه کوچک که بین ۱۰ تا ۲۵ کیلومتر طول دارند تشکیل می‌شود. سرچشمه شاخه‌های اصلی این رودخانه در نواحی کوهستانی و برف‌گیر قرار دارد و به همین دلیل از پشتوانه تغذیه‌ای خوبی برخوردار است؛ اما محدوده‌ی مطالعاتی پژوهش حاضر، یک بازه ۵۵ کیلومتری است که از دیوار سد وحدت (قشلاق) در ۱۲ کیلومتری شهر سنندج شروع شده و تا سد در دست احداث ژاوه ادامه می‌یابد از لحاظ موقعیت جغرافیایی این محدوده بین عرض^۲ 35° 20' 55" شمالی و طول^۳ 47° 03' 11" شرقی تا عرض^۲ 35° 07' 41" شمالی تا طول^۳ 46° 53' 43" شرقی قرار دارد.

1. Sorting



شکل ۱: موقعیت حوضه رودخانه قشلاق

در پژوهش حاضر، به تأثیر نقش تکتونیک فعال در بافت رسوب‌های رودخانه قشلاق پرداخته می‌شود. برای این کار از ابزارهایی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور و همچنین گزارش‌ها و کتاب‌های موجود در کتابخانه‌ها استفاده شده است. نمونه‌ها و داده‌های موجود با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS، Excel، Gradistat، Google Earth و غیره گردآوری و تجزیه و تحلیل شدند. پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش آن، توصیفی-تحلیلی است. جهت نیل به اهداف پژوهش و درک بیشتر از فعالیت‌های تکتونیکی منطقه، ابتدا لایه مربوط به ویژگی‌های زمین‌شناسی و زمین‌ساخت محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد و مختصات جغرافیایی محل‌های تقاطع گسل‌ها با رودخانه اصلی مشخص شد. سپس با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی در محدوده تقاطع گسل‌ها و رودخانه و حفاصل گسل‌ها نمونه‌های رسوب برداشت شد (شکل ۲). نمونه‌های با وزن ۱۵۰ گرم پس از خشک کردن در دستگاه شیکر در هفت مقیاس غربال شد. نتایج حاصل از وزن نمونه‌ها، وارد محیط نرم‌افزار Excel شده و نمودارهای تجمعی هر کدام از نمونه‌ها برحسب میلی‌متر و فی ترسیم گردید. سپس بر مبنای آن‌ها شاخص‌های مختلف آماری مربوط به هر کدام از نمونه‌ها از جمله مقدار جور شدگی و میانگین اندازه ذرات بر اساس روش فولک محاسبه شد. محاسبه این شاخص‌ها برای نمونه‌های برداشت شده امکان بررسی تأثیر گسل‌ها و تکتونیک فعال بر بافت رسوب‌های رودخانه و مقایسه ویژگی‌های این رسوب‌ها را در قسمت‌های مختلف محدوده مورد بررسی فراهم می‌کند.

