

مقایسه تغییرات اندازه و بافت رسوب در پشته‌های سه الگوی کانال بریده‌بریده، مآندری و مستقیم در دو بازه از رودخانه آبدانان (پشت‌قلعه در بالادست و هزارانی در پایین دست)

سید محمد زمانزاده* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
منصور جعفریگلو - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
پریسا پیرانی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
عارفه شعبانی عراقی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
فاطمه گراوند - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۱۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۲/۰۵

چکیده

رودخانه‌ها بر اساس پارامترهای سدی و پیچش، به انواع مستقیم، بریده‌بریده و مآندری تقسیم می‌شوند. مورفولوژی رودخانه‌ها یکی از عوامل اصلی کنترل کننده شکل هندسی رسوبات است. رودخانه دربرگیرنده رسوبات مختلفی است که از نظر بافت و اندازه دانه و مورفولوژی پشته‌ها متفاوتند. هدف تحقیق حاضر مقایسه رسوبات پشته‌های کانال‌های مختلف از نظر تغییرات در اندازه و بافت رسوب در پشته‌های انواع کانال‌های مستقیم، مآندری و بریده‌بریده انتخابی، و همچنین تغییرات در قسمت‌های مختلف یک پشته منفرد و تفاوت این تغییرات در بالادست (پشت قلعه) و پایین دست (هزارانی) رودخانه است. در این مطالعه مجموعاً ۳۰ نمونه برداشت و کدبندی شدند و در آزمایشگاه به روش غربال مورد آنالیز قرار گرفتند. پس از عملیات گرانولومتری با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و GRADISTATE منحنی‌های موردنیاز ترسیم شد و پارامترهای آماری از جمله متوسط اندازه ذرات (MZ)، جورشدگی (SI)، کج‌شدگی (SKI) و کشیدگی (K) به روش ترسیمی و با مقیاس فی به دست آمد و مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که کانال‌های بریده‌بریده بیشترین و مآندری و مستقیم کم‌ترین شباهت رسوبی را با قرینه خود در سمت دیگر رودخانه دارا هستند. تفاوت‌های رسوبی مشاهده شده نقش انشعاب‌های جریان اصلی، سیلاب‌های دوره‌ای رودخانه آبدانان و تغذیه رسوبات از دامنه کناری را در تغییر بافت و اندازه رسوب نشان می‌دهد که گاهی سبب شده کانال مآندری الگوی رسوبی یک کانال بریده‌بریده را منعکس کند. بطور کلی در بازه بالادست (پشت قلعه) اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب از گراول با جورشدگی خوب تا متوسط به ماسه با جورشدگی ضعیف تغییر می‌کند در بازه پایین دست (هزارانی) اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب الگوی بالا دست را نشان نمی‌دهد که تأثیر جریان‌های انشعابی و سیلاب را در به هم ریختن الگوی رسوب و افزایش گراول می‌توان مشاهده نمود.

واژگان کلیدی: رسوب، رودخانه، بریده‌بریده، مآندر، مستقیم.

مقدمه

مورفولوژی رودخانه موضوع بسیاری از چالش‌های دانشمندان و مهندسانی است که دریافته‌اند هر گونه تلاش برای مهندسی رودخانه باید بر اساس یک درک درست از خصوصیات مورفولوژیکی دربرگیرنده و پاسخ به تغییرات اعمال شده باشد (لینگ و ژانگ^۱، ۲۰۱۶، ۴۸). برای ژئومورفولوژیست‌ها و مهندسان آب‌شناسی، شکل هندسی آبراهه و الگوی فضایی آن مورد توجه است (چورلی و همکاران، ۱۹۸۵، ۱۸۷). پس از دیویس (۱۹۰۹) جغرافیدانان، زمین‌شناسان و ژئومورفولوژیست‌ها شکل کانال را به عنوان یک پارامتر در طبقه‌بندی‌ها، تحلیل‌ها و پیش‌بینی پاسخ رودخانه‌ای مورد استفاده قرار دادند. ارتباط فرم کانال و فرایند، اساس درک ما از ژئومورفولوژی رودخانه و همچنین موضوع بسیاری از کتاب‌ها و گزارشات بوده است (سیمون و همکاران^۲، ۲۰۰۵، ۵۸۶). لئوپولد و ولمن^۳ (۱۹۵۷) با استفاده از دو عامل ضریب مارپیچی و فاکتور عرض به عمق رودخانه‌ها را به سه نوع بریده بریده، متأندری و مستقیم تقسیم کردند. راست^۴ (۱۹۷۷) یک طبقه‌بندی جدید سیستم کانال‌های آبرفتی ارائه داد که مبتنی بر پارامتر شریانی بودن^۵ است. شوم^۶ (۱۹۸۱) یک طبقه‌بندی برای کانال‌ها بر اساس طرح و نوع بار رسوبی ارائه کرد. رزگن^۷ (۱۹۹۴) طبقه‌بندی جامعی بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودها ارائه داده است. مورفولوژی رودخانه‌ها یکی از عوامل اصلی کنترل‌کننده شکل هندسی رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد که بر اساس دو پارامتر سدی^۸ و پیچش^۹ تعیین می‌گردد (راست، ۱۹۷۷، ۱۸۷). اغلب رودخانه‌ها و جریان‌های تک-کانالی یک مسیر مارپیچی را دنبال می‌کنند و کانال‌های مستقیم نادر هستند. پیچش یا نسبت سینوسیته^{۱۰} شاخصی در مورد چگونگی انحنای یک کانال است که گرچه به گستردگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تا حدی دلبخواهی است زیرا مبتنی بر هیچکدام از تفاوت‌های فیزیکی نیست (چارلتون، ۲۰۰۷، ۱۳۸). پارامتر سدی عبارت است از تعداد سدها یا جزایر در هر طول موج متأندر. بر اساس دو پارامتر سدی و پیچش، رودخانه‌ها به چهار دسته: مستقیم، بریده‌بریده یا گیسو مانند، متأندری و آناستوموسینگ^{۱۱} تقسیم می‌شوند (موسوی حرمی، ۱۳۷۰، ۲۶۱-۲۶۳). به طور کلی، انواع مختلفی از کانال در طول گرادیان انرژی وجود دارد که متشکل از کانال‌های بریده‌بریده با انرژی بالا با واسطه کانال‌های مستقیم و متأندری تا کانال‌های آناستوموسینگ کم انرژی می‌باشند، این زنجیره با کنترل‌کننده‌های کانال مرتبط است، زیرا قدرت جریان، شیب کانال و رژیم جریان را ادغام می‌کند. همچنین روی نوع باری که کانال می‌تواند حمل کند تأثیر می‌گذارد، که به نوبه خود بستر و پایداری کانال را تعیین می‌کند. اگرچه زنجیره‌ای از اشکال وجود دارد، اما بین آن‌ها آستانه‌ها وجود دارند. برای مثال، یک آستانه متأندر-گیسویی وجود دارد، که در بالای آن رودخانه‌ها گیسویی و در پایین آن رودخانه‌ها متأندری می‌شوند. رودخانه‌هایی که به این آستانه نزدیک هستند، به طور متناوب شاخه‌هایی متأندری و گیسویی دارند (چارلتون، ۲۰۰۷، ۱۳۷-۱۳۸). شکل و نمونه آبراهه به نوع و مقدار رسوبی که از میان آن می‌گذرد مربوط می‌شود و تابعی از نسبت‌های کل بار رسوبی (سیلت، رس، ماسه، قلوه‌سنگ) است که در بار بستر و یا مواد بستری ظاهر می‌شوند (ماسه و ریگ) (چورلی و همکاران، ۱۹۸۵، ۲۱۲). مورفولوژی یک کانال آبرفتی رودخانه‌ای نتیجه انتقال رسوب و رسوب‌گذاری در رودخانه است که اساساً توسط قطر و گنجایش رسوب تحویل داده شده به کانال تعیین می‌شود، گرچه به وسیله مقیاس کانال نیز تنظیم

