

# شناسایی فرآیندهای موثر در پیوستگی رسوبی و تغییرات بافتی در رسوبات رودخانه‌ای حوضه آبریز بیدواز-شرق اسفراین

قاسم رستمی‌زاده، رضا موسوی حرمی\*، اسدا...محبوبی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

\*مسئول مکاتبات- آدرس الکترونیکی: [harami\\_2004@yahoo.com](mailto:harami_2004@yahoo.com)

(دریافت: ۸۴/۵۷/۲؛ پذیرش: ۸۴/۹/۲۲)

## چکیده

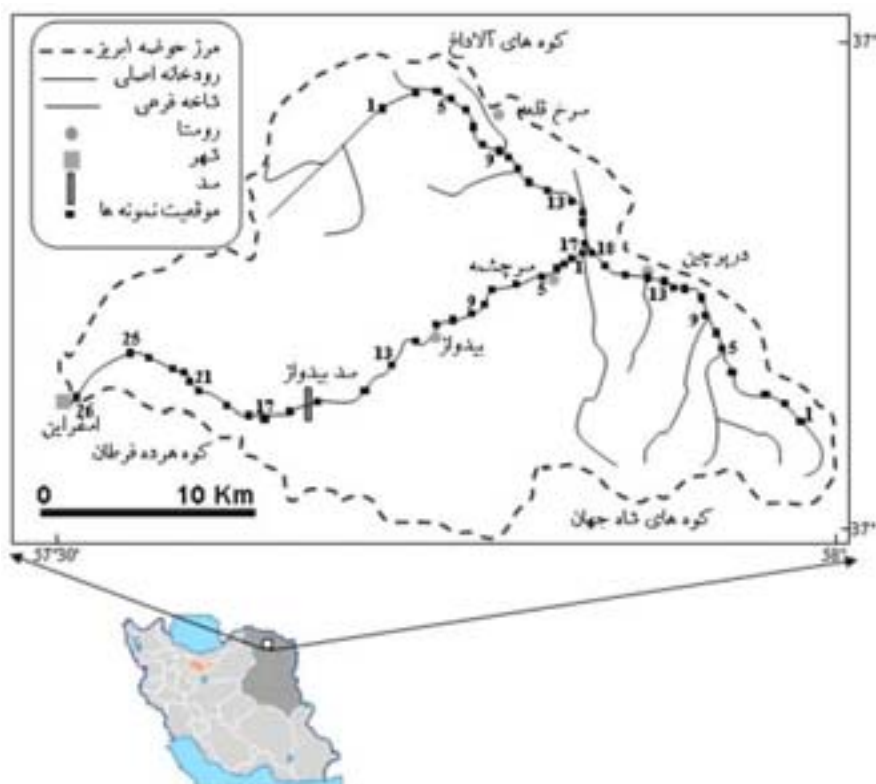
حوضه آبریز بیدواز در شرق شهرستان اسفراین، در استان خراسان شمالی واقع شده است. رودخانه اصلی این حوضه، رودخانه بیدواز و دو سرشاخه مهم آن درپرچین و سرخ قلعه نام دارد که همگی از نوع بریده بریده با بستر گراولی می‌باشند. آنالیز اندازه ذرات نشان داده است که پیوستگی رسوبی به ویژه در دو سرشاخه درپرچین و سرخ قلعه از روند یکنواختی برخوردار نیست بلکه در دو نقطه، روند پیوستگی از حالت قبلی خارج شده و روند جدیدی آغاز شده است. در رودخانه بیدواز به علت طولانیتر بودن مسیر، پیوستگی رسوبی روند تقریباً یکنواختی را نشان می‌دهد ولی در این رودخانه نیز می‌توان زیروندهای مجزایی را تشخیص داد. تغییرات شیب در مسیر رودخانه و ورود حجم زیادی از رسوبات دانه درشت توسط شاخه‌های فرعی از عوامل اصلی تغییر در پیوستگی رسوبی می‌باشند. بررسی پیوستگی رسوبی گروه‌ها و رده‌های مختلف دانه‌ها (گراول، ماسه و گل) همراه با تغییرات پارامترهای جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی نشان داده است که حمل انتخابی (selective transport) مهم‌ترین فرآیند کنترل‌کننده ریز شونددگی دانه‌ها در طول مسیر بوده است. همچنین با توجه به این که قسمت اعظم رسوبات از ذرات درشت‌تر از ۴- فی تشکیل شده است، فرآیند جورشدگی انتخابی (selective sorting) که به اندازه ذرات وابسته می‌باشد باعث افزایش جورشدگی در بالادست هر زیرروند شده است. امید است نتایج به‌دست آمده از این تحقیق بتواند در حوضه‌های مشابه و در ارتباط با مدیریت آبخیزداری حوضه‌ها جهت جلوگیری از فرسایش و رسوب زایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پیوستگی رسوبی، جورشدگی انتخابی، ریز شونددگی ذرات، رودخانه بیدواز.

## مقدمه

در این تحقیق خصوصیات رسوب شناسی حوضه آبریز بیدواز (متشکل از رودخانه بیدواز و دو سرشاخه اصلی تغذیه کننده آن) مورد مطالعه قرار گرفته است. این حوضه، جزئی از حوضه آبریز کویر مرکزی ایران محسوب می‌شود که در استان خراسان شمالی و در شرق شهرستان اسفراین واقع شده است (شکل ۱). حوضه مذکور با وسعت بیش از ۵۰۰ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۳۰' ۵۷° الی ۵۸° طول شرقی و ۳۷° الی ۱۵' ۳۷° عرض شمالی واقع شده است و از شمال به دامنه جنوبی کوه‌های آلاداغ، از شرق به کوه‌های حلقه‌سنگ و پاتو، از جنوب به کوه‌های شاه‌جهان و از غرب به شهر اسفراین و کوه هرده فرطان منتهی می‌گردد (شکل ۱). رودخانه اصلی که آب این حوضه را زه‌کشی می‌کند بیدواز نام دارد و از به هم پیوستن دو سرشاخه اصلی با نام‌های درپرچین و سرخ قلعه، که حالت فصلی دارند، تشکیل شده است و طول آن تا محل خروجی حوضه (شهر اسفراین) در حدود ۳۴ کیلومتر است. رودخانه بیدواز با جهت کلی شمال شرقی-جنوب غربی حالت دائمی داشته و جریان آب پایه آن توسط چشمه‌های متعددی

رودخانه‌ها مهم‌ترین سیستم‌های زه‌کشی آب‌های سطحی هستند و نقش بسیار مهمی در انتقال رسوب بر عهده دارند. از همین رو، شناخت فرآیندهای رودخانه‌ای و عوامل کنترل‌کننده رفتار رودخانه‌ها از دیدگاه‌های مختلف از جمله رسوب شناسی حائز اهمیت است. جنس سنگ‌ها، فعالیت‌های تکتونیکی، ساختارهای زمین شناسی و آب و هوا از عواملی هستند که در تشکیل نوع رودخانه، بار رسوبی و ساختارهای رسوبی حاصل از آن تاثیر می‌گذارند (Sear & Di Giulio *et al.* 2003, Vandenberghe 2003, Newson 2003). بعلاوه، شیب متفاوت بستر در طول رودخانه، جنس، اندازه و شکل رسوبات، مورفولوژی کانال، ورود سرشاخه‌های جدید به مسیر اصلی (موسوی حرمی و همکاران ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳) و دخالت انسان در سیستم طبیعی رودخانه‌ها از عوامل موثر در تغییر وضعیت بافت رسوبی و شرایط حاکم بر فرآیندهای رودخانه‌ای می‌باشند (Le Pera & Sorriso-Valvo 2000, Landwehr & Rhoads 2003, Gomez *et al.* 2001).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز بیدواز.

گیرد.