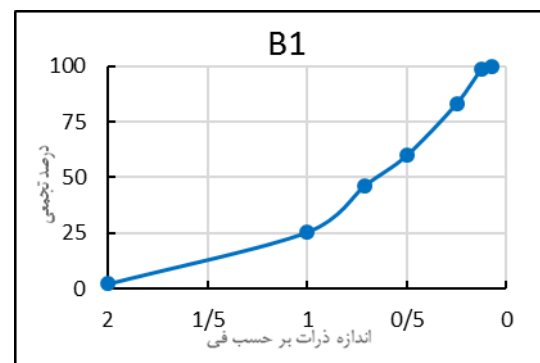
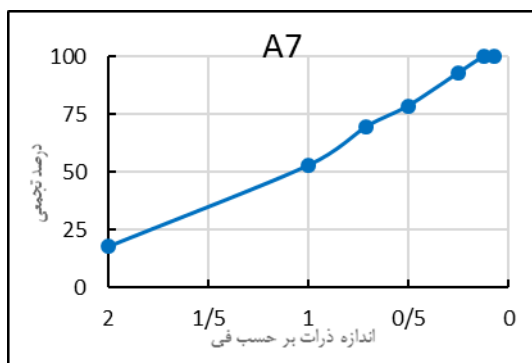
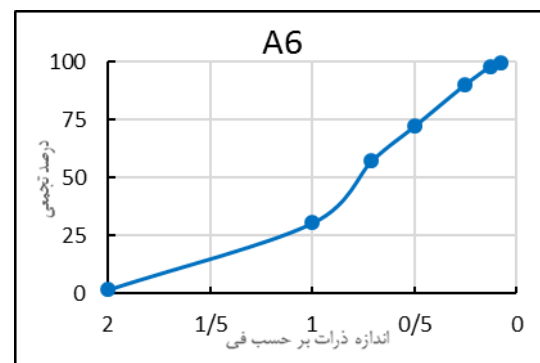
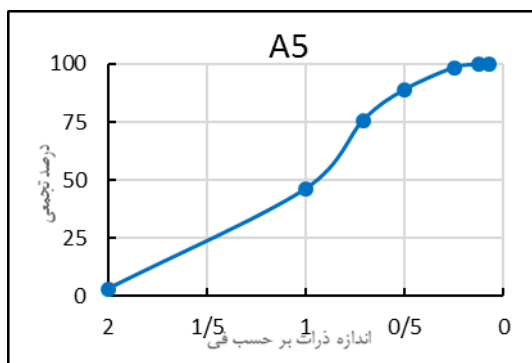
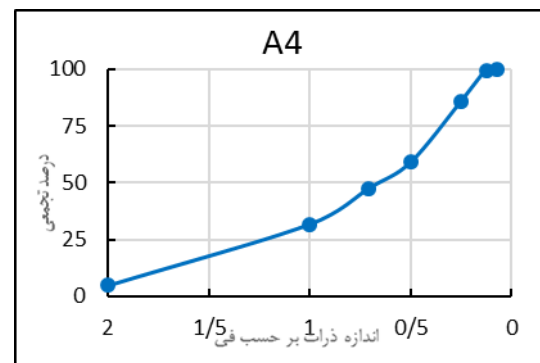
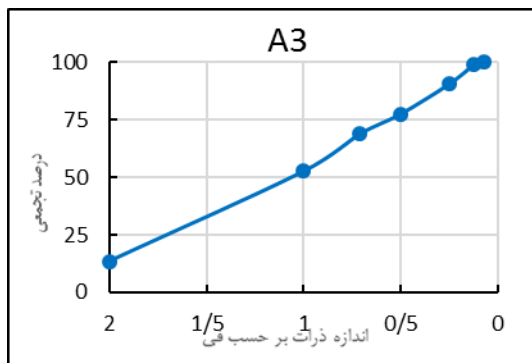
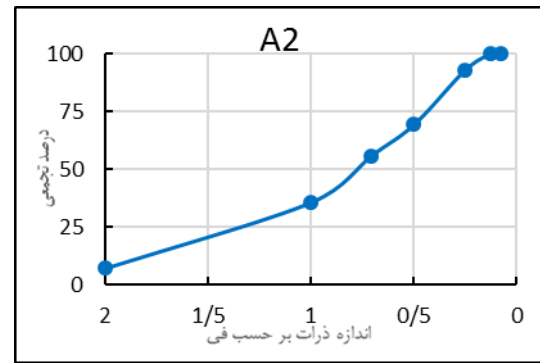
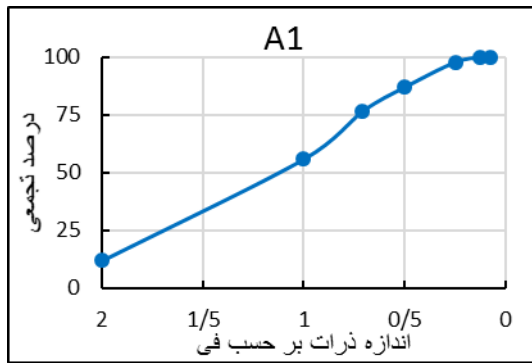


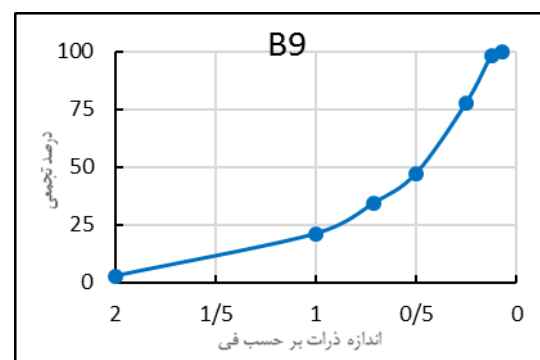
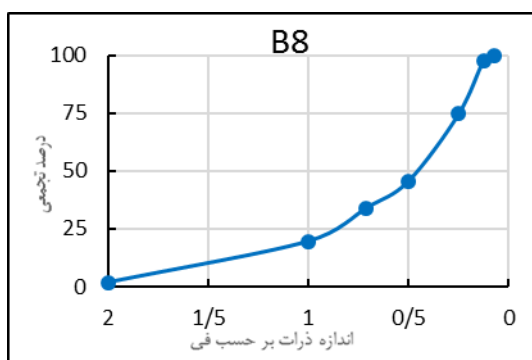
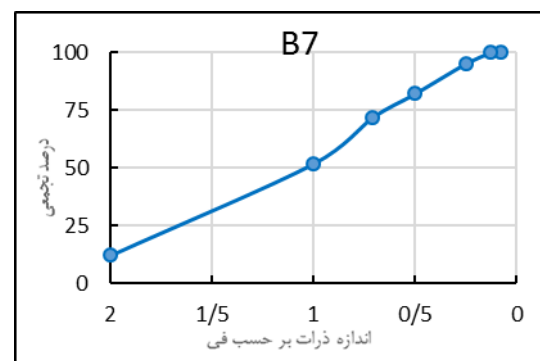
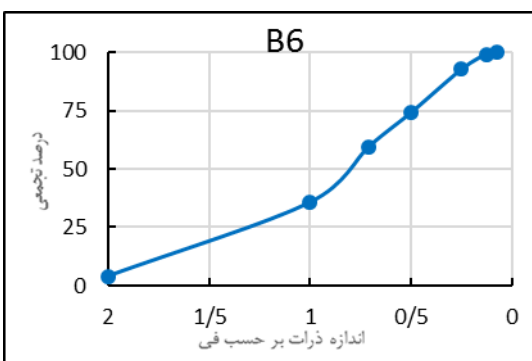
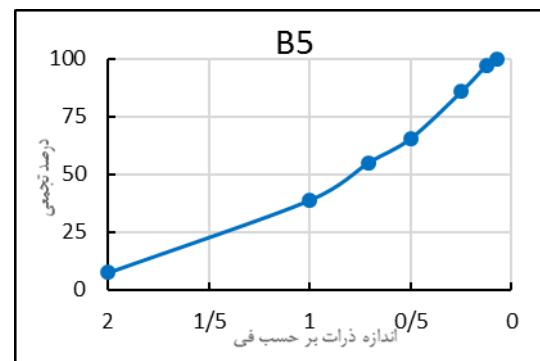
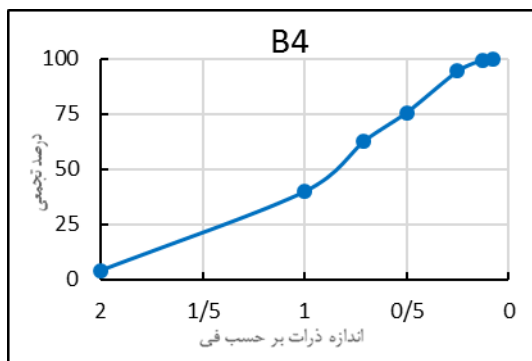
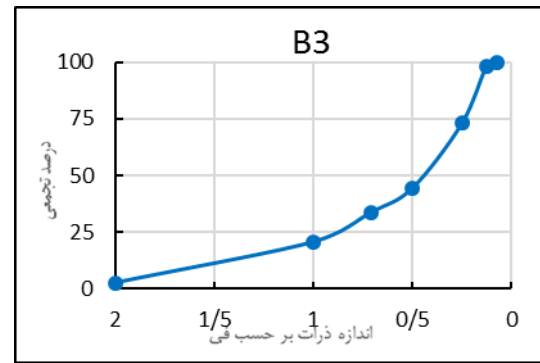
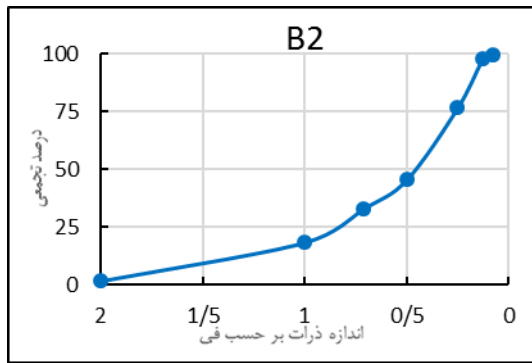
شکل ۲: موقعیت گسل‌ها و نقاط نمونه‌برداری در محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