1. Leng & zhang
2. Simon et al
3. Leopold & wolman
4. Rust
5. Brading
6. Schumm
7. Rosgen
8. Braiding
9. Sinuosity
10. Sinuosity ratio
11. Anastomosing

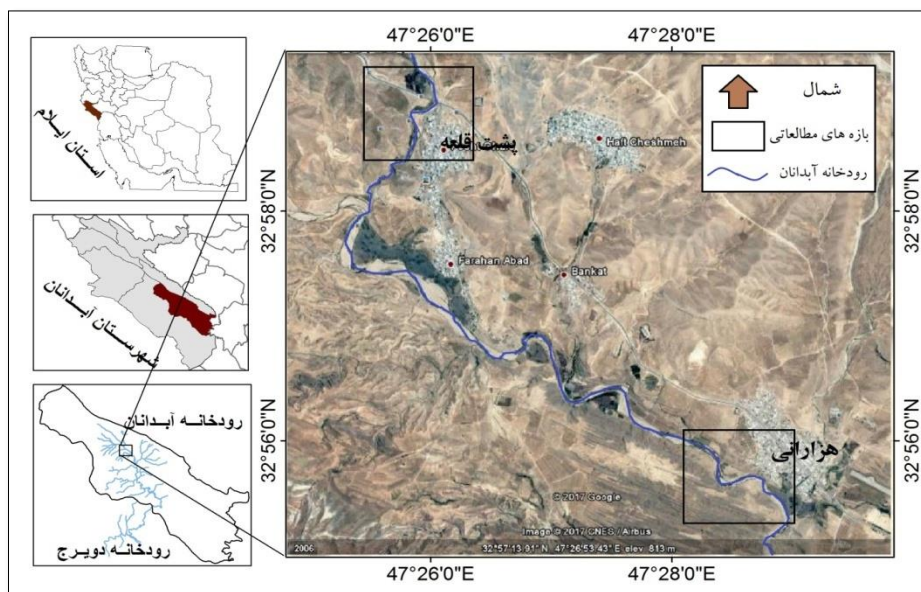
می‌شود (چرچ ۱، ۲۰۰۶، ۳۲۵). رسوبات رودخانه‌ای به سه گروه رسوبات داخل رودخانه، رسوبات خارج رودخانه (دشت سیلابی) و رسوبات حد واسط (رسوبات پرکننده کانال‌های قطع شده) تقسیم می‌شوند. رسوبات داخل رودخانه شامل رسوبات کف کانال، رسوبات سدها و کانال‌های بریده بریده، رسوبات قسمت‌های پیچیده متآندر^۲ می‌باشند. رسوبات کف کانال از ذرات درشت گراول و ماسه درشت تشکیل شده است که در کف کانال برجای مانده و کنگلومرای کف کانال را درست می‌کنند. رسوبات سدها و کانال‌های بریده بریده بیشتر دانه درشت (گراول و ماسه است) با جورشدگی نسبتاً بد است. میزان ذرات ریز سیلتی و رسی (رسوبات دشت سیلابی) نسبت به رودخانه‌های متآندری خیلی کمتر است. اندازه ذرات تشکیل دهنده رسوبات رودخانه‌های متآندری نسبت به رودخانه‌های بریده بریده کوچکتر می‌باشد. این رودخانه‌ها غالباً در مناطقی که دارای شیب کمتری هستند، دیده می‌شوند. عمیق‌ترین قسمت رودخانه محل رسوب‌گذاری ذرات دانه درشت است. سپس رسوبات پوینت بار و در بالای آن‌ها، رسوبات دشت سیلابی که بیشتر سیلت و رس است قرار می‌گیرد (موسوی حرمی، ۱۳۷۰، ۲۷۱-۲۶۴). از جمله مطالعاتی که در حیطه رودخانه و رسوبات آن انجام گرفته‌اند می‌توان به این موارد اشاره کرد. اسمیت^۳ (۱۹۷۰) رسوبات رودخانه بریده بریده پلات با سنگ‌های آواری مختلف را مورد مقایسه قرارداد. ماکاسکی^۴ (۲۰۰۱) رسوبات رودخانه آناستوموسینگ را از نظر طبقه‌بندی، منشأ و تولیدات رسوبی بررسی کرد. از نظر او کانال‌های مستقیم، متآندری و بریده بریده در یک مقیاس بزرگتر بخش‌هایی از سیستم رودخانه آناستوموسینگ هستند. او دو نوع اصلی این کانال‌ها را شرح داده و دلیل شکل‌گیری آن‌ها را بیان می‌کند. سینگ و همکاران^۵ (۲۰۰۷) با استفاده از فاکتورهای بافت، اندازه دانه و دینامیک انتقال رسوب رودخانه گانا که متشکل از کانال‌های شریانی و متآندری است را مورد بررسی قرار دادند. گوریت و همکاران^۶ (۲۰۱۴) جورشدگی اندازه دانه رودخانه یورمچی با بستر گراولی در شمال تیانشان چین را با استفاده از روش‌های سطحی و حجمی مطالعه کردند. مشکوا^۷ و گارلینگ (۲۰۱۲) ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی شبکه رودخانه‌ای مرکب از بستر سنگی و آبرفتی رودخانه مکونگ در شمال کامبوج را از نظر کنترل‌های توسعه کانال بررسی کردند. ریمو و همکاران^۸ (۲۰۱۶) این مطالعات را در مورد رودخانه می‌سی‌سی‌پی به ترتیب با توجه به توزیع اندازه دانه‌ها در رسوبات بستر کانال اصلی رودخانه قبل و بعد از احداث سدها مورد توجه قرار دادند. جندقی و همکاران (۱۳۸۳)، در بررسی گرانولومتری سه جریان سیلابی حوضه زیارت آن‌ها را جزو جریان‌های پروسوب مختلط و گلی طبقه‌بندی کردند. رستمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶)، در بررسی تغییرات رسوب رودخانه بیدواز عامل حمل انتخابی را در کنترل ریزشوندگی مهم ارزیابی نمودند. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) پارامترهای آماری رسوب را در آبراهه‌های بالادست اتوبان تهران-قزوین بررسی کردند. رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۴) تغییرات الگوی رودخانه گاماسیاب را در رابطه با تغییرات پشته‌های ماسه‌ای تحلیل کردند.

در این مطالعه بر اساس پارامترهای پیچش و تعداد سدها یا پشته‌ها همانطور که در ادامه توضیح داده خواهد شد دو مقطع از رودخانه حائز سه فرم یاد شده انتخاب شد و از پشته‌های مشخص شده نمونه‌برداری شد و اختصاصات رسوبات کانال از نظر اندازه و بافت مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. هدف تحقیق حاضر مقایسه رسوبات کانال‌های سه گانه از دیدگاه تغییرات در اندازه و بافت رسوب در پشته‌های کانال‌های انواع مستقیم، متآندری و بریده‌بریده انتخابی، در قسمت‌های مختلف یک پشته منفرد است. هدف دوم بررسی تفاوت میان این تغییرات در پشته‌های سه نوع کانال مختلف و در آخر تعیین عوامل موثر بر این تفاوت‌ها در بازه بالادست و پایین دست رودخانه مورد مطالعه است.

1. Church
2. Point bar
3. Smith
4. Makaske
5. Singhet al
6. Guerit et al
7. Meshkova & Carling
8. Remo et al

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در جنوب شهر آبدانان در محدوده شهرستان آبدانان قرار دارد، این شهرستان در استان ایلام و در غرب ایران واقع شده است. این محدوده از شمال به ارتفاعات کبیرکوه، از جنوب به ارتفاعات دینارکوه، از سمت غرب به حوضه آبریز رودخانه میمه و از سمت شرق به حوضه رودخانه سیاه‌گاو منتهی می‌شود. رود مهم این شهر رودخانه آبدانان است که در این محدوده از سمت شمال شهر شروع شده و پس از طی مسیر به سمت جنوب به رود دویرج منتهی می‌شود (مهندسین مشاور پویانقش شهر و بنا، ۱۳۸۸، ۴۷-۴۶). کمترین و بیش‌ترین ارتفاع منطقه به ترتیب ۸۰۰ متر در محل خروج رودخانه از حوضه و ۲۳۱۰ متر در محل قله‌های دامنه‌های شمالی کبیرکوه است (شکل ۲).