### روش مطالعه

جهت انجام این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰,۰۰۰ اسفراین و گلیان (سازمان جغرافیایی کشور ۱۳۶۰ و ۱۳۶۱) و نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰,۰۰۰ بجنورد (افشارحرب ۱۳۶۵) استفاده شده است. نمونه‌ها نیز از کف کانال اصلی رودخانه، به صورت دستی و از حجمی استوانه‌ای شکل به عمق ۲۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر برداشت شده است. تعداد ۱۸ و ۱۷ نمونه رسوب به ترتیب در مسیر سرشاخه‌های در پرچین و سرخ قلعه و تعداد ۳۴ نمونه نیز از رودخانه بیدواز تا دشت اسفراین (شامل ۲۶ نمونه داخل حوضه و ۸ نمونه از ادامه مسیر رودخانه در داخل دشت) برداشت شده است. این نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از روش‌های غربال (Lewis & McConchie 1994) در فواصل ۰/۵ فی آنالیز شده و نمونه‌هایی که حاوی بیش از ۵ درصد ذرات دانه ریز (سیلت و رس) بوده‌اند با استفاده از روش پی‌پت (Coates & Hulse 1985) آنالیز شده‌اند. پس از آنالیز نمونه‌ها، درصد وزنی ذرات در اندازه‌های گراول، ماسه و گل در هر یک از نمونه‌ها محاسبه شده و از آن‌جا که درصد گراول‌ها از مقادیر بالایی برخوردار بوده‌اند، براساس تقسیم‌بندی Blair & McPherson (1999) این گروه از ذرات به رده-

چشمه) که در محل روستای سرچشمه- کمی پایین‌تر از محل الحاق دو سرشاخه درپرچین و سرخ قلعه واقع شده‌اند تأمین می‌شود (شکل ۱). درپرچین یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه بیدواز و زه‌کش زیرحوضه درپرچین محسوب می‌شود که از ارتفاعات شاه جهان واقع در جنوب و جنوب شرقی حوضه سرچشمه گرفته و به سمت شمال غرب در مسیری به طول تقریبی ۲۰ کیلومتر جریان دارد. سرشاخه سرخ قلعه نیز از ارتفاعات واقع در بخش‌های شمالی حوضه سرچشمه گرفته و در جهت شمال غرب-جنوب شرق، مسیری به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر را طی می‌کند و پس از الحاق با سرشاخه درپرچین، رودخانه بیدواز را تشکیل می‌دهند. این رودخانه‌ها از نوع بریده بریده با بستر گراولی هستند.

از آن‌جا که تا کنون مطالعات رسوب شناسی تفصیلی در این حوضه صورت نگرفته است، این تحقیق با اهداف (الف) تعیین پارامترهای بافتی رسوبات و شناسایی عوامل تغییر دهنده پیوستگی رسوبی و (ب) بررسی نحوه ریز شوندگی ذرات به طرف پایین دست و شناخت فرآیندهای موثر در آن در طول رودخانه بیدواز و دو سرشاخه تغذیه کننده آن (درپرچین و سرخ قلعه) انجام شده است. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در مدیریت آبخیزداری و کنترل فرسایش در این حوضه و حوضه‌های آبریز مشابه مورد استفاده قرار

N2) و آبرفت‌های کواترنر نیز از دیگر رسوبات تشکیل‌دهنده این حوضه به شمار می‌روند (شکل ۲). رسوبات نئوژن در نیمه غربی حوضه در اثر گسل تراستی اسفراین با روند شمال غرب-جنوب شرق توسط رسوبات قدیم‌تر پوشیده شده است. بخش اعظم حوضه (۷۱ درصد) از سازند لار تشکیل شده است. این سازند از دو بخش زیرین (سنگ‌ها نرم و سست مارنی با میان لایه‌هایی از سنگ آهک‌های مارنی) و فوقانی (سنگ آهک‌های مقاوم و صخره ساز) تشکیل شده است. سازندهای مقاوم تیرگان و شوربجه نیز ۱۰ تا ۱۲ درصد و سایر رسوبات سست و نرم، باقی‌مانده سطح حوضه را پوشش می‌دهند.

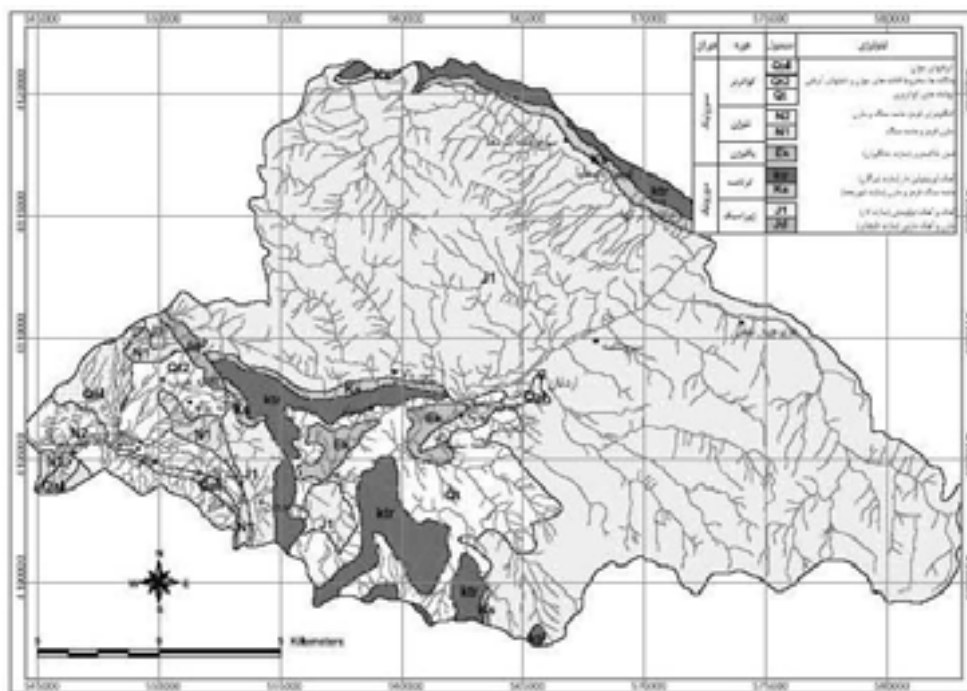
این حوضه با داشتن بیش از ۵۰۰ کیلومتر مربع مساحت جزو حوضه‌های بزرگ (علی‌زاده ۱۳۸۱) طبقه بندی می‌شود. شکل حوضه کشیده و تا حدودی بادبزی بوده و اغلب زیرحوضه‌های آن نیز حالت کشیده دارند (ساز آب شرق ۱۳۷۷). در شکل ۳ برشی از اختصاصات زمین‌شناسی مسیر رودخانه بیدواز نشان داده شده است.

شیب عمومی حوضه آبریز بیدواز به روش شبکه بندی (علی‌زاده ۱۳۸۱) و با استفاده از نقشه توپوگرافی 6/35 (Karanjit 2004) درصد (ساز آب شرق ۱۳۷۷) تعیین شده است. میزان شیب نیز در مسیر هر یک از رودخانه‌های درپرچین، سرخ قلعه و بیدواز به ترتیب ۳/۴۸، ۲/۲۶ و ۱/۳۶ درصد می‌باشد. نمودارهای مربوط به تغییرات طولی شیب بستر در مسیرهای نمونه‌برداری در شکل ۴ ارائه شده است.

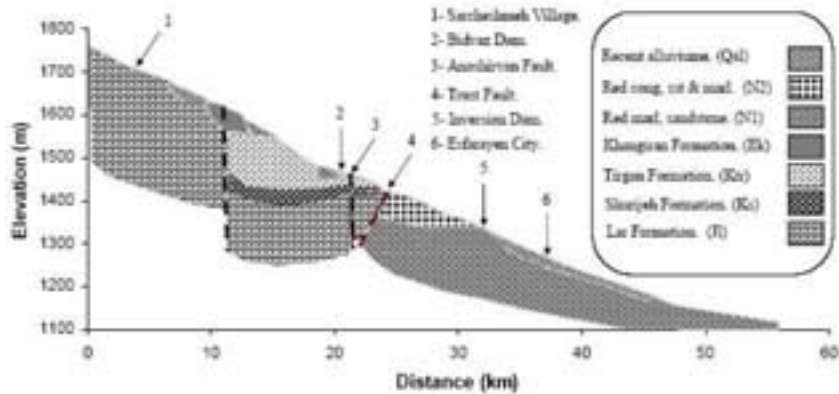
های کوچک‌تری تقسیم شده‌اند. پس از مشخص شدن درصد وزنی گروه‌های مختلف رسوبات در هر یک از نمونه‌ها، نمودار تغییرات طولی این پارامتر در هر یک از رده‌ها و گروه‌های اصلی ترسیم گردیده و رده-هایی از گراول که از روند تغییرات مشابهی برخوردار بودند در هم ادغام شده‌اند. همچنین مقادیر میانگین، میانه، جورشدگی و کج‌شدگی در هر یک از نمونه‌ها محاسبه و تغییرات طولی آن برای هر یک از مسیرهای برداشت شده، ترسیم شده است. لازم به ذکر است که کلیه محاسبات و نمودارهای ترسیم شده با نرم افزار Excel صورت گرفته و جهت تعبیر و تفسیر آن‌ها از اطلاعات زمین‌شناسی، هیدرولوژی و فیزیوگرافی موجود استفاده شده است. نقشه زمین‌شناسی حوضه (شکل ۲) نیز با استفاده از نرم افزار ArcView تهیه شده و کلیه محاسبات هندسی مربوط به آن نیز با همین نرم افزار صورت گرفته است.