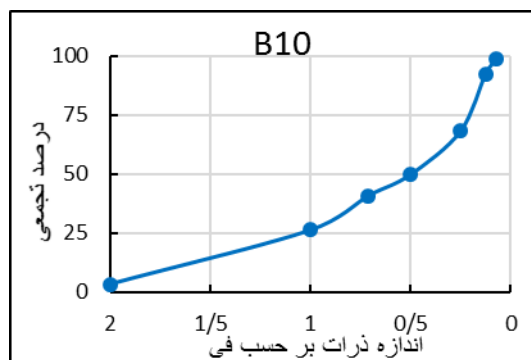
بحث و یافته‌ها

پارامترهای آماری

گسل‌های محدوده مورد مطالعه در دو قسمت مجزا تراکم یافته‌اند (شکل ۲) و در محدوده شهری سنندج گسلی به چشم نمی‌خورد لذا تمام گسل‌های این محدوده به دو رده A و B تقسیم شده‌اند. در محدوده A تعداد ۷ نمونه در محل تقاطع ۳ گسل موجود جمع‌آوری شده و در محدوده B در محل تقاطع ۵ گسل موجود، ۱۰ نمونه رسوب برداشت شد. برای ارزیابی نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از اندازه‌گیری و توزین آن‌ها در دستگاه شیکر، داده‌ها وارد محیط نرم‌افزار Excel شده و درصد فراوانی تجمعی آن‌ها اندازه‌گیری شده است. سپس منحنی‌های مورد نظر با استفاده از داده‌های مربوط به درصد فراوانی تجمعی و اندازه ذره‌ها برحسب فی ترسیم و با یک‌دیگر مقایسه شدند. برای بررسی بهتر نمونه‌ها از نظر جور شدگی و سایر شاخص‌ها، پارامترهای آماری از قبیل میانگین، میانه و غیره محاسبه گردید. اندازه‌گیری پارامترهای آماری نیز با استفاده از روش ترسیمی از روی منحنی‌ها صورت گرفت (شکل ۳).







شکل ۳: نمودارهای مورفومتری نمونه‌های جمع‌آوری شده به روش ترسیمی فولک (۱۹۸۴)، (منبع: نگارندگان)

محاسبه متوسط اندازه ذره‌ها

برای مقایسه موقعیت ذره‌ها در نمونه‌های مختلف باید متوسط اندازه در هر یک از آن‌ها مشخص شود. برای اندازه‌گیری متوسط اندازه ذره‌ها از سه پارامتر میانه، میانگین و مد استفاده شده است.

میانه: محدوده‌ای را نشان می‌دهد که نصف ذره‌ها درشت‌تر از آن و نصف دیگر ریزتر از آن هستند. مقدار میانه بر روی منحنی تجمعی ذره‌ها در نقطه ۵۰ درصد قرار می‌گیرد. همان‌گونه که از جدول ۱ مشاهده می‌شود به‌طور متوسط میانه در رده A کمتر از رده B است.