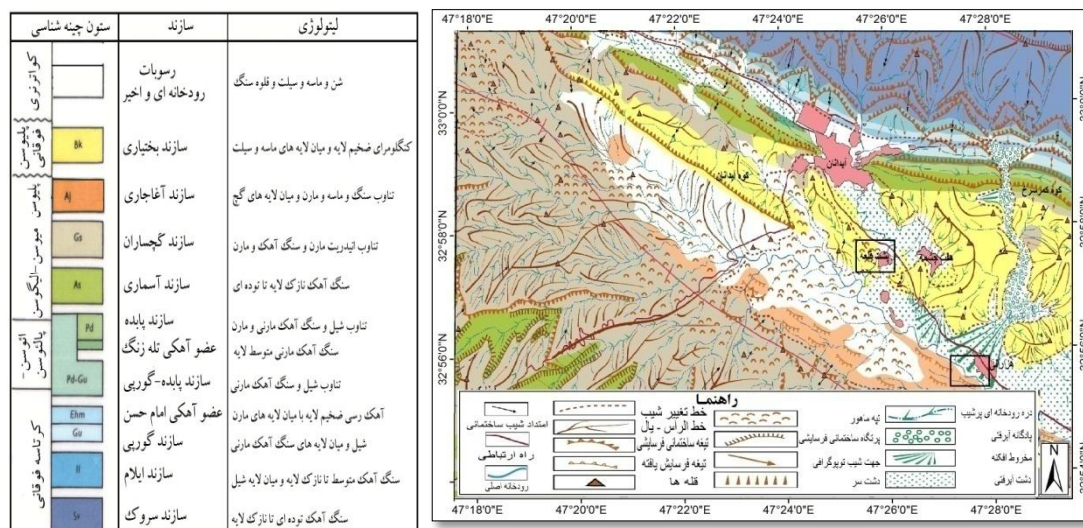


شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و بازه‌های انتخاب شده از رودخانه آبدانان

موقعیت زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه

در منطقه مورد مطالعه توالی رسوبی شامل سازندهای گرو-سروک-سورگاه-ایلام-گورپی-پابده-آسماری-گچساران-آغاجاری-بختیاری می‌باشد (پارسا، ۱۳۷۸، ۶۱). محدوده آبدانان بخشی از سلسله جبال زاگرس است و تنها نهشته‌هایی رخنمون دارند که دارای ویژگی‌های زمین‌شناسی محیط‌های دریایی و کرانه‌ای و به میزان کمتر قاره‌ای می‌باشند. نهشته‌های کواترنری با دگرشیبی زاویه‌دار در گودی‌ها، سازندهای بختیاری و قدیمی‌تر را می‌پوشانند و خود نیز توسط آبرفت‌های عهد حاضر پوشیده می‌شوند (مهندسین مشاور ایران‌کانش، ۱۳۷۹، ۱ و ۱۲). در اثر عملکرد رودخانه‌ها و مسیل‌های موجود در منطقه، رسوبات زیادی از ارتفاعات و تپه‌های فرسوده، حمل و در نواحی پست و کم‌شیب با کاهش سرعت و انرژی آب رسوب می‌کنند. رسوبات در نواحی کوهستانی، دانه‌درشت و ماسه‌ای است که تراوایی خوبی دارند ولی وسعت و ضخامت آن‌ها محدود است (مهندسین مشاور امکو ایران، ۱۳۷۲، ۳۸). در حوزه آبدانان از نظر گسترش سازندها بیش‌ترین وسعت مربوط به سازند گچساران و سروک می‌باشد که به ترتیب بر ارتفاعات دینارکوه و کبیرکوه منطبق می‌باشند. پس از آن‌ها، رسوبات آبرفتی هستند که ناودیس میان این دو توده کوهستانی را می‌پوشانند. سازندهای بعدی به ترتیب عبارت‌اند از آسماری، بختیاری، آغاجاری، پابده، ایلام، عضو آهکی امام‌حسن، گورپی، عضو آهکی تله‌زنگ و پابده-گورپی. ستون چینه‌شناسی، سازند و لیتولوژی منطقه در شکل ۳ که برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کبیرکوه است، نشان داده شده است. در مورد ذرات تخریبی اگر سنگ منشاء ماسه‌سنگ یا کنگلومرا باشد، بار بستر رودخانه افزایش می‌یابد، اگر شیلی

باشد بار معلق رودخانه زیاد می‌شود و اگر از سنگ‌های آهکی باشد بارمحلول رودخانه بیشتر می‌شود (اهری‌پور و مصدق، ۱۳۸۵، ۹). در منطقه مورد مطالعه هر سه این لیتولوژیها یافت می‌شوند و با توجه به کوهستانی بودن و فاصله کم رودخانه از منشا ذرات بستر که مورد نمونه‌برداری قرار گرفته‌اند، عمدتاً درشت دانه هستند.



شکل ۳: سازندهای محدوده مورد مطالعه (اقتباس از نقشه زمین شناسی کبیرکوه) و نقشه ژئومورفولوژی (ترسیم: نگارنده)

نقشه ژئومورفولوژی منطقه نشان می‌دهد که لندفرم های منطقه بیشتر شامل تیغه‌ها، دشت‌های پراکنده آبرفتی، مخروط افکنه‌های کم وسعت، تیغه‌های فرسایش یافته و پادگانه‌های آبرفتی و اراضی تپه‌ماهوری است. رودخانه در منطقه پشت‌قلعه عمدتاً بر بستر آبرفتی خود جریان دارد و مسیر آن با زبان‌هایی از ناهمواری‌های تپه‌ماهوری از جنس کنگولمرای بختیاری تحت تأثیر قرار گرفته است که از دو طرف رودخانه را احاطه کرده‌اند. در منطقه هزارانی نیز رودخانه چنین شرایطی را نشان می‌دهد با این تفاوت که در سمت چپ بیشتر ناهمواری‌های فرسایش یافته آغاچاری گسترش دارند (شکل ۳).

مواد و روش‌ها

ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی، زمین‌شناسی و تصاویر Google Earth منطقه و نیز نرم افزار GIS شناسایی مقدماتی منطقه انجام شد و دو بازه از رودخانه آبدانان یکی در بالادست (منطقه پشت قلعه) و دیگری در پایین‌دست (منطقه هزارانی) با فاصله ۶/۵ کیلومتر از یکدیگر انتخاب شدند. این دو بازه در یک مسیر ممتد، سه شکل مورد مطالعه که از نظر مقدار پیچش و تعداد سدها به ترتیب شریانی، مئاندردی و مستقیم هستند را با فاصله کمی از شکل قبلی در خود دارا بودند. سپس با مراجعه به منطقه از محل‌های از پیش مشخص شده نمونه‌برداری انجام شد. با کنار زدن قلوه سنگ و رسوبات درشت دانه تر از اندازه ۱۰ میلی‌متر، از هر قسمت از عمق چند سانتی‌متری حدود نیم کیلو نمونه برداشت شد. نمونه‌ها کدبندی شدند به این صورت که P برای نمونه‌های منطقه پشت قلعه و H برای نمونه‌های منطقه هزارانی مشخص کننده حرف اول کد نمونه می‌باشد. برای هر یک از پشته‌ها نام اختصاری BR^۱ برای بریده بریده، ME^۲ برای مئاندردی و ST^۳ برای