### زمین‌شناسی و خصوصیات حوضه آبریز بیدواز

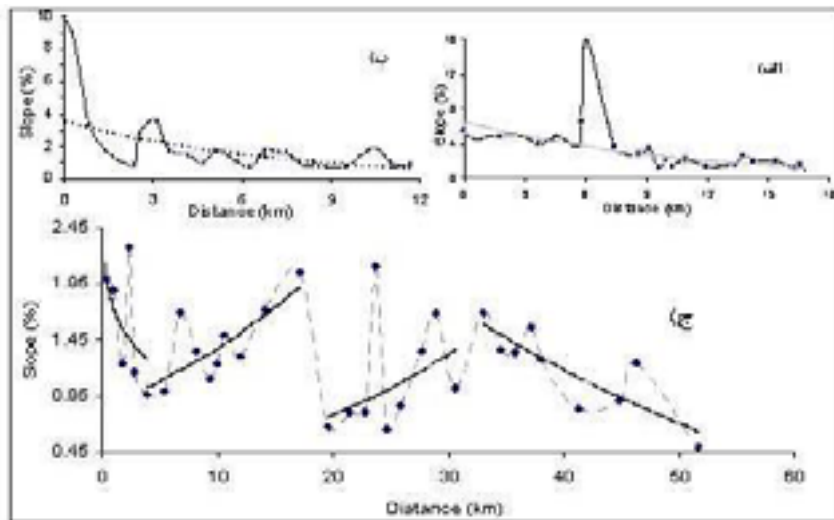
حوضه بیدواز از دیدگاه ساختاری-تکتونیکی، جزئی از پهنه البرز شرقی (بینالود) محسوب می‌شود (نبوی ۱۳۵۵). در این حوضه سازندهای مختلف زمین‌شناسی نظیر دلیچای (مارن و سنگ آهک‌های مارنی)، لار (مارن با میان لایه‌هایی از سنگ آهک‌های مارنی و سنگ آهک‌های صخره‌ساز)، شوربجه (ماسه‌سنگ قرمز)، تیرگان (سنگ آهک‌های صخره‌ساز) و خانگیران (شیل‌های رنگین) وجود دارند. رسوبات قرمز رنگ نئوژن (مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا) مشتمل بر دو بخش N1 و



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز بیدواز، براساس نقشه ۱/۲۵۰,۰۰۰ بجنورد (افشار).



شکل ۳- نیمرخ زمین شناسی و پروفیل طولی در مسیر کانال رودخانه بیدواز.



شکل ۴- نمودار تغییرات درصد شیب کانال در مسیرهای نمونه برداری شده: الف- سرشاخه درپرچین، ب- سرشاخه سرخ قلعه، ج- رودخانه بیدواز.

### رسوب شناسی

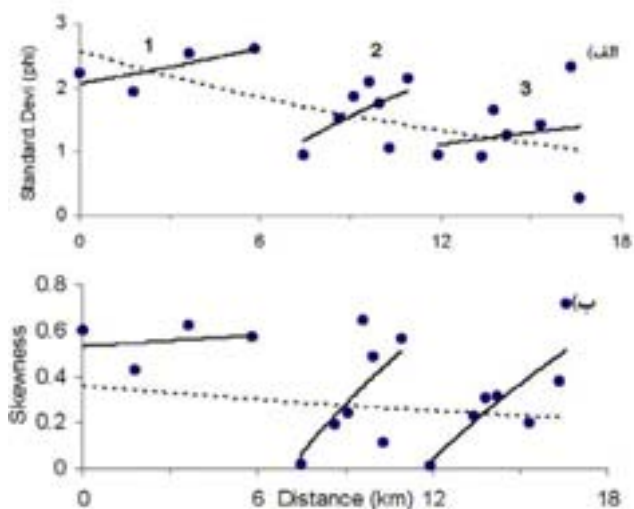
الف) سرشاخه درپرچین- بررسی نمودار تغییرات طولی درصد وزنی گروه مختلف رسوبات سرشاخه درپرچین (شکل ۵) نشان می‌دهد که توزیع ذرات از پراکندگی زیادی برخوردار بوده و بر خلاف اکثر رودخانه‌ها که اندازه ذرات به طرف پایین دست کاهش می‌یابد (Morris & Williams 1999) از روند عادی برخوردار نیست. در این نمودارها می‌توان ۳ زیرروند مجزا از هم را تشخیص داد که منحنی‌های مربوط به این زیرروندها (خط چین) از همبستگی بیشتری نسبت به منحنی کلی (خط پر) برخوردار است. زیروندهای مربوط به مجموع ذرات ماسه و گل به طرف پایین دست افزایش یافته و مخالف روند اصلی می‌باشند (شکل ۵- الف). روند کلی مجموع رده‌های گراولی دانه ریزتر (گرانول، پیل ریز و پیل متوسط) افزایشی بوده (شکل ۵- ب) و رده‌های دانه درشت‌تر آن (پیل درشت، پیل خیلی درشت و کابل ریز) در حال کاهش به طرف پایین دست می‌باشند (شکل ۵- ج).  
بررسی تغییرات میانگین و میانه اندازه ذرات در طول سرشاخه

درپرچین (شکل ۶) نشان می‌دهد که روند کلی این دو فاکتور از همبستگی کاملی برخوردار نبوده و در قسمت‌هایی از مسیر دچار جابه‌جایی گردیده است. به عبارت دیگر، پیوستگی رسوبی (Sedimentary link) به ۳ بخش (زیرروند) تقسیم شده است.

بررسی نحوه تغییرات طولی پارامترهای جورشدگی و کج‌شدگی (شکل ۷) نیز نشان دهنده ۳ پیوستگی رسوبی مجزا (زیرروند) است که با زیروندهای مشاهده شده در پارامترهای میانگین و میانه اندازه ذرات (شکل ۶) هماهنگی دارند. با حرکت به طرف پایین دست در هر یک از پیوستگی‌های رسوبی مجزا، جورشدگی ضعیف‌تر (شکل ۷- الف) و کج‌شدگی مثبت‌تر می‌شود (شکل ۷- ب). این نتایج با داده‌های حاصل از توزیع رده‌های مختلف اندازه ذرات (شکل ۵) نیز هماهنگی دارند.

ب) سرشاخه سرخ قلعه- بررسی روند توزیع درصد وزنی گروه‌های مختلف رسوبات در طول سرشاخه سرخ قلعه نشان دهنده این است که در این سرشاخه نیز همانند درپرچین، تغییرات کلی این پارامترها در سه زیرروند مجزا قابل بررسی هستند. اکثر نمونه‌های رسوبی برداشت

متوسط) به طرف پایین دست هر زیرروند در حال افزایش هستند (شکل ۸-ب) در حالی که دانه‌های گراول درشت‌تر (پیل درشت، پیل خیلی درشت و کابل ریز) روندی کاملاً کاهشی نشان می‌دهند (شکل ۸-ج).

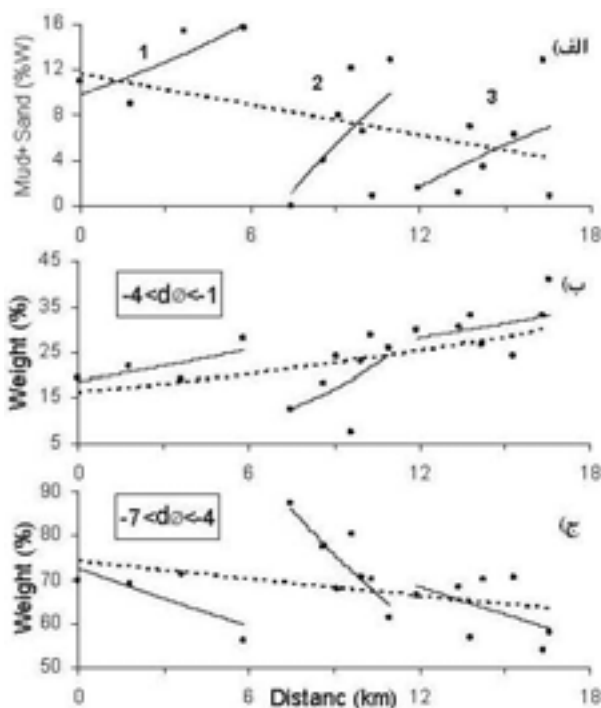


شکل ۷- نمایش تغییرات پارامترهای بافتی نمونه‌های رسوبی و ارتباط آن با پیوستگی رسوبی و زیر روندهای آن در طول سرشاخه درپرچین، الف) تغییرات جورشدگی و ب) تغییرات کج شدگی.