مد: بالاترین نقطه در منحنی فرکانس است که در مقابل پرشیب‌ترین نقطه منحنی قرار دارد. در نمونه‌های برداشت شده از بازه اول بیشترین تراکم ذره‌ها در محدوده ۰-۰/۷۵ فی قرار دارد. اما از مجموع ۱۰ نمونه برداشت شده در رده B تعداد ۵ نمونه بیشترین تراکم را در قسمت ۲-۳ فی دارند.

میانگین: عبارت است از حد متوسط اندازه ذره‌ها در رسوب که با تقسیم اعداد مربوط به درصدهای ۱۶، ۵۰ و ۸۴ از منحنی تجمعی بر ۳ به دست می‌آید. متوسط میانگین در رده A نسبت به رده B اعداد کمتری را به دست داده است. از جمله مهم‌ترین دلایل آن فاصله نه‌چندان زیاد نمونه‌های A از دیوار سد قشلاق (وحدت) است. چون قسمت اعظم رسوب‌های حوضه بالادست سد در پشت دیوار انباشت می‌شوند.

جدول ۱- شاخص‌های مرکزی نمونه‌های برداشت شده

مد	میانگین	میانه	پارامترهای آماری بر حسب فی نمونه‌ها
۰/۷۵-۰	۰/۶۷	۰/۱	A۱
۰/۷۵-۰	۰/۰۲	۰/۲۵	A۲
۰/۷۵-۰	۰/۵۱	۰/۰۱	A۳
۰/۷۵-۰	۱/۰۲	۰/۹	A۴
۰/۷۵-۰	۰/۴۵	۰/۰۵	A۵

۰/۷۵-۰	۲/۶	۲/۵	A۶
۰/۷۵-۰	-۰/۵۹	-۰/۰۲	A۷
۰/۷۵-۰	۱/۱۷	۰/۹	B۱
۳-۲	۱/۶۳	۰/۱	B۲
۳-۲	۱/۷۸	۱/۱	B۳
۰/۷۵-۰	۰/۱۴	۰/۲	B۴
۰/۷۵-۰	۲/۳۵	۲/۵	B۵
۰/۷۵-۰	۰/۲۵	۰/۳	B۶
۰/۷۵-۰	-۰/۵۴	-۰/۰۱	B۷
۳-۲	۱/۸۳	۱/۱	B۸
۳-۲	۱/۶۸	۱/۱	B۹
۳-۲	۱/۳۳	۱	B۱۰

منبع: نگارندگان

اندازه‌گیری یکنواختی ذره‌ها

یکنواختی یا جور شدگی عبارت است، از این که ذره‌های تشکیل‌دهنده رسوب یا سنگ تا چه اندازه به یکدیگر نزدیک باشند. روش‌های زیر برای اندازه‌گیری جور شدگی ذره‌ها در نمونه‌های برداشت‌شده به کار برده شده است.

ضریب جور شدگی ترسک^۱: این ضریب در مقیاس میلی‌متری است و فقط قسمت وسط منحنی را به دست می‌دهد در گذشته تنها روش اندازه‌گیری جور شدگی بوده است. محاسبه ضریب جور شدگی ترسک برای نمونه‌های برداشت‌شده در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ضریب ترسک برای نمونه‌های موجود بین ۱/۴ تا ۲/۵ متغیر است که حاکی از جور شدگی کم رسوب‌ها است. در مجموع نیز میانگین ضریب ترسک برای داده‌های دسته A کمتر از دسته B است که نشان‌دهنده این است که میزان جور شدگی برای بازه اول رودخانه بیشتر از بازه دوم است.

کودفی^۲: این اندیس نیز مانند ضریب ترسک است که در آن از مقیاس فی استفاده شده و با تقسیم نقاط ۲۵ و ۷۵ درصد بر روی منحنی تجمعی نمونه‌ها بر ۲ حاصل می‌شود. در این ضریب نیز مانند ضریب ترسک دنباله منحنی‌ها در عدد به دست آمده تأثیر ندارد. در نمونه‌های موجود کمترین مقدار ضریب کودفی ۰/۵۵- بوده و تا ۲/۳ فی بیشترین مقدار افزایش می‌یابد. میانگین ضریب کودفی برای نمونه‌های گروه A برابر ۱/۰۹ فی و برای نمونه‌های گروه B برابر ۱/۶ فی به دست آمده است.

^۱ Trask's Sorting coefficient = SO

^۲ phi quartile Deviation = QD

انحراف معیار ترسیمی^۱: این ضریب نسبت به ضرایبی که در فوق شرح آن‌ها آمد مناسب‌تر بوده و درصد بیشتری را دربر می‌گیرد و از تقسیم نقاط ۱۶ و ۸۴ بر روی منحنی تجمعی بر ۲ به دست می‌آید. در نمونه‌های برداشت‌شده میزان انحراف معیار ترسیمی از ۱/۳ تا ۲/۷۵ فی متغیر است. این ضریب نیز همانند ضرایب فوق میانگین به‌دست‌آمده برای نمونه A کمتر از نمونه B است.

انحراف معیار ترسیمی جامع^۲: در این نوع از انحراف معیار جور شدگی ذره‌ها در حدود ۹۰ درصد توزیع ذره‌ها در منحنی اندازه‌گیری شده و جور شدگی بهتری را نشان می‌دهد.