1. Braided
2. Meander
3. Straight

کانال با شکل مستقیم در نظر گرفته شد. ۳ نمونه از پشته‌ها به صورت خطی از رأس شمالی تا جنوبی (A, B, C) و دو نمونه نیز از محل نزدیک به رودخانه (D) و نزدیک به پسرکانه ساحلی (E) برداشت شدند.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی نقاط برداشت شده به وسیله GPS

| هزارانی | | | | | پشت قلعه | | | | |
|---------------|---------------|------|------|--------|---------------|---------------|------|------|--------|
| Y | X | نقطه | ردیف | پشته | Y | X | نقطه | ردیف | پشته |
| ۴۷°۲۷'۳۱/۷۰"E | ۳۲°۵۶'۳۲/۰۲"N | HBRA | ۱ | بریده | ۴۷°۲۶'۱/۸۴"E | ۳۲°۵۸'۲۱/۹۷"N | PBRA | ۱ | بریده |
| ۴۷°۲۷'۳۳/۶۹"E | ۳۲°۵۶'۳۰/۹۵"N | HBRB | ۲ | | ۴۷°۲۶'۳/۱۸"E | ۳۲°۵۸'۲۰/۹۵"N | PBRB | ۲ | |
| ۴۷°۲۷'۳۵/۱۸"E | ۳۲°۵۶'۲۹/۹۵"N | HBRC | ۳ | | ۴۷°۲۶'۴/۰۵"E | ۳۲°۵۸'۱۹/۷۷"N | PBRC | ۳ | |
| ۴۷°۲۷'۳۳/۰۴"E | ۳۲°۵۶'۳۱/۰۳"N | HBRD | ۴ | | ۴۷°۲۶'۲/۸۸"E | ۳۲°۵۸'۲۰/۸۴"N | PBRD | ۴ | |
| ۴۷°۲۷'۳۴/۰۱"E | ۳۲°۵۶'۳۰/۹۸"N | HBRE | ۵ | | ۴۷°۲۶'۳/۵۰"E | ۳۲°۵۸'۲۱/۰۳"N | PBRE | ۵ | |
| ۴۷°۲۷'۳۷/۱۶"E | ۳۲°۵۶'۲۲/۳۵"N | HMEA | ۱ | ماندری | ۴۷°۲۵'۵۸/۴۴"E | ۳۲°۵۸'۱۱/۱۸"N | PMEA | ۱ | ماندری |
| ۴۷°۲۷'۳۷/۹۳"E | ۳۲°۵۶'۲۱/۰۵"N | HMEB | ۲ | | ۴۷°۲۵'۵۶/۷۶"E | ۳۲°۵۸'۱۰/۶۶"N | PMEB | ۲ | |
| ۴۷°۲۷'۳۹/۹۸"E | ۳۲°۵۶'۲۰/۷۴"N | HMEC | ۳ | | ۴۷°۲۵'۵۷/۱۰"E | ۳۲°۵۸'۱۱/۳۶"N | PMEC | ۳ | |
| ۴۷°۲۷'۳۷/۱۵"E | ۳۲°۵۶'۲۰/۶۲"N | HMED | ۴ | | ۴۷°۲۵'۵۶/۲۷"E | ۳۲°۵۸'۱۰/۹۵"N | PMED | ۴ | |
| ۴۷°۲۷'۳۸/۵۴"E | ۳۲°۵۶'۲۱/۵۰"N | HMEE | ۵ | | ۴۷°۲۵'۵۶/۹۳"E | ۳۲°۵۸'۱۰/۱۸"N | PMEE | ۵ | |
| ۴۷°۲۷'۵۴/۳۹"E | ۳۲°۵۶'۱۶/۶۰"N | HSTA | ۱ | مستقیم | ۴۷°۲۵'۵۶/۸۰"E | ۳۲°۵۷'۶۰/۰۰"N | PSTA | ۱ | مستقیم |
| ۴۷°۲۷'۵۸/۰۵"E | ۳۲°۵۶'۱۲/۸۸"N | HSTB | ۲ | | ۴۷°۲۵'۵۶/۱۸"E | ۳۲°۵۷'۵۸/۱۴"N | PSTB | ۲ | |
| ۴۷°۲۷'۵۹/۵۴"E | ۳۲°۵۶'۹/۲۴"N | HSTC | ۳ | | ۴۷°۲۵'۵۵/۴۱"E | ۳۲°۵۷'۵۷/۲۳"N | PSTC | ۳ | |
| ۴۷°۲۷'۵۸/۰۶"E | ۳۲°۵۶'۱۳/۶۷"N | HSTD | ۴ | | ۴۷°۲۵'۵۵/۵۳"E | ۳۲°۵۷'۵۸/۴۳"N | PSTD | ۴ | |
| ۴۷°۲۷'۵۶/۳۱"E | ۳۲°۵۶'۱۳/۹۰"N | HSTE | ۵ | | ۴۷°۲۵'۵۶/۸۱"E | ۳۲°۵۷'۵۸/۱۲"N | PSTE | ۵ | |

برای مثال نمونه PBRA نشان دهنده رسوب برداشت شده از رودخانه در در منطقه پشت قلعه است (P) که نوع پشته بریده (BR) و نمونه مربوط به رأس شمالی پشته (A) است و به همین ترتیب. در مجموع ۱۵ نمونه از سه نوع پشته مربوط به رودخانه در منطقه پشت قلعه و ۱۵ نمونه به همین شیوه از منطقه هزارانی گردآوری شدند. جدول ۱ مختصات محل برداشت نمونه‌ها و شکل ۴ موقعیت بازه‌های مشخص شده را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که نمونه‌ها بعد از یک سیلاب که به تازگی در بستر رودخانه رخ داده بود برداشت شده اند (فروردین ۱۳۹۶).

نمونه‌ها در پلاستیک‌های زیپ کیپ نگهداری و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، به روش غربال مورد آنالیز قرار گرفتند. در این روش مواد اضافی و شاخ و برگ و مواد زاید نمونه‌ها جدا و سپس نمونه‌ها وزن شدند. پس از وزن کردن، نمونه‌ها در آون با حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد خشک گردیدند. سپس مقدار ۱۰۰ گرم از رسوبات وزن شد. در ادامه، نمونه‌های وزن شده در دستگاه شیکر غربال شدند. قطر الک‌ها به ترتیب از ریز به درشت ۶۳، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میکرون بوده است. پس از غربال، مقدار رسوبات باقیمانده در هر الک با استفاده از ترازو وزن و در نهایت درصد انواع رسوبات مشخص گردید. بعد از عملیات گرانولومتری و به دست آوردن قطر ذرات رسوب و درصد فراوانی ذرات، با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و GRADISTATE منحنی‌های مورد نیاز ترسیم شد و پارامترهای آماری از جمله متوسط اندازه ذرات (M_z)، جورشدگی (σ_1)، کج‌شدگی (SKI) و کشیدگی (K) به روش فولک و وارد (۱۹۵۷) و با مقیاس فی به دست آمد و مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. میانگین، میانه و مد با استفاده از نمودارهای هیستوگرام و منحنی توزیع عادی و نیز مثلث فولک تفسیر و سایر پارامترها به صورت جدول تحلیل شدند.