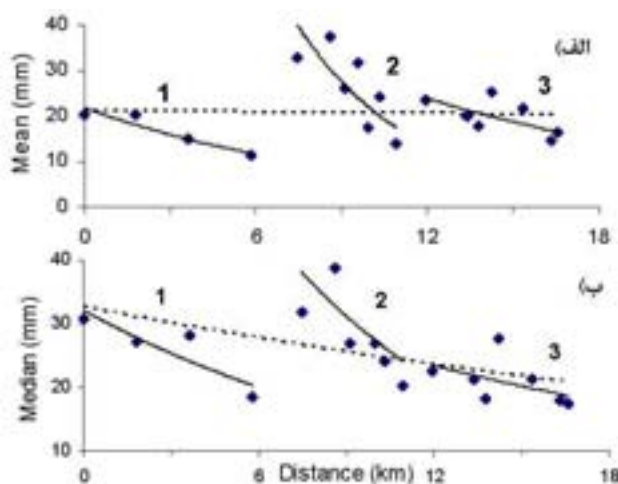
نمودار تغییرات طولی پارامترهای میانگین و میانه در سرشاخه سرخ قلعه (شکل ۹) نیز نشان می‌دهد که این دو پارامتر به طرف پایین دست افزایش می‌یابند. لازم به ذکر است که میانه اندازه ذرات از مقادیر بالاتری نسبت به میانگین برخوردار است. در این روند کلی می‌توان سه زیر رده مجزا از یکدیگر را تفکیک نمود به طوری که در هر یک از زیر رده‌ها مقادیر میانگین و میانه از همبستگی بالایی برخوردار بوده و روندی کاهشی نشان می‌دهند.

بررسی پارامترهای بافتی نمونه‌های برداشت شده از سرشاخه سرخ قلعه نیز نشان دهنده وجود سه زیررده مجزا است که از روندهای متفاوتی نسبت به حالت کلی برخوردارند. روند تغییر جورشدگی مشابه سرشاخه درپرچین است با این تفاوت که مقدار آن در نمونه‌های این سرشاخه، ۲ تا ۳ فی (جورشدگی بسیار ضعیف) (شکل ۱۰-الف) و در نمونه‌های درپرچین ۱ تا ۲/۵ فی (جورشدگی ضعیف تا بسیار ضعیف) (شکل ۷-الف) می‌باشد. روند تغییرات کلی و نحوه تغییر زیرروندهای کج شدگی نیز مشابه تغییرات آن در سرشاخه درپرچین است، به طوری که در هر زیرروند کج شدگی به طرف پایین دست مثبت‌تر شده و فراوانی ذرات دانه‌ریز بیشتر می‌شود (شکل ۱۰-ب).

ج) رودخانه بیدواز- بررسی نمودارهای حاصل از توزیع درصد وزنی مجموع ذرات ماسه و گل (شکل ۱۱-الف) و مجموع ذرات گرانول، پیل



شکل ۸- نمایش روندهای کلی و زیر روندهای حاکم بر تغییرات درصد وزنی گروه‌ها و رده‌های مختلف رسوبی در طول سرشاخه درپرچین، الف) مجموع ذرات ماسه و گل، ب) مجموع ذرات گرانول و پیل‌های ریز و متوسط، ج) مجموع پیل‌های درشت، خیلی درشت و کابل‌های ریز.



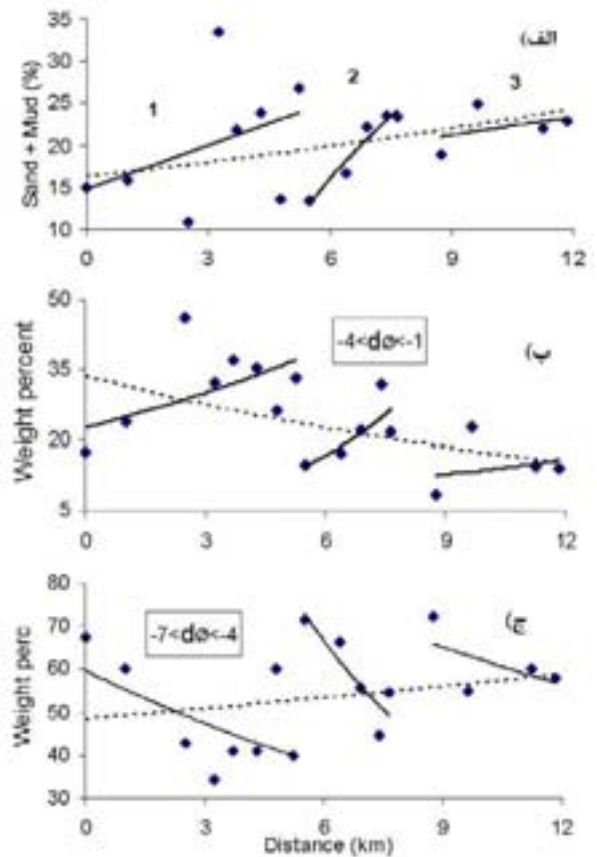
شکل ۹- نمایش پیوستگی رسوبی و روندهای ریز شونده‌ی رسوبات رودخانه‌ای در طول سرشاخه درپرچین، با استفاده از تغییرات میانگین (الف) و میانه (ب) اندازه ذرات.

شده از این سرشاخه، تا ۲۵ درصد وزنی از ماسه و گل تشکیل شده‌اند که مقدار آن در هر زیرروند به طرف پایین دست افزایش می‌یابد (شکل ۸-الف). تغییرات درصد وزنی گراول موجود در نمونه‌ها نیز نشان می‌دهد که دانه‌های گراول با اندازه‌های کوچک‌تر (گرانول، پیل ریز و پیل

دهد که علیرغم وجود زیروندهای مجزا، روند کلی در حال افزایش به طرف پایین دست می‌باشد. علاوه بر این، نمودار تغییرات درصد وزنی ذرات گراول درشت‌تر (پیل‌های درشت، خیلی درشت و کابل‌های ریز) (شکل ۱۱-ج) از روندی کاهشی در طول مسیر برخوردار است. روند کلی این تغییرات، طبیعی به نظر می‌رسد ولی توزیع نقاط از پراکندگی بالایی برخوردار است. عوامل متنوعی همچون تغییرات جنس سازندهای واقع در مسیر رودخانه، تغییرات شیب، ورود شاخه‌های فرعی فراوان و دخالت عوامل انسانی باعث پراکندگی بالای نقاط و کاهش ضریب همبستگی شده است.

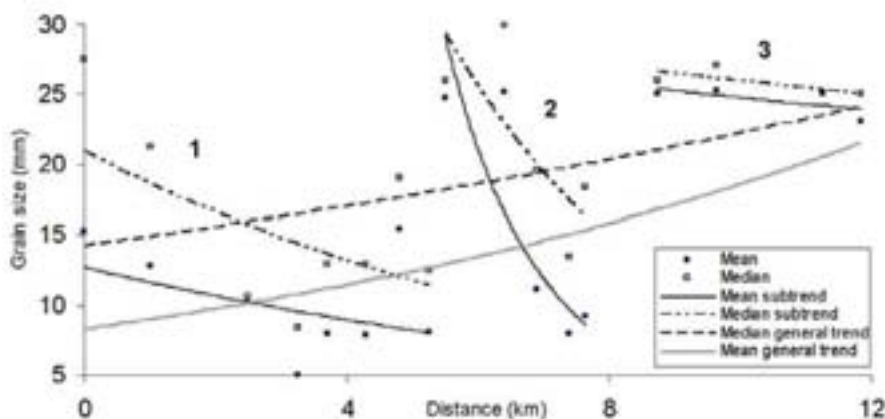
بررسی نمودارهای مربوط به تغییر پارامترهای میانگین و میانه اندازه ذرات در طول رودخانه بیدواز نشان می‌دهد که کاهش آن‌ها به صورت یک تابع نمایی است (شکل ۱۲). این نقاط با ضریب همبستگی حدود ۰/۵، از نرخ ریزشوندگی ۰/۰۲۹ و ۰/۰۲۲ برخوردارند. علاوه بر این، میانه اندازه ذرات به میزان محسوسی بزرگ‌تر از میانگین بوده و از دامنه پراکندگی بیشتری نیز برخوردار می‌باشد.