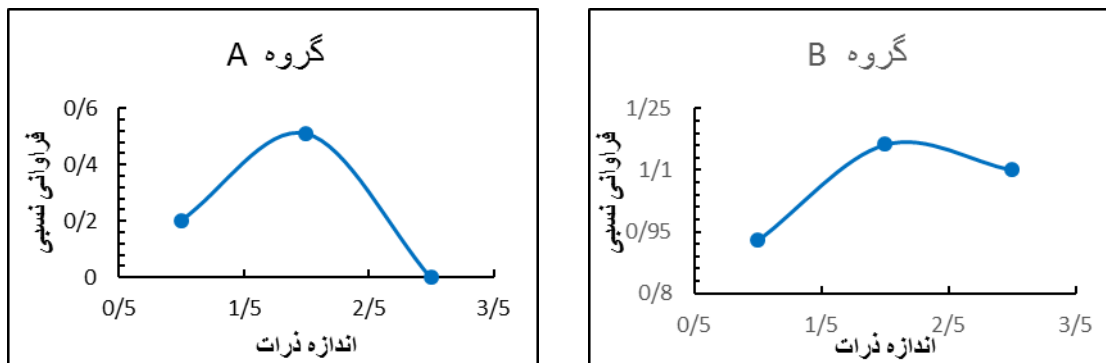
میزان به‌دست‌آمده برای انحراف معیار ترسیمی جامع نمونه‌های موجود از ۲/۷ تا ۶/۹ است. میانگین این ضریب برای داده‌های گروه A برابر ۳/۹ و برای داده‌های گروه B برابر ۴/۹ می‌باشد. همان‌گونه که از جدول ۳ مشاهده می‌شود جور شدگی رسوب‌های برداشت‌شده بسیار کم بوده و غالب نمونه‌ها در رده رسوب‌های ۲-۴ و بیشتر از ۴ فی قرار می‌گیرند؛ اما در مجموع جور شدگی نمونه‌های گروه اول بیشتر از گروه دوم است.

اندازه‌گیری کج شدگی^۳ یا نامتقارن بودن منحنی: از کج شدگی برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و فرایندهایی که باعث حمل و نقل شده است استفاده می‌شود. کج شدگی نامتقارن یا نامتجانس بودن منحنی توزیع ذره‌ها است که به وسیله دنباله منحنی توزیع مشخص می‌شود. در منحنی‌های نامتقارن مقدار کج شدگی صفر است ولی در منحنی‌هایی که دنباله آن‌ها به طرف راست یا به طرف رسوب‌های دانه ریزتر متمایل باشد، مثبت و اگر دنباله منحنی به طرف چپ یا رسوب‌های دانه درشت‌تر متمایل باشد منفی است. شکل ۴ منحنی‌های فراوانی متقارن و نامتقارن نمونه‌های تحت بررسی را به تفکیک گروه‌های A و B نشان می‌دهد. در گروه A دنباله منحنی به طرف رسوب‌های دانه ریزتر بوده در نتیجه منحنی از نوع نامتقارن منفی است؛ اما در نمودار مربوط به گروه نمونه B دنباله منحنی به طرف راست رفته لذا نتیجه می‌شود که منحنی از نوع نامتقارن مثبت است. در منحنی‌های نامتقارن مثبت ذره‌های تشکیل‌دهنده رسوب از نوع دانه‌ریز بوده و رسوب‌گذاری در یک محیط آرام صورت گرفته اما در منحنی‌های نامتقارن منفی ذره‌های رسوب از نوع دانه‌درشت بوده و رسوب‌گذاری در محیط‌های پرانرژی صورت گرفته است. دلیل عمده وجود تفاوت بارز بین منحنی‌های دو نمونه رسوب را می‌توان در شیب محدوده‌های برداشت توجیه کرد. چون درصد شیب نمونه‌های گروه A نسبت به نمونه‌های گروه B بیشتر است و در نتیجه محیط پرانرژی‌تری دارد. رسوب‌ها دارای جور شدگی خوب به صورت لایه‌ای قابل تفکیک و تخلخل بالا، مشخص می‌شوند (موسوی حرمی، ۱۳۸۲، معتمد، ۱۳۶۵).

¹. Graphic Standard Deviation

². Graphic Standard Deviation Inclusive

³. Skewness



شکل ۴: منحنی‌های فراوانی متقارن و نامتقارن (مثبت و منفی)، (منبع: نگارندگان)

کج شدگی

کج شدگی چارکی^۱: در این روش نیز کج شدگی در قسمت مرکزی منحنی محاسبه می‌شود. مقدار مثبت آن فراوانی ذره‌های دانه‌ریز و مقدار منفی آن فراوانی ذره‌های دانه‌درشت را در دنباله منحنی نشان می‌دهد. میانگین اعداد حاصل از این ضریب برای هر دو گروه نمونه‌ها منفی است که نشان‌دهنده دانه‌درشت بودن ذره‌ها است اما میانگین نمونه‌های گروه A کمتر بوده و این امر نتایج حاصل از نمودارهای شکل ۴ را تأیید می‌کند.

کج شدگی ترسیمی^۲: در این روش جابجایی میانه از حد متوسط بین نقاط ۱۶ و ۸۴ درصد اندازه‌گیری می‌شود. از میان ۱۷ نمونه موجود فقط برای دو نمونه میزان کج شدگی ترسیمی منفی به‌دست آمده و سایر نمونه‌ها کج شدگی ترسیمی مثبت داشته‌اند که نشان‌دهنده جابجایی میانه از نقطه وسط به‌طرف ۱۶ فی است.