شکل ۴: موقعیت جغرافیایی نمونه‌های برداشت شده روی تصاویر Google Earth


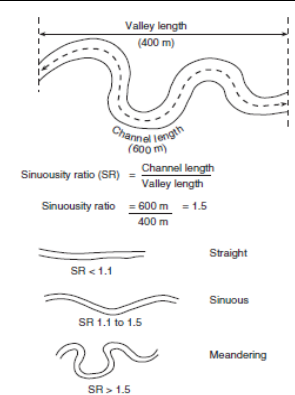
| سگراول | ریگ | دستگاه غربال (شیکر) | |
|--------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| | | الک ها بر حسب میکرون | بر حسب میلی‌متر/mm |
| سگراول | ۱- فی | ۲۰۰۰ میکرون | ۲ میلی‌متر |
| | ۰ فی | ۱۰۰۰ میکرون | ۱ میلی‌متر |
| | ۱ فی | ۵۰۰ میکرون | ۰/۵ میلی‌متر |
| | ۲ فی | ۲۵۰ میکرون | ۰/۲۵ میلی‌متر |
| | ۳ فی | ۱۲۵ میکرون | ۰/۱۲۵ میلی‌متر |
| | ۴ فی | ۶۳ میکرون | ۰/۰۶۳ میلی‌متر |
| | > ۴ فی | < ۶۳ میکرون | < ۰/۰۶۳ میلی‌متر |
| سگ | سبیلت بسیار درشت و رس | | |

شکل ۵: سمت راست: غربال، ترازو و اجزای تفکیک شده رسوبات پس از غربال، سمت چپ: قطر الک‌های مورد استفاده در تحقیق و نام اجزای رسوب هر الک (ترسیم: نگارنده)، برگرفته از (اهری پور و مصدق، ۱۳۸۵، ۳۹).

یافته‌ها و بحث

همانطور که گفته شد نسبت سینوسیته (شاخص انحنای کانال) از طریق اندازه‌گیری طول کانال و تقسیم آن بر فاصله خط مستقیم در امتداد دره محاسبه می‌شود. کانال‌هایی با نسبت سینوسیته کمتر از ۱/۱ مستقیم، بین ۱/۱ تا ۱/۵ سینوسی و بیش از ۱/۵ کانال‌های متآندری هستند (چارلتون، ۲۰۰۷، ۱۳۸). بریده بریده بودن به وسیله خط میانی کانال‌هایی که هر پشته را احاطه کرده است تعریف می‌شود. سیستم‌های تک کانالی و چند کانالی به ترتیب به صورت دارا بودن پارامترهای شریانی کمتر و بیشتر از یک تعریف می‌گردند. بر اساس این دو پارامتر چهار نوع کانال ارائه می‌شود: تک کانالی با سینوسیته بالا (متآندری) و چند کانالی با سینوسیته پایین (بریده بریده) بسیار رایج هستند. دو نوع دیگر بسیار نادر هستند: تک کانالی با سینوسیته پایین (مستقیم) و چند کانالی با سینوسیته بالا (آناستوموسینگ). (راست، ۱۹۷۷، ۱۸۷)

جدول ۲: نحوه اندازه گیری پارامترهای شکل کانال و تعیین الگوی کانال

| پشته ها | پارامترهای اندازه گیری شده پیش | | | | تعداد پشته و جریاندر بازه رودخانه | نسبت سینوسیته (چارتون، ۲۰۰۷) |
|--------------|--------------------------------|------|-----------|-------------|--|---|
| | تعداد پشته درون کانال | نسبت | طول دره M | طول کانال M | | |
| ۵ پشته منفرد | ۱/۰۹ | ۲۷۶ | ۳۰۰ | PBR |  |  |
| ۱ پوینت بار | ۱/۴۹ | ۳۴۳ | ۵۰۰ | PME | | |
| ۲ پشته کناری | ۱/۰۱ | ۲۳۷ | ۲۴۱ | PST | | |
| ۶ پشته منفرد | ۱/۰۲ | ۵۳۲ | ۵۴۲ | HBR | | |
| ۱ پوینت بار | ۱/۵ | ۴۳۰ | ۶۴۹ | HME | | |
| ۱ پشته کناری | ۱/۱ | ۳۱۱ | ۳۷۲ | HST | | |

بر اساس جدول فوق نسبت سینوسیته نشان می دهد بازه HME از نوع مئاندری و بازه PME که قرینه آن در بالادست است در مرز بین سینوسی و مئاندری قرار دارد، بازه HST ضریب سینوسی برابر با ۱/۱ دارد که نشان دهنده قرار داشتن کانال در مرز مستقیم و سینوسی است. و سایر بازه ها ضریبی کمتر از ۱/۱ دارند که نشان دهنده مستقیم بودن کانال در آن بازه مطالعاتی است. تعداد پشته ها و در نتیجه تقسیم کانال اصلی در بازه های PBR و HBR نسبت به سایر بازه ها فراوانتر است. بر این اساس می توان گفت نوع الگوی کانال در ارتباط با پشته ها در شکل ۴ به درستی انتخاب شده است. پس از برداشت نمونه از هر بازه در منطقه و انجام آزمایش غربال نتایج به دست آمده به صورت جدول ۳ تنظیم شد.

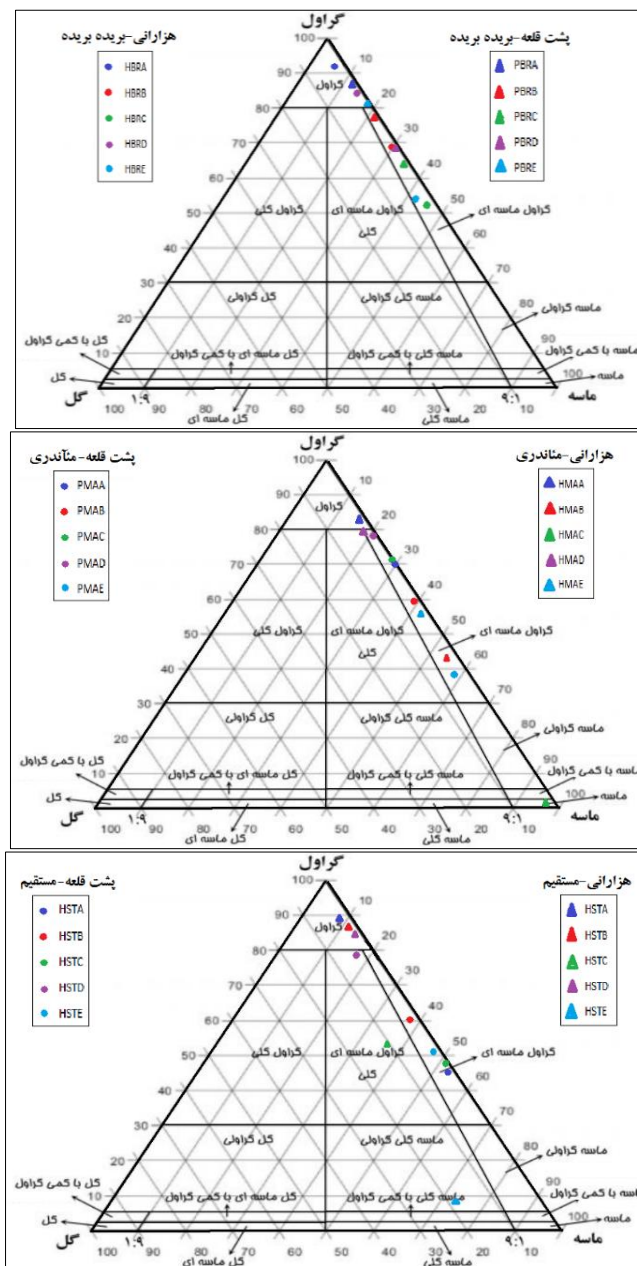
جدول ۳: توزیع وزنی رسوب مربوط به هر ایستگاه برحسب درصد درالک های مورد استفاده بر حسب میکرون