نمودارهای تغییرات کلی پارامترهای جورشدگی و کج‌شدگی (شکل ۱۳) نیز روندی طبیعی را در طول مسیر رودخانه نشان می‌دهند به نحوی که با حرکت به طرف پایین دست، جورشدگی به طور نسبی بهبود یافته و کج‌شدگی مثبت‌تر می‌گردد. اختلاف بیشتر مقادیر این دو پارامتر در نمونه‌های انتهایی با سایر نمونه‌ها باعث افزایش سرعت در روند تغییرات کلی شده و نمودارها را به صورت کاملاً خمیده درآورده است.



شکل ۸- روندهای کلی و زیر روندهای حاکم بر تغییرات درصد وزنی گروه‌ها و رده‌های مختلف رسوبی شاخه سرخ قلعه، الف) مجموع ذرات ماسه و گل، ب) مجموع ذرات گراول و پیل‌های ریز و متوسط، ج) مجموع پیل‌های درشت، خیلی درشت و کابل‌های ریز.

ریز و پیل متوسط (شکل ۱۱-ب) در طول رودخانه بیدواز نشان می‌-



شکل ۹- نمایش پیوستگی رسوبی و روندهای ریزشوندگی در سرشاخه سرخ قلعه، با استفاده از تغییرات میانگین و میانه اندازه ذرات.

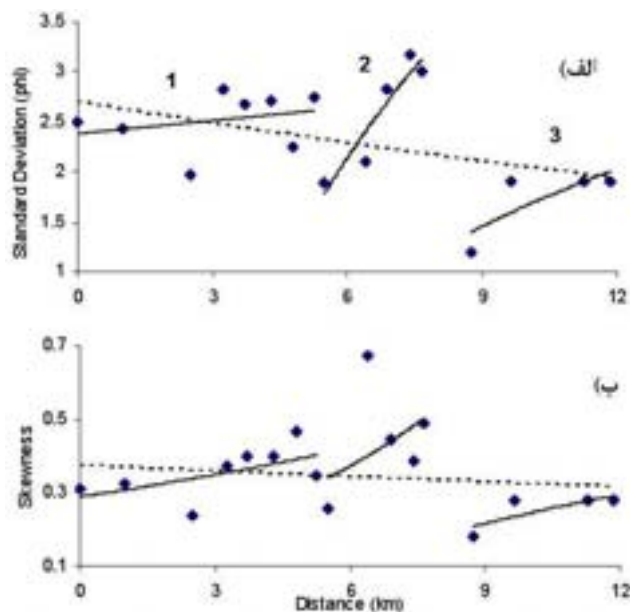


### بحث

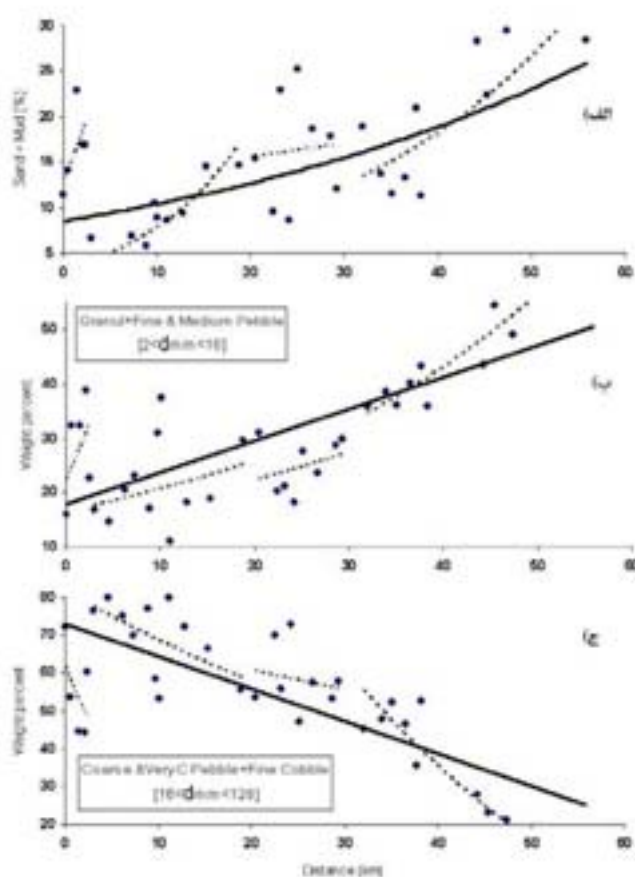
بررسی داده‌های سرشاخه‌های درپرچین و سرخ قلعه نشان می‌دهد که تغییرات پیوستگی رسوبی و ریز شونده‌گی به طرف پایین دست در هر یک از سرشاخه‌ها از سه زیررود مجزا تبعیت می‌کند. پیل‌های درشت، خیلی درشت و کابل‌های ریز- انقطاع اول در پیوستگی رسوبی سرشاخه درپرچین، در حدود ۶ کیلومتر پایین‌تر از محل برداشت اولین نمونه رخ داده است (شکل ۶). با مقایسه نمودار تغییرات شیب کانال (شکل ۴- الف) ملاحظه می‌گردد که موقعیت تغییر ناگهانی شیب (از ۴ به ۱۶ درصد) با محل انقطاع اول انطباق دارد. در قسمت‌های بالادست پیوستگی اول، مارن‌ها و سنگ آهک‌های ماری و نرم سازند لار گسترش دارند که به طرف پایین دست به سنگ آهک‌های مقاوم و صخره ساز این سازند (کوه حلقه سنگ) تغییر می‌کند. با توجه به اینکه تفاوت در مقاومت و جنس سنگ‌ها می‌تواند باعث اختلاف در شدت فرسایش و در نتیجه تغییر در شیب توپوگرافی شود (Surian 2002) بنابراین یکی از عوامل ایجاد کننده این انقطاع، تغییر ناگهانی شیب کانال بوده که از تغییر جنس سنگ‌های واقع در مسیر رودخانه ناشی شده است. به طور کلی ورود یک شاخه فرعی به درون کانال اصلی که با حجم عظیمی از رسوبات همراه باشد از دیگر عواملی است که باعث تغییر در بافت رسوبات کانال شده و روند تغییرات طولی پارامترهای مختلف رسوبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Surian 2002). بررسی عکس‌های هوایی زیر حوضه درپرچین نیز نشان می‌دهد که در محل وقوع هر یک از دو انقطاع موجود در پیوستگی رسوبی، یک سرشاخه فرعی نیز وارد کانال اصلی شده است (شکل ۱۴).

در زیر حوضه سرخ قلعه شاخه‌های فرعی متعددی به ویژه از سمت جنوب غرب، وارد کانال اصلی می‌شوند (شکل ۱۵). گستردگی زیاد مارن‌ها و سنگ آهک‌های ماری سازند لار در این بخش باعث فراوانی رسوبات دانه ریز در این سرشاخه و انتقال آن‌ها به طرف پایین دست شده است. بنابر این به نظر می‌رسد توزیع تقریباً یکنواخت شاخه‌های فرعی ذکر شده در طول مسیر و ریز دانه بودن رسوبات وارده توسط آن‌ها، تغییری محسوس در روند طبیعی ریزشونده‌گی به وجود نیاورده باشد.