کج شدگی ترسیمی جامع^۳: در این روش ۹۰ درصد منحنی در نظر گرفته شده و مقدار به‌دست آمده دقیق‌تر از ضرایب فوق است. با توجه به این‌که در این روش مقدار کج شدگی برای نقاط ۵ و ۹۵ فی نیز محاسبه می‌شود در نتیجه مقادیر مربوط به دنباله منحنی‌ها نیز به دست می‌آید. مقدار حاصل از این فرمول با علامت مثبت یا منفی نشان داده می‌شود اما در صورتی که مقدار آن برابر صفر باشد حالت منحنی متقارن است. میانگین این فرمول برای هر دودسته نمونه‌ها منفی است در نتیجه دنباله منحنی‌های آن‌ها به‌طرف چپ بوده و کج شدگی منفی است که این امر نشان‌دهنده آن است که ذره‌های دانه‌درشت می‌باشند.

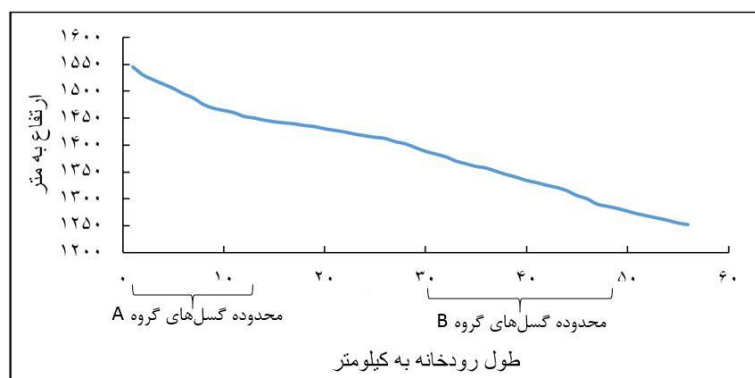
¹. Quartile Skewness = $SKq\emptyset$

². Graphic Skewness = SKG

³. Inclusive Graphic Skewness = SKI

شیب طولی رودخانه

جهت شناخت دقیق تأثیر گسل‌ها بر رودخانه، پروفیل طولی رودخانه در بازه مورد مطالعه ترسیم شده است. شکل ۵ پروفیل طولی رودخانه و محدوده گسل‌های موجود را در بازه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در محدوده گسل‌ها تغییر شیب بسیار محسوس بوده و شیب رودخانه افزایش می‌یابد. به گونه‌ای که از ابتدای محدوده مورد بررسی تا ۱۲ کیلومتری آن شیب حدود ۰/۹۳ درصد است؛ اما در میانه مسیر که شهر سنندج نیز در آن استقرار یافته شیب بسیار کاهش می‌یابد. سپس تحت تأثیر گسل‌های گروه B شیب به تدریج افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۵: پروفیل طولی رودخانه قشلاق در محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

جدول ۲: ضرایب مربوط به جور شدگی و کج شدگی نمونه‌های برداشت شده

پارامترهای آماری و رابطه آن‌ها	جور شدگی ترسک	جور شدگی کودفی	انحراف معیار ترسیمی	انحراف معیار ترسیمی جامع	کج شدگی ترسیمی جامع	کج شدگی ترسیمی	کج شدگی چارکی
OS \parallel $\sqrt{\frac{M_{m25}}{M_{m75}}}$	QD $= \frac{075 - 025}{2}$	GSD $= \frac{084 - 016}{2}$	σ $\frac{084 - 016}{4}$ $+$ $\frac{095 - 05}{6.6}$	SKI $\frac{016 + 084 - 2050}{2(084 - 016)} \parallel$ $+$ $\frac{05 + 095 - 2050}{2(095 - 05)}$	SKG $= \frac{016 + 084 - 2050}{2(084 - 016)}$	SKq $= \frac{025 - 075 - 2(Md0)}{2}$	
A1	۲/۵	۲/۳	۱/۵	۳/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۱
۲A	۱/۸	۱/۲	۲/۱	۴/۱	۰/۵	۱/۴	۰/۳
۳A	۱/۷	۱/۳	۲/۰	۴/۴	۱/۹	۱/۵	۰/۱
۴A	۱/۹	۱/۷	۲/۳	۴/۸	-۲/۵	۱/۱	-۰/۲
۵A	۱/۴	-۶/۰	۱/۳	۲/۷	۰/۴	۰/۸	-۰/۷
۶A	۱/۶	۱/۲	۲/۱	۴/۶	-۱۱/۵	-۱/۰	-۱/۲
۷A	۱/۷	۰/۶	۱/۹	۴/۲	۱/۷	۱/۴	۰/۵
۱B	۱/۷	۱/۶	۲/۲	۴/۷	-۲/۱	۱/۱	-۰/۱
۲B	۱/۸	۱/۸	۲/۳	۴/۹	-۲/۶	۱/۲	۰/۱
۳B	۲/۰	۱/۶	۲/۶	۵/۲	-۲/۸	۱/۶	۰/۴
۴B	۱/۷	۱/۲	۱/۸	۳/۸	۱/۰	۱/۲	۰/۱