| مجموع | <۶۳ | ۶۳ | ۱۲۵ | ۲۵۰ | ۵۰۰ | ۱۰۰۰ | ۲۰۰۰ | کد نمونه | کانال | نوع پشته |
|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|----------|-----------------------|----------|
| ۱۰۰ | ۰/۱ | ۰/۳ | ۰/۱ | ۱/۵ | ۳ | ۱۰ | ۸۵ | PBRA | پشت قلمه - برید بریده | ۱ |
| ۱۰۰ | ۰/۲ | ۰/۷ | ۱/۳ | ۶/۹ | ۲/۳ | ۱۱/۸ | ۷۶/۸ | PBRB | | ۲ |
| ۱۰۰ | ۱/۳ | ۲/۲ | ۱ | ۱۲/۷ | ۳/۶ | ۱۵/۵ | ۶۳/۷ | PBRC | | ۳ |
| ۱۰۰ | ۰/۴ | ۱/۳ | ۱ | ۵/۶ | ۲/۷ | ۱۹/۴ | ۶۹/۶ | PBRD | | ۴ |
| ۱۰۰ | ۰/۱۴ | ۰/۰۳ | ۰/۰۴ | ۲/۷۳ | ۱/۷ | ۱۳/۶۳ | ۸۱/۷۳ | PBRE | | ۵ |
| ۱۰۰ | ۰/۲۲ | ۰/۳۲ | ۰/۹۲ | ۹/۶ | ۳/۱ | ۱۵/۸۲ | ۷۰/۰۲ | PMEA | پشت قلمه - مئاندری | ۶ |
| ۱۰۰ | ۰/۹۱ | ۱/۸۳ | ۴/۴۸ | ۲۲/۶۹ | ۲/۴۱ | ۷/۷۸ | ۵۹/۹ | PMEB | | ۷ |
| ۱۰۰ | ۰/۱۶ | ۰/۸ | ۵/۷۴ | ۵/۷۴ | ۳/۲۱ | ۱۸/۹۸ | ۷۱/۰۳ | PMEC | | ۸ |
| ۱۰۰ | ۰/۸۸ | ۱/۰۸ | ۱/۲۳ | ۷/۴۷ | ۱/۹۵ | ۹/۷۶ | ۷۷/۶۳ | PMED | | ۹ |
| ۱۰۰ | ۳/۹۳ | ۹/۹۴ | ۱۸/۵۴ | ۱۹/۵۵ | ۱/۵۳ | ۸/۳۹ | ۳۸/۱۲ | PMEE | | ۱۰ |
| ۱۰۰ | ۱/۴۱ | ۴/۵۷ | ۲۸/۱۱ | ۳/۷۵ | ۳/۷۵ | ۱۵/۱۲ | ۴۶/۰۲ | PSTA | پشت قلمه - مستقیم | ۱۱ |
| ۱۰۰ | ۲/۱۸ | ۴/۵۱ | ۹/۵۵ | ۲۰/۳۱ | ۰/۶۱ | ۲/۶۴ | ۶۰/۲ | PSTB | | ۱۲ |
| ۱۰۰ | ۰/۶۳ | ۱/۱۲ | ۲/۴۴ | ۲۴/۸ | ۵/۷۳ | ۱۷/۸۲ | ۴۷/۴۶ | PSTC | | ۱۳ |
| ۱۰۰ | ۳/۱۱ | ۳/۸۲ | ۳/۵۷ | ۵/۳۳ | ۰/۶۶ | ۴/۲۵ | ۷۹/۲۶ | PSTD | | ۱۴ |
| ۱۰۰ | ۱/۶۳ | ۳/۷۸ | ۲/۸۵ | ۱۴/۴۲ | ۴/۰۱ | ۲۲/۱۸ | ۵۱/۱۳ | PSTE | | ۱۵ |
| ۱۰۰ | ۳/۰۷ | ۳/۱۷ | ۱/۵۱ | ۰/۷۸ | ۰/۲۱ | ۰/۳۳ | ۹۰/۹۳ | HBRA | هزارانی - | ۱۶ |
| ۱۰۰ | ۱/۴ | ۳/۴۳ | ۴/۱۱ | ۷/۶۶ | ۲/۱۳ | ۱۲/۷۶ | ۶۸/۵۱ | HBRB | | ۱۷ |
| ۱۰۰ | ۲/۴۴ | ۴/۴۱ | ۳/۹۴ | ۱۶/۹۹ | ۴/۶۷ | ۱۴/۹۸ | ۵۲/۵۷ | HBRC | | ۱۸ |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-----------------|----|
| ۱۰۰ | ۱/۶۴ | ۲/۲۳ | ۱/۱۶ | ۳/۵۲ | ۱/۲۴ | ۶/۴۳ | ۸۳/۷۸ | HBRD | هزارانی-مئاندری | ۱۹ |
| ۱۰۰ | ۴/۹۶ | ۵/۶۸ | ۷/۹۷ | ۱۵/۳۸ | ۲/۵۴ | ۹/۷۵ | ۵۳/۷۲ | HBRE | | ۲۰ |
| ۱۰۰ | ۱/۵۲ | ۲/۰۱ | ۳/۰۸ | ۶/۵۱ | ۱/۱ | ۲/۶۹ | ۸۳/۰۹ | HMEA | | ۲۱ |
| ۱۰۰ | ۳/۲۱ | ۱۰/۱۸ | ۱۲/۳۶ | ۲۲/۷۴ | ۱/۷۲ | ۵/۸ | ۴۳/۹۹ | HMEB | | ۲۲ |
| ۱۰۰ | ۱/۸۷ | ۵/۶۷ | ۶/۸۷ | ۷۷/۹۱ | ۳/۵۷ | ۳/۵۴ | ۰/۵۷ | HMEC | | ۲۳ |
| ۱۰۰ | ۲/۴ | ۳/۱۹ | ۲/۴۸ | ۷/۷۷ | ۰/۸۲ | ۴/۴۲ | ۷۸/۹۲ | HMED | | ۲۴ |
| ۱۰۰ | ۲/۹۶ | ۵/۷۴ | ۶/۳۴ | ۲۱/۱۱ | ۱/۶۹ | ۸/۲۴ | ۵۴/۰۲ | HMEE | | ۲۵ |
| ۱۰۰ | ۲/۲۸ | ۱/۷۵ | ۱/۹۹ | ۳/۶۴ | ۰/۵۸ | ۱/۰۲ | ۸۸/۷۴ | HSTA | هزارانی-مستقیم | ۲۶ |
| ۱۰۰ | ۱/۸۹ | ۱/۹۴ | ۳/۱۹ | ۴/۱۱ | ۱/۰۷ | ۱/۴۵ | ۸۶/۳۵ | HSTB | | ۲۷ |
| ۱۰۰ | ۱۰/۱۷ | ۱۲/۲۹ | ۹/۷۲ | ۵/۷ | ۱/۳۲ | ۸/۹۵ | ۵۱/۹ | HSTC | | ۲۸ |
| ۱۰۰ | ۱/۵۸ | ۲/۷۵ | ۳ | ۴/۵۸ | ۱/۰۴ | ۳/۴۹ | ۸۳/۵۶ | HSTD | | ۲۹ |
| ۱۰۰ | ۱۸/۹۹ | ۱۸/۴۶ | ۱۹/۸۱ | ۱۹/۱۷ | ۳/۴۹ | ۱۱/۹۷ | ۸/۱۱ | HSTE | | ۳۰ |