بخش‌های شمالی سرشاخه سرخ قلعه از دیواره‌های صخره‌ساز سازندهای لار، شوربجه و تیرگان تشکیل شده است. شاخه‌های فرعی منشعب از این بخش‌ها پس از طی مسافت کوتاهی بر روی دامنه پرشیب وارد کانال اصلی شده و حجم زیادی از رسوبات درشت را با خود به همراه می‌آورند. ورود چنین شاخه‌هایی در دو نقطه از مسیر باعث تغییر در روند پیوستگی رسوبی شده است (شکل ۱۵). به علت



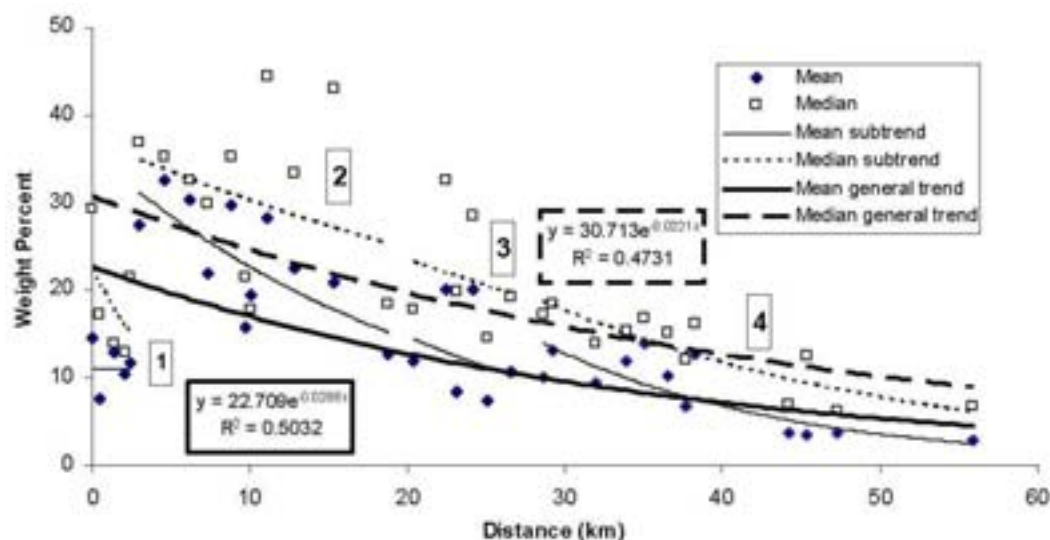
شکل ۱۰- نمودارهای تغییرات پارامترهای بافتی و ارتباط آن‌ها با پیوستگی رسوبی و زیر روندهای آن در طول سرشاخه سرخ قلعه، الف) جورشدگی و ب) کج شدگی.



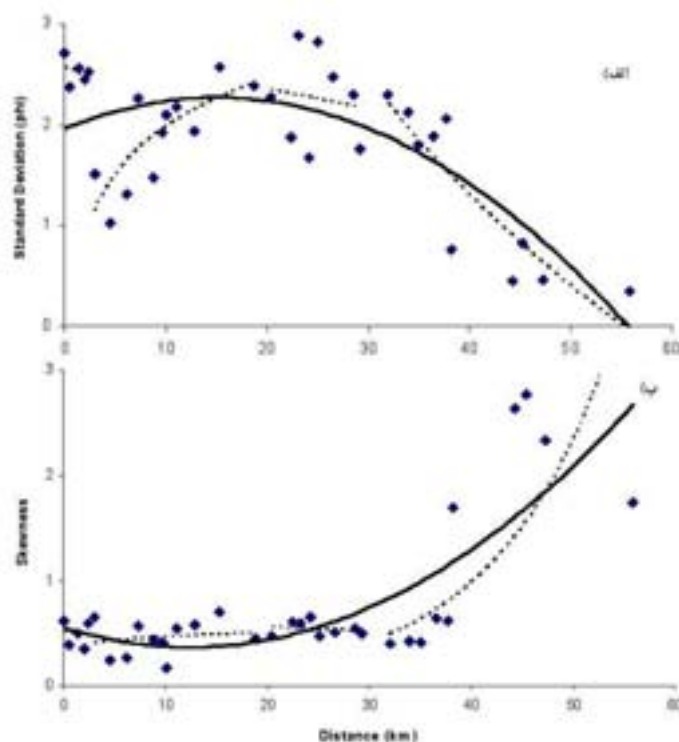
شکل ۱۱- روندهای کلی و زیر روندهای حاکم بر تغییرات درصد وزنی گروه‌ها و رده‌های مختلف رسوبی در طول رودخانه بیدواز، الف) مجموع ذرات ماسه و گل، ب) مجموع ذرات گرانول، پیل‌های ریز و متوسط، ج) مجموع پیل‌های درشت، خیلی درشت و کابل‌های ریز.

تغییرات در پارامترهای مختلف رسوب شناسی از روند تقریباً یکنواختی برخوردار است. این زیروندها نیز با تغییرات شیب بستر قابل انطباق اند (شکل ۴-ج)، در نتیجه وجود سه انقطاع در روند تغییرات شیب بستر باعث تقسیم مسیر رودخانه به ۴ بخش مجزا می‌شود که از خصوصیات رسوب شناسی متفاوتی برخوردارند. اختلاف سنگ‌شناسی در سازند تیرگان (سنگ آهک و مارن) و نیز وجود گسل تراستی اسفراین موجب بروز تغییر شیب کانال در رودخانه بیدواز شده است.

شیب زیاد دامنه‌های مجاور رودخانه در برخی نقاط، ریزش مستقیم قطعات درشت به داخل کانال، که توسط نیروی ثقل انجام می‌شود، می‌تواند به طور محلی باعث تغییر در اندازه و بافت رسوبات گردد (شکل ۱۶). تغییرات شیب سرشاخه سرخ قلعه به گونه ایست که پس از یک کاهش سریع در ابتدای مسیر نمونه برداری با نرخ تقریباً یکنواخت به طرف پایین دست کم می‌شود (شکل ۴-ب)، لذا تاثیر محدودی بر توزیع اندازه ذرات و پیوستگی رسوبی داشته است. اگر چه در رودخانه بیدواز نیز زیروندهای متفاوتی وجود دارد (شکل ۱۲) اما



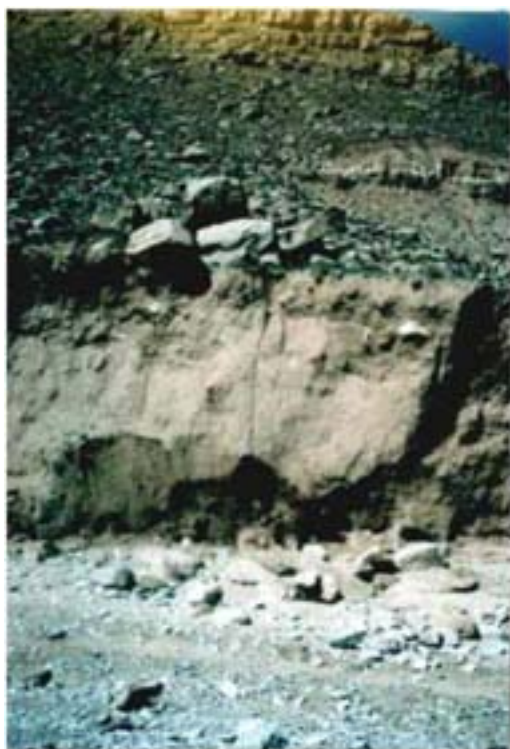
شکل ۱۲- نمایش وضعیت نسبی نرخ ریزش شونگی و روند کلی تغییرات پارامترهای میانگین و میانه در رسوبات رودخانه بیدواز. ضریب همبستگی پایین در روند کلی میانگین و میانه، موید وجود شرایطی است که منجر به تشکیل ۴ زیرروند مجزا شده است (برای توضیح بیشتر به متن مراجعه شود).



شکل ۱۳- نمودارهای نمایش دهنده نحوه تغییرات پارامترهای بافتی رسوب شناسی و ارتباط آن‌ها با پیوستگی رسوبی و زیروندهای آن در طول رودخانه بیدواز (الف) تغییرات جورشدگی و (ب) تغییرات کج‌شدگی.