۵B	۱/۹	۱/۷	۲/۴	۵/۱	-۱۳/۶	-۰/۵	-۲/۰
۶B	۱/۶	۱/۱	۱/۸	۳/۹	۰/۵	۱/۱	۰/۱
۷B	۱/۶	۱/۳	۱/۶	۳/۵	۱/۲	۱/۱	۰/۱
۸B	۲/۰	۲/۰	۲/۶	۶/۹	-۲۱/۵	۱/۶	-۰/۱
۹B	۱/۸	۱/۶	۲/۳	۵/۳	-۲/۹	۱/۲	۰/۳
۱۰B	۲/۴	۲/۳	۲/۸	۵/۹	-۳/۰	۱/۷	۰/۰

منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در قسمت‌های مختلف رودخانه قشلاق دارای جور شدگی بسیار کمی بوده‌اند. ضریب جور شدگی ترسک در نمونه‌های برداشت‌شده از ۱/۴ تا ۲/۵ متغیر بوده است. از ضرایب دیگر مورد بحث در این بررسی انحراف معیار ترسیمی جامع است که بنا بر طبقه‌بندی فولک جور شدگی بین ۲ تا ۴ بسیار بد و جور شدگی بیشتر از ۴ در زمره رسوب‌ها با جور شدگی بی‌نهایت بد قرار می‌گیرد. از میان ۱۷ نمونه مورد بحث فقط ۵ نمونه دارای جور شدگی کمتر از ۴ یعنی بسیار بد بوده و سایر نمونه‌ها رسوب‌ها با جور شدگی بی‌نهایت بد بوده‌اند. این امر با توجه به ضرایب و نمودارهای نامتقارن مربوط به شاخص‌های مرکزی نیز قابل اثبات است. چون نمودارهای هیچ‌کدام از نمونه‌ها متقارن نبوده و اعداد به‌دست‌آمده برای میانه، میانگین و مد هرکدام تفاوت‌های بارزی باهم دارند. ازجمله دلایلی که به‌وسیله آن‌ها می‌توان جور شدگی بسیار کم نمونه‌های برداشت‌شده را توجیه کرد تأثیر ویژگی‌های تکتونیکی ازجمله گسل‌های متقاطع موجود بر مسیر رودخانه از یک‌سو و دخالت‌های انسانی از سوی دیگر است. احداث سد قشلاق (وحدت) در مسیر رودخانه قشلاق سبب شده است که قسمت اعظم رسوب‌ها در پشت دیوار سد ته‌نشست کرده و دبی رسوب را به‌شدت کاهش دهد که این فرایند سبب تغییر در جور شدگی و سایر پارامترهای مربوط به مورفومتری رسوب در محدوده تحت بررسی شده است. از سوی دیگر همان‌گونه که از پروفیل طولی بستر رودخانه قابل استنباط است شیب بستر در محدوده وجود گسل‌ها به‌شدت دستخوش تغییر شده و افزایش چشمگیری داشته است. افزایش شیب بستر، افزایش نیرو و در نتیجه افزایش سرعت آب را به دنبال دارد که سبب حمل انتخابی ذرات رسوب و ایجاد تند آب‌ها در بستر شده و جور شدگی را به‌شدت کاهش می‌دهد. وجود این گسل‌ها از سوی دیگر سبب می‌شود علاوه بر تأمین منابع رسوب، جور شدگی آن نیز به‌شدت کاهش یابد.

اهمیت پژوهش حاضر در این است که در مورد تأثیر تکتونیک بر مورفومتری رسوب و جور شدگی آن در منطقه مورد مطالعه جزء مطالعات اولیه بوده و توانسته حلقه ارتباطی بین زمین‌ساخت و مورفولوژی سطحی در این منطقه باشد و آثار آن‌ها را بر رسوب‌های بستر مطالعه نماید.

در راستای موضوع و اهداف و نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

- به دلیل به فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی، تراکم فعالیت‌های انسانی در اطراف گسل‌ها محدود شود؛

- با توجه به احداث سد ژاوه در پائین دست مسیر مورد مطالعه پیشنهاد می شود فعالیت هایی که سبب رسوبزایی بیشتر بستر می شود محدود گردند تا موجب پر شدن سریع مخزن سد از رسوب نشود؛
- بستر متناسب با ویژگی های هیدروژئومورفولوژیکی و هیدرودینامیکی رودخانه پایدارسازی شود.