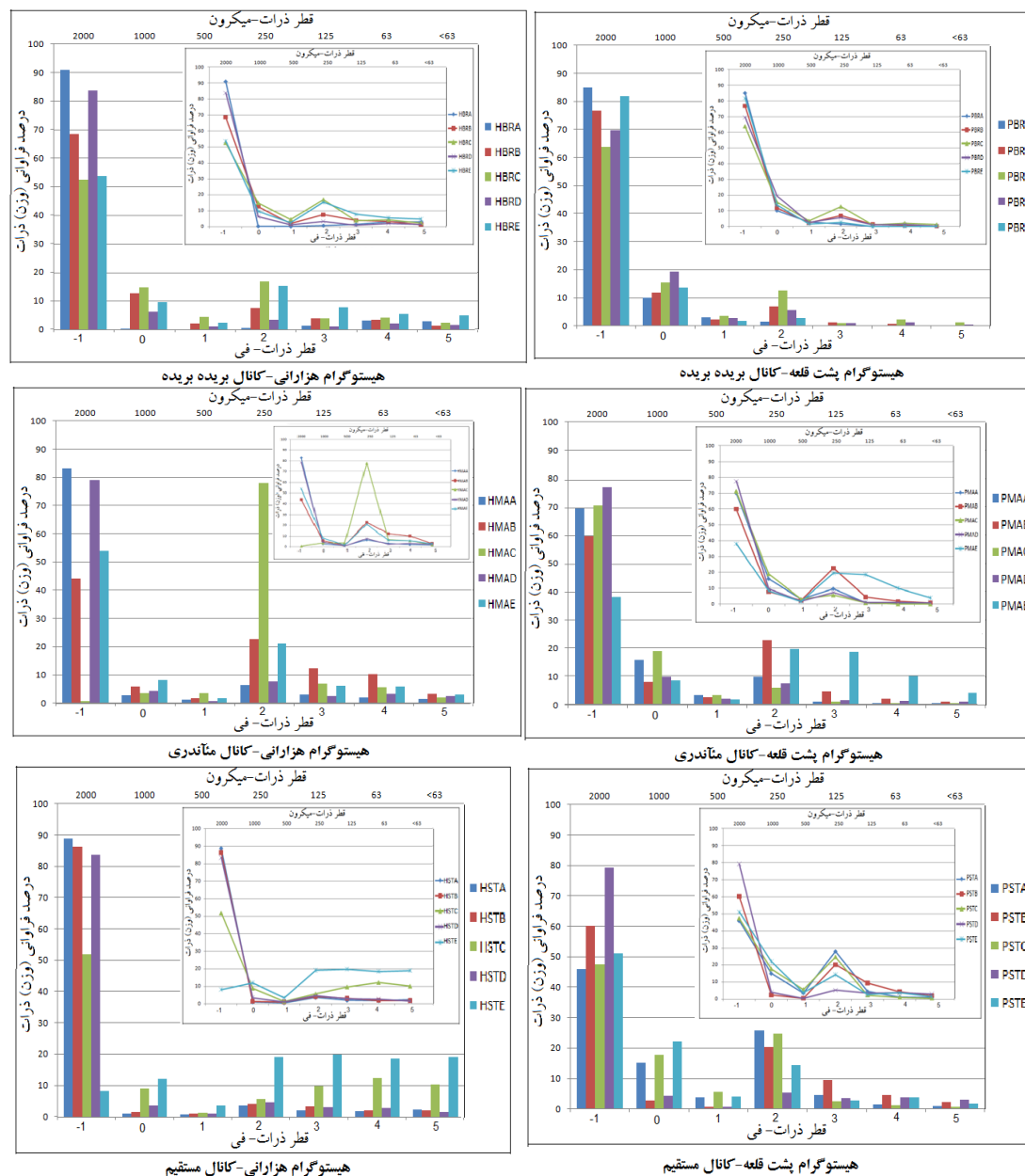
مطابق جدول ۳، در تمامی نمونه‌های برداشت شده از بستر رودخانه سهم رسوبات گراولی بیشتر است و همین امر سبب شده در طبقه‌بندی مثلث فولک (فولک، ۱۹۵۴) مربوط به نمونه‌های مختلف (شکل ۶) عمده رسوبات جزو گراول، گراول ماسه‌ای و گراول ماسه‌ای گلی باشند. با این تفاوت که در رسوبات قسمت بالادست رودخانه از بازه اول تا سوم رودخانه و در پشته‌های نمونه‌برداری شده بریده‌بریده، مئاندری و مستقیم به ترتیب بیشتر طبقه‌گراولی، گراول ماسه‌ای و گراول ماسه‌ای گلی هستند، اما در پایین دست تنها رسوبات پشته بریده بریده این الگوی را نشان می‌دهند و در دو بازه دیگر ماسه و ماسه گلی نیز دیده می‌شود که به سبب افزایش فاصله و ریزتر شدن رسوبات است.

در پشته‌های مختلف چنین تغییراتی دیده می‌شود: در بالادست (پشت قلعه) پشته بریده‌بریده (PBR)، قسمت A درشت‌ترین ذرات را دارد زیرا رودخانه در قسمت راس پشته نسبت به انتهای آن از قدرت بیشتری برخوردار بوده است. قسمت C با تفسیر ذکر شده حاوی ذرات ریزتری نسبت به سایر نمونه‌ها است. قسمت B در پشته میان این دو و در مثلث هم در بین این دو قرار دارد. اما قسمت رو به شاخه اصلی D که نسبت به قسمت رو به ساحل E، ریزتر شده که می‌تواند به سبب سیلاب‌هایی باشد که رسوبات درشت‌تر را در این بخش بجا گذاشته و بعدها جریان ضعیفتری در آن برقرار شده ولی در سمت مقابل جریان فعال بوده و ذرات ماسه را نیز با خود آورده است. در پشته مئاندری (PME) قسمت D به رودخانه نزدیک و گراول آن زیاد است، همین‌طور قسمت A و C ابتدا و انتهای مئاندر، چون نزدیک به رودخانه برداشت شده‌اند. نمونه E دورترین نقطه به مئاندر و از همه ریزتر است و نمونه B با توجه به شکل ۴ به سبب نزدیکی به یک کانال متروک نسبت به نمونه D که در سمت چپ آن و نزدیکتر به رودخانه است، رسوبات ریزتری دارد. پشته مستقیم (PST) تقریباً از لحاظ توزیع اندازه رسوبات نظم موجود در پشته‌های قبلی را نشان نمی‌دهد. نمونه A که در ابتدای پشته قرار دارد ریزترین ذرات این گروه است و درصد بالای ماسه ممکن است به علت محل برداشت نمونه دور از ساحل باشد، همچنین وجود مقادیری گل در نمونه E که به سبب نزدیکی به رودخانه است اندکی نظم نمونه‌ها را برهم زده است. در نمونه‌های پایین دست (هزارانی)، پشته بریده‌بریده HBR به این صورت است که A و D به لحاظ نزدیکی به رودخانه درشت‌ترین، و پس از این دو B قرار دارد که پشته میانی است. نمونه C در انتهای پشته ریزدانه‌تر از بقیه است و به نمونه E شبیه است زیرا یک شاخه فرعی از سمت راست می‌گذرد و پس از E به صورت ضعیفتری به C می‌رسد که عامل حمل ماسه می‌باشد. پشته مئاندری تا حد زیادی خصوصیات مئاندر بالادستی را نشان می‌دهد با این تفاوت که عبور یک شاخه ضعیف از وسط دست سیلابی خصوصیات پشته را به حالت بریده‌بریده نزدیک کرده است. در نتیجه نمونه A و C بسیار متفاوتند و نمونه E درشت‌تر از آنچه انتظار می‌رفت. در پشته مستقیم، A، B و D نزدیک به رودخانه و عمدتاً گراولی، و گراول C نسبت به E بخاطر نزدیکی به رودخانه هفت برابر است (شکل ۶).



شکل ۶: نمودار مثلث فولک با سه رأس گراول، ماسه و گل ترسیم شده برای پشته‌های مختلف رودخانه‌ای منطقه