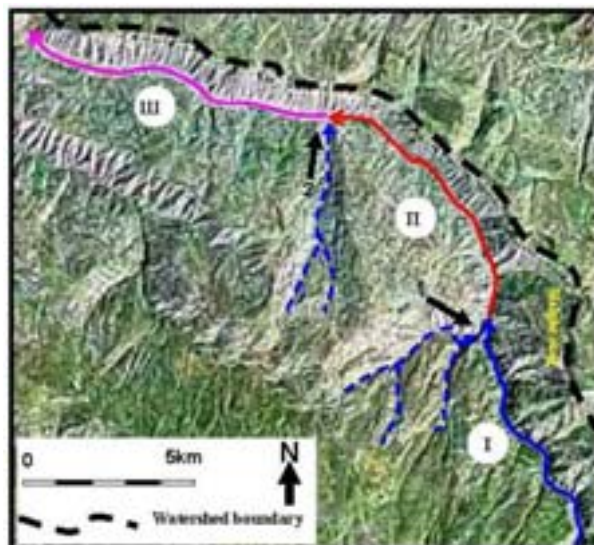


از سد بیدواز به‌طور یکنواخت افزایش می‌یابد (شکل ۴-ج) بنابراین تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقادیر درصد وزنی گروه‌های مختلف رسوبی این دو بخش مشاهده می‌شود (شکل ۱۱). علاوه بر این، اختلاف زیادی نیز در مقادیر میانگین و میانه این دو بخش دیده می‌شود (شکل ۱۲) که با توجه به مطالعات مشابه انجام شده (Yang 1999) می‌تواند ناشی از تغییر شرایط انرژی حاکم بر دو بخش و نحوه تداوم آن باشد. از محل روستای سرچشمه که رودخانه به حالت دائمی در آمده است روند تغییرات میانگین و میانه حالت تقریباً یکنواختی پیدا می‌کند. با توجه به افزایش انرژی آب در شروع این بخش اندازه ذرات نیز درشت‌تر شده و مقادیر میانگین و میانه نیز افزایش یافته‌اند (شکل ۱۲). در بخش‌های مرکزی مسیر رودخانه، حد فاصل کیلومترهای ۲۰ تا ۳۰ که مجموعه رسوبی سوم (زیرروند سوم) واقع شده است، به‌خاطر تغییرات مکرر شیب، که ناشی از تغییرات سنگ شناسی سنگ آهک‌های سازند تیرگان به رسوبات پهنه‌های آبرفتی (Qt) می‌باشد، روند توزیع پارامترهای مختلف از هم گسسته شده است.

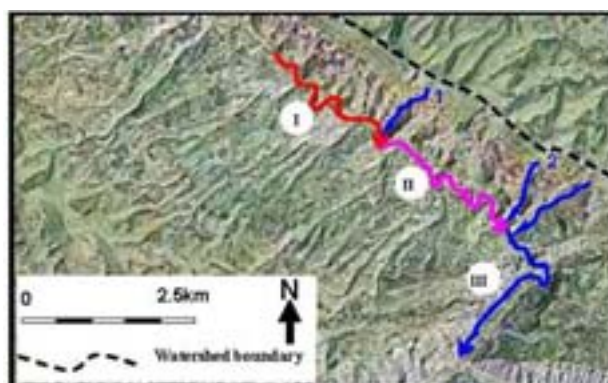


شکل ۱۶- ریزش مستقیم رسوبات دانه درشت به داخل کانال رودخانه. این قطعات از روی دامنه‌های با شیب زیاد مستقیماً توسط نیروی ثقل به داخل کانال ریخته و به‌طور محلی باعث تغییر در پارامترهای بافتی رسوبات می‌شوند.

بررسی نمودارهای حاصل از توزیع درصد وزنی گروه‌های مختلف رسوبی در ۳ مسیر نمونه‌برداری شده (درپرچین، سرخ قلعه و بیدواز) نشان می‌دهد که در هر یک از زیرروندها، فراوانی ذرات کوچکتر از ۱۶



شکل ۱۴- تصویر ماهواره‌ای سرشاخه درپرچین. در این تصویر جهت جریان رودخانه از جنوب شرق به شمال غرب است. فلش‌های شماره ۱ و ۲ نشان‌دهنده محل ورود دو شاخه فرعی (خط چین) هستند که از بخش جنوبی به رودخانه اصلی (درپرچین) متصل شده و باعث ایجاد انقطاع در پیوستگی رسوبی شده‌اند. شماره‌های I، II و III موقعیت مکانی سه پیوستگی رسوبی مجزا (زیرروند) را نشان می‌دهند (تصویر از ماهواره Landsat 2000).



شکل ۱۵- تصویر ماهواره‌ای سرشاخه سرخ قلعه. در این تصویر جهت جریان رودخانه از گوشه شمال غربی به جنوب شرقی است. فلش‌های شماره ۱ و ۲ نشان‌دهنده محل ورود شاخه‌های فرعی هستند که از بخش شمالی رودخانه اصلی (سرخ قلعه) وارد شده و باعث ایجاد انقطاع در پیوستگی رسوبی شده‌اند. فلش‌های واقع در مسیر جریان نیز که با شماره‌های I، II و III مشخص شده‌اند معرف موقعیت مکانی سه پیوستگی رسوبی مجزا (زیرروند) می‌باشند (تصویر از ماهواره Landsat 2000).

مطالعات Rice (1999) نشان می‌دهد که نرخ بالای تغییر شیب مسیر می‌تواند بر نحوه توزیع ذرات رسوبی تاثیر بگذارد. از آن‌جا که شیب قسمت ابتدایی رودخانه بیدواز (به طول ۳ کیلومتر) تا ابتدای روستای سرچشمه (محل چهل چشمه) به سرعت کم شده و در ادامه و تا قبل

دانه ریزتر در این نمونه‌هاست (۲۰ تا ۳۰ درصد ماسه و گل، ۳۵ تا ۵۵ درصد گرانول، پیل ریز و پیل متوسط) زیرا فاکتور کج شدگی به میزان ۳ تا ۶ برابر نمونه‌های قبلی است. بنابراین ضریب جورشدگی (standard deviation) به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و لذا جورشدگی نسبی را در آن‌ها افزایش داده است (شکل ۱۳-الف).

### نتیجه گیری و پیشنهادات

مطالعات رسوب شناسی حوضه آبریز بیدواز نشان داده است که دو عامل اصلی، الف) ورود حجم زیادی رسوبات دانه درشت توسط شاخه‌های فرعی و ب) تغییرات شیب کانال در مسیر رودخانه باعث تغییر در بافت رسوبات کانال‌های رودخانه‌های شده و زیر روندهای مجزایی از تغییرات را در پیوستگی رسوبی به وجود آورده‌اند. این تغییرات به صورتی هماهنگ در نمودارهای طولی پارامترهای میانگین، میان، جورشدگی، کج شدگی و گروه‌های مختلف رسوبی مشاهده می‌شوند. تغییرات شیب کانال رودخانه بیدواز نیز تحت تاثیر اختلاف سنگ-شناسی و اختصاصات زمین ساختی منطقه بوده است.

بررسی نمودارهای تغییرات طولی درصد وزنی گروه‌های مختلف رسوبی نشان داده است که در هر یک از زیرروندهای موجود، ذرات با قطر کمتر از ۱۶ میلی‌متر (پیل متوسط و ریزتر) تحت تاثیر شیب کانال و قدرت جریان آب حمل شده‌اند که با ایجاد کج شدگی مثبت‌تر و ریزشوندگی به طرف پایین دست همراه بوده است. از این رو ریزشوندگی حاصل را می‌توان نتیجه فرآیند حمل انتخابی (selective transport) این ذرات دانست. به نظر می‌رسد به خاطر طول کوتاه زیروندها و جریان سیلابی حاکم بر دو سرشاخه درپرچین و سرخ قلعه فرآیند سایش تأثیری بر ریزشوندگی نداشته باشد.

ذرات با قطر بیشتر از ۱۶ میلی‌متر (پیل درشت تا کابل ریز) که به مقدار کمی تحت تاثیر حمل و نقل قرار گرفته‌اند درصد زیادی از وزن نمونه‌های بالادست هر زیرروند را به خود اختصاص می‌دهند. از آنجا که این ذرات در دامنه محدودتری از اندازه (۴- تا ۷- فی) نسبت به ذرات منتقل شده به پایین دست (۴- تا ۷+ فی) در تغییر هستند، لذا باعث ایجاد جورشدگی بهتری نسبت به پایین دست شده‌اند، بنابراین جورشدگی حاصل در بالادست هر زیرروند به صورت انتخابی و فقط تحت تاثیر اندازه انتخابی ذرات (selective-size) صورت گرفته است.

با استفاده از نتایج حاصل از این مطالعات می‌توان شاخه‌های فرعی را که از لحاظ انتقال رسوبات دانه درشت از اهمیت بیشتری برخوردار هستند شناسایی نمود و تمهیدات لازم را جهت کنترل فرسایش یا انتقال رسوب آن‌ها در نظر گرفت. بنابراین پیشنهاد می‌گردد مطالعات رسوب‌شناسی در تمام زیرحوضه‌های بیدواز صورت گیرد.