منابع

- ۱- اسماعیلی، رضا، متولی، صدرالدین، حسین زاده، محمد مهدی (۱۳۹۱): بررسی آثار مورفوتکتونیک در نیمرخ طولی رودخانه واز؛ البرز شمالی، استان مازندران، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۱، صص ۱۰۱-۱۱۴.
- ۲- امانی، خبات (۱۳۹۴): هیدرودینامیک رودخانه قشلاق باهدف تعیین حریم توسعه کاربری ها در محدوده شهر سنندج، یمانی، مجتبی، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- ۳- رهنمایی، محمدتقی (۱۳۷۶): مدیریت زیست محیطی منابع آبی رودخانه قشلاق کردستان، جلد ۲، تهران.
- ۴- روستایی، شهرام، نیری، هادی (۱۳۹۱): ارزیابی فعالیت های تکتونیکی با استفاده از نیمرخ طولی در حوضه آبریز رودخانه مهاباد، جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۱۶، شماره ۳۶، صص ۱۴۵-۱۶۴.
- ۵- زمان زاده، سید محمد، مقیمی، ابراهیم، احمدی، امیر (۱۳۹۳): بررسی تأثیر زمین ساخت فعال بر جور شدگی و میانگین اندازه ذرات رسوبات رودخانه های مآندری. مطالعه موردی: رودخانه کارون، شمال شوشتر، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۲، صص ۱۱۷-۱۲۹.
- ۶- صادقی، سید حمیدرضا، ذاکری، محمدعلی (۱۳۹۲): توزیع اندازه ذرات رسوب معلق در فواصل زمانی معین در رودخانه کجور، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، شماره دوم.
- ۷- نیری، هادی (۱۳۸۹): تحلیل مورفولوژیکی مجرای رودخانه مهاباد و تأثیر احداث سد بر آن، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی ۱۵۵-۱۷۷، ۳۷.
- ۸- مقصودی، مهران، نوید فر، اصغر، قنبری، محمد، رضایی، علی (۱۳۹۴): تحلیل کمی تأثیر لیتولوژی و تکتونیک بر نیمرخ طولی رودخانه مطالعه موردی: رودخانه اوجان چای، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۱، صص ۱۰۴-۱۱۷.
- ۹- مصفايي، جمال، اختصاصی، محمدرضا، دستورانی، محمدتقی (۱۳۹۴): بررسی روند تغییرات مورفومتری رسوبات به سمت پائین دست تحت تأثیر عوامل هیدرولوژیک و سنگ شناسی در حوضه ورتوان قزوین، نشریه علوم مهندسی آبخیزداری ایران، سال نهم، شماره ۳۰.
- ۱۰- معتمد، احمد (۱۳۶۵): رسوب شناسی، روش های مطالعه، جلد ۱، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۱- موسوی حریمی، رضا (۱۳۸۹): رسوب شناسی، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۱۲- یمانی، مجتبی، علمیزاده، هیوا (۱۳۹۳): تأثیر نو زمین ساخت در مورفولوژی شبکه زهکشی حوضه آبخیز نچی با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و مورفومتریک، فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره اول، شماره پیاپی ۱۱۲.

- 13- Allen, P. A., Armitage, J. J., Whittaker, A. C., Michael, N. A., Roda-Boluda, D., & D'Arcy, M. (2015): Fragmentation Model of The Grain Size Mix of Sediment Supplied to Basins. *The Journal of Geology*, 123(5), 405-427.
- 14- Franklin T. Heitmuller, Paul F. Hudson, (2009): Downstream Trends in Sediment size and Composition of Channel Bed, Bar and Bank Deposits Related to Hydrologic and Lithologic Controls in The Llano River Watershed, Central Texas, USA, *Geomorphology* 112, (2009): pp. 246 – 260.

- 15- Jain, V., & Sinha, R. (2004): Fluvial Dynamics of an Anabranching River System in Himalayan Foreland Basin, Baghmata River, North Bihar Plains, India. *Geomorphology*, 60 (1), 147-170.
- 16- Latrubesse, E., Alceu Rancy. A (2000): Neotectonic Influence on Tropical Rivers of Southwestern Amazon During The Late Quaternary: The Moa and Ipixuna River Basins, Brazil, *Quaternary International*, Volume 72, Issue 1, pp67-72.
- 17- Pierson, T.C., Major, J.J., (2014): Hydrogeomorphic effects of explosive volcanic eruptions on Drainage Basins. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 42, 469–507.
- 18- Milliman, J.D., Syvitski, J.P.M., (1992): Geomorphic Tectonic Control of Sediment Discharge to The Ocean—The Importance of Small Mountainous Rivers. *Journal of Geology* 100, 525–544.
- 19- Randle, T.J., Bountry, J.A., Ritchie, A.C., Wille, K.B., (2015): Large-Scale Dam Removal on The Elwha River, Washington, USA: Erosion of Reservoir Sediment. *Geomorphology* 246, 709–728.
- 20- Syvitski, J.P., Morehead, M.D., (1999): Estimating River-Sediment Discharge to The Ocean: Application to The Eel Margin, Northern California. *Marine Geology* 154, 13–28
- 21- Surian, Nikolas, (2002): Downstream Variation in Grain Size Along an Alpin River: Analysis of Controls and Processes, *Geomorphology*, pp 137–149.
- 22- Tajbakhsh, m., (2009): Tectono-Geomorphic and Climatic Control on Erosion in Lesser Himalaya (Sikkim and Garhwal), PhD Thesis, University of Delhi.
- 23- Vojtko, R., Petro, L., Benova, A., Bona, J. and Hok, J., (2012): Neotectonic Evolution of Northern Laborec Drainage Basin (Northern Part of Slovakia), *Geomorphology*, Vol.138, PP. 276-294.
- 24- K. J. Lim, M. sagong, B. A. Engel, Zh. Tang, J. Choi, Ki. S. Kim (2005): GIS-based Sediment Assessment Tool. *Catena*, 64.
- 25- Keller, E.A. (1986): Investigation of Active Tectonics: Use of Surficial Earth Processes, in: Wallace, R.E. (Ed.), *Active Tectonics, Studies in Geophysics*, National Academy Press, Washington, DC 136-147.
- 26- Warrick, J. A., Bountry, J. A., East, A. E., Magirl, C. S., Randle, T. J., Gelfenbaum, G., & Duda, J. J. (2015): Large-Scale Dam Removal on The Elwha River, Washington, USA: Source-to-Sink Sediment Budget and Synthesis. *Geomorphology*, 246, 729-750.
- 27- Wilcox, A. C., O'Connor, J.E., Major, J. J., (2014): Rapid Reservoir Erosion, Hyperconcentrated Flow, and Downstream Deposition Triggered by Breaching of 38 m Tall Condit Dam, White Salmon River, Washington. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 119.