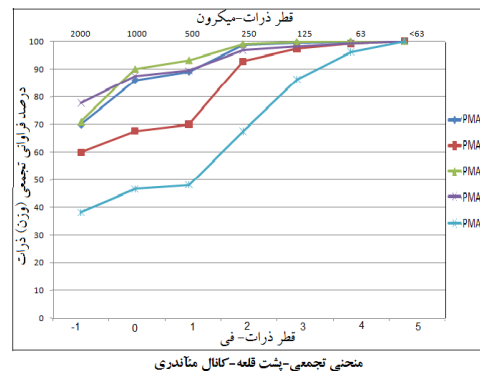
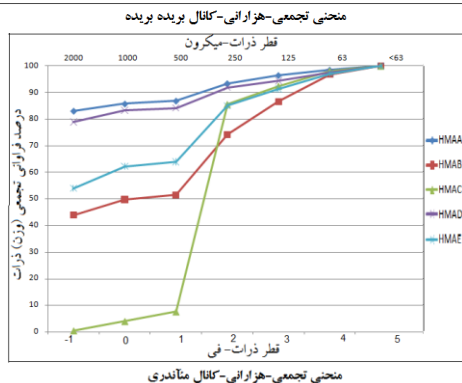
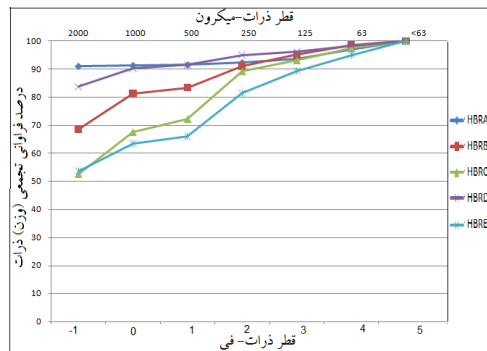
هیستوگرام: هیستوگرام فراوانی نسبی اندازه ذرات را نشان می‌دهد، تعدد مراکز تجمع در هیستوگرام (مدها) نشان‌دهنده جور نبودن رسوبات و نیز تعدد منشا آن‌ها است. بنابراین اگر هیستوگرامی دارای دو مد باشد ممکن است رسوب از دو منشاء سرچشمه گرفته باشد (موسوی‌حرمی، ۵۹، ۱۳۷۰-۵۷). شکل ۷ هیستوگرام پشته‌های مختلف را به تفکیک نشان می‌دهد که در گوشه بالا سمت راست آن‌ها منحنی توزیع درصد فراوانی آورده شده که از متصل کردن نقطه وسط نمودارها بدست می‌آید. مشاهده می‌شود که هیچ یک از نمونه‌ها یونی مدال نیست و همه نمونه‌ها در کنار یک مد گراولی یک یا چند مد در بخش‌های دیگر نمودار از جمله ماسه متوسط دانه و بعضاً ماسه بسیار درشت نشان می‌دهند. نمودارهای منطقه پشت‌قلعه سه مد در گراول، ماسه بسیار درشت، ماسه متوسط نشان می‌دهند. رسوبات کانال بریده‌بریده به لحاظ درصد پایین گل جورشدگی بیشتری نشان می‌دهند و رسوبات کانال مستقیم جورشدگی پایین‌تری دارند

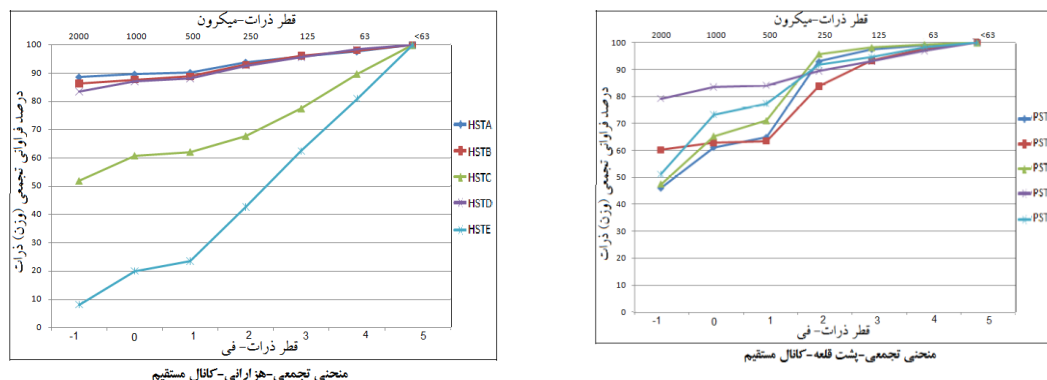


شکل ۷: هیستوگرام و منحنی توزیع عادی ذرات برای نمونه‌های مختلف هر پشته

همچنین در کانال مئاندردی در قسمت E یک مد در گراول و یک مد گسترده در قسمت ریزدانه وجود دارد. در منطقه پایین‌دست (هزارانی) جز در کانال بریده‌بریده که شبیه به کانال مشابه بالادست خود است (با این تفاوت که جورشدگی بیشتری نشان میدهد)، روند هیستوگرام‌های بالادست دیده نمی‌شود. در قسمت C کانال مئاندردی مد از گراول به ماسه متوسط و در کانال مستقیم در قسمت E مد به رسوبات ریزدانه منتقل شده است. دو مد داشتن در پشته‌های دو کانال محسوس است. منحنی‌های توزیع درصد فراوانی نشان می‌دهند که ذرات در هیچ‌یک از نمونه‌ها (غیر از نمونه C در کانال مئاندردی هزارانی) از توزیعی یکنواخت برخوردار نیست و بنابراین شکل منحنی با توزیع زنگوله‌ای فاصله دارد و به صورت نامتقارن درآمد است و به یک سمت دچار کج‌شدگی شده است. دنباله منحنی به سمت رسوبات ریزدانه کشیده شده است. از طرفی منحنی‌ها کشیدگی کمتر و پهن‌شدگی بیشتری دارند که نشان‌دهنده پراکندگی ذرات و جورشدگی پایین‌تر نمونه‌هاست.

منحنی فراوانی تجمعی: این منحنی از روی درصد تجمعی رسوبات رسم می‌شوند و شیب آن جورشدگی رسوبات را نشان می‌دهد. منحنی با شیب زیاد نشان از انحراف معیار کمتر و جورشدگی بهتر رسوب است و بالعکس. همچنین اگر ذرات از نظر اندازه در گروه‌های مختلف قرار گیرند، شکستگی در منحنی ایجاد می‌شود (موسوی‌حرمی، ۱۳۷۰، ۶۶-۶۴). حالتی که درصد ذرات درشت بیشتر باشد منحنی موازی محور X خواهد شد که شکل آن را سهمی یا پارابولیک می‌نامند و مربوط به محیطی است مانند رودخانه که برای مدت کمی انرژی زیاد بوده و رسوبات جورشدگی کمی دارند و حالتی که منحنی در یک بخش از رسوب دارای شیب تند باشد را لگاریتمی می‌نامند یعنی انرژی بصورت پیوسته بالا بوده و رسوبات به خوبی جورشدگی یافته‌اند (اهری پور و مصدق، ۱۳۸۵، ۶۴-۶۳). شکل ۸ منحنی‌های فراوانی تجمعی مربوط به کانال‌های مورد مطالعه است که هر دو نوع سهمی و لگاریتمی را نشان می‌دهد. همچنین تمام نمودارها دو الی سه شکستگی دارند. در اینجا نیز منحنی‌های قسمت‌های مختلف یک پشته بریده‌بریده با قرینه خود در بخش دیگر رودخانه مشابیهت دارد، تنها فراوانی ریزدانه‌ها سبب افزایش شیب منحنی در کانال بریده‌بریده هزارانی شده است. کانال متاندری منطقه پشت‌قلعه بیانگر انرژی بیشتر محیط با جورشدگی بدتر و در منطقه هزارانی بخصوص در نمونه C نشان از جورشدگی بیشتر دارد و سه جامعه کاملاً مشخص در منحنی پیداست. همچنین می‌توان شباهت بین منحنی‌های هزارانی متاندری و بریده‌بریده را مشاهده کرد تنها نمونه C به سبب وجود یک انشعاب از جریان اصلی که متاندر را قطع کرده و روی بافت رسوب تأثیر گذاشته، تفاوت ایجاد کرده است. کانال‌های مستقیم دو منطقه از این نظر شکلی متفاوت دارند. نمونه‌های کانال مستقیم پشت‌قلعه شیب ملایمی دارند اما در کانال مستقیم منطقه هزارانی فراوانی ذرات ریزتر در قسمت‌های رو به خشکی و انتهایی کانال شکل نمودار را پرشیب‌تر و به حالت لگاریتمی نزدیک کرده است. با این وجود E ذرات ریزتری نسبت به C دارد که احتمالاً به سبب نزدیکی C به رودخانه و درشت‌تر شدن ذرات و نیز نقش دامنه کناری E در تغذیه ذرات ریز