میلی‌متر (۴ فی) به طرف پایین دست افزایش یافته و ذرات درشت‌تر کاهش می‌یابند. این تغییرات در منحنی‌های کج شدگی به خوبی قابل مشاهده است (شکل‌های ۷، ۱۰ و ۱۳) به طوری که در هر زیرروند، مثبت شدن کج شدگی به طرف پایین دست نشان دهنده افزایش ذرات دانه ریزتر می‌باشد (موسوی حرمی ۱۳۸۳). مطالعات مختلف نشان داده است که فرآیند سایش در جریان‌های گراولی و ماسه‌ای با طول کوتاه‌تر از ۱۰ تا ۱۰۰ کیلومتر اتفاق نمی‌افتد (Morris & Williams 1999). با توجه به طول نسبتاً کم هر یک از زیروندهای موجود (دوره آبی کوتاه و همچنین سیلابی بودن سرشاخه‌های درپرچین و سرخ قلعه) به نظر نمی‌رسد که فرآیند سایش (abrasion) نقش اصلی را در ریزشوندگی بر عهده داشته باشد. سیلاب‌های ناگهانی (flash floods) قادر هستند با توجه به ظرفیت انتقال جریان (flow transport capacity) ذرات درشت را حمل نمایند در حالی که حجم انتقال ذرات دانه ریز به میزان تامین آن‌ها (sediment supply) بستگی دارد (Parker 1990, Gasparini et al. 1999). بنابراین وجود انرژی بالای سیلابی و شیب مناسب بستر توانسته است دامنه وسیعی از ذرات در اندازه ۴- تا ۷+ فی را توسط فرآیند حمل انتخابی (selective transport) و به فرم بار معلق و بار بستر به طرف پایین دست هر زیرروند منتقل نموده و در نتیجه جورشدگی ذرات در این قسمت کاهش یافته است. از طرف دیگر، ذرات درشت‌تر از ۱۶ میلی‌متر که از دامنه تغییرات اندازه محدودتری برخوردارند (۴- تا ۷- فی) و بخش اعظمی از رسوبات کانال رودخانه را تشکیل می‌دهند، به میزان کمتری تحت تاثیر حمل و نقل قرار گرفته و در نتیجه باعث بهبود نسبی جورشدگی در بالادست هر زیرروند شده‌اند. مشابه نتایج Powell (1998) می‌توان چنین اظهار داشت که جورشدگی نسبی حاصل شده در ذرات درشت بالادست، وابسته به اندازه آن‌ها بوده و از نوع انتخابی (selective-size) است.

همان گونه که قبلاً اشاره شد، در سرشاخه‌های درپرچین، سرخ قلعه و بخش‌هایی از مسیر رودخانه بیدواز، ورود حجم بالایی از رسوبات توسط سرشاخه‌های فرعی (distributaries entrance) و تغییرات شیب مسیر باعث برهم زدن بافت رسوبی کانال و تشکیل مخلوط رسوبی (sediment mixture) شده است. حمل انتخابی (selective transport) ذرات ریزتر به طرف پایین دست و باقی ماندن ذرات درشت‌تر به فرم انتخابی در بالادست هر زیرروند احتمالاً فرآیند کنترل‌کننده ریزشوندگی رسوبات بوده است.

از آنجا که در بخش‌های انتهایی مسیر رودخانه بیدواز (۵ نمونه انتهایی) شاخه فرعی مهمی وارد آن نمی‌شود، کاهش زیادی در حجم ذرات درشت‌تر از ۱۶ میلی‌متر (۲۰ تا ۳۰ درصد پیل درشت) صورت گرفته است. منحنی تغییرات کج شدگی نیز نشان دهنده افزایش ذرات

همچنین با استفاده از این قبیل مطالعات رسوب‌شناسی که نشان‌دهنده فرآیندهای حاکم بر ریزشوندگی رسوبات در مسیر رودخانه هستند، می‌توان برآوردی تقریبی از میزان قدرت انتقال رسوبات در رودخانه-

#### منابع:

- افشار حرب ع. ۱۳۶۵: نقشه زمین‌شناسی بجنورد (۱/۲۵۰،۰۰۰). سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- ساز آب شرق ۱۳۷۷: گزارش فیزیوگرافی حوضه آبریز بیدواز، آرشیو مدیریت آبخیزداری خراسان، شماره ۲۵۷.
- سازمان جغرافیایی کشور ۱۳۶۰: نقشه توپوگرافی گلیان (۱/۵۰،۰۰۰). اداره جغرافیایی ارتش، چاپ یکم.
- سازمان جغرافیایی کشور ۱۳۶۱: نقشه توپوگرافی اسفراین (۱/۵۰،۰۰۰). اداره جغرافیایی ارتش، چاپ یکم.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۱: اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). آستان قدس رضوی، چاپ پانزدهم.
- موسوی حرمی ر، محبوبی ا، خانه باد م، اخلاقی م.س، خواجه یزدی م، رستمی‌زاده ق. ۱۳۸۲: رابطه بین پیوستگی رسوبی و پارامترهای بافتی به طرف پایین‌دست در حوضه آبریز رودخانه رادکان، شمال غرب چناران. مجموعه مقالات هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اصفهان.
- موسوی حرمی رضا. ۱۳۸۳: رسوب‌شناسی، انتشارات به‌نشر، آستان قدس رضوی، چاپ نهم.
- موسوی حرمی ر، محبوبی ا، نجفی م، رستمی‌زاده ق. ۱۳۸۳: ارزیابی پیوستگی رسوبی و شناسایی عوامل کنترل‌کننده ریزشوندگی در طول رودخانه درپرچین-شرق اسفراین. چکیده مقالات بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، تهران.
- نبوی، م. ح. ۱۳۵۵: دیپاچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی.
- Blair T.C., McPherson J.G. 1999: Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. *J. Sed. Res.* **69**: 6-19.
- Coates G.F., Hulse C.A. 1985: A comparison of four methods of size analysis of fine grained sediments. *New Zea. J. Geo. Geophys.* **28**: 329-380.
- Di Giulio A., Ceriani A., Ghia E., Zucca F. 2003: Composition of modern stream sand derived from sedimentary source rocks in a temperate climate (Northern Apennines, Italy). *Sed. Geo.* **158**: 145-161.
- Folk R.L. 1966: A review of grain-size parameters. *Sed.* **6**: 73-93.
- Gasparini N.M., Tucker G.E., Bras R.L. 1999: Downstream fining through selective particle sorting in an equilibrium drainage network. *Geol.* **27**: 1079-1082.
- Gomez B., Rosser B.J., Peacock D.H., Hick D.M. 2001: Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. *Water Resour. Res.* **37**: 1813-1823.
- Karanjit S. 2004: Remote sensing and GIS in watershed area management. Free Lance Environmental Consultant and Part time Trainer. Institute of Environmental Management. City!!!
- Landwehr K., Rhoads B.I. 2003: Depositional response of a headwater stream to channelization, east central Illinois, USA. *Riv. Research Application.* **19**: 77-100.
- Le Pera, E., Sorriso-Valvo, M., 2000: Weathering, erosion and sediment composition in a high gradient river, Calabria, Ital. *Earth Surf. Proc. Land.* **25**: 277-292.
- Lewis D.W., McConchie D. 1994: Analytical Sedimentology. Chapman & Hall, London.
- Morris P.H., Williams D.J. 1999: A worldwide correlation for exponential bed particle size variation in subaerial aqueous flows. *Earth Surf. Proc. Landf.* **24**: 835-847.
- Montoya J.W., Hemely J.J. 1975: Activity relations and stabilities in alkali feldspar and mica alteration reactions. *Econ. Geol.* **70**: 577-583.
- Moussavi-Harami R., Mahboubi A., Khanehbad M. 2004: Analysis of controls downstream fining along three gravel-bed rivers in the Band-e-Golestan drainage basin NE Iran. *Geomorph.* **61**: 143-153.
- Parker G. 1990: Surface-based bedload transport relation for gravel rivers. *J. Hydr. Res.* **28**: 417-436.
- Powell M.D. 1998: Patterns and processes of sediment sorting in gravel-bed rivers. *Prog. Phys. Geog.* **22**: 1-32.
- Rice S. 1999: The nature and controls on downstream fining within sedimentary links. *J. Sed. Res.* **69**: 32-39.
- Sear D.A., Newson M.D. 2003: Environmental change in river channels: a neglected element. Towards geomorphological typologies, standard and monitoring. *The Sci. Tot. Environ.* **310**: 17-23.
- Surian N. 2002: Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes. *Geomorph.* **43**: 137-149.
- Yang S.L. 1999: Sedimentation on a growing intertidal Island in the Yangtze River Mouth, Estuarine. *Coast. Shelf Sci.* **49**: 401-410.
- Vandenberghe J. 2003: Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas. *Quarter. Sci. Rev.* **22**: 2053-2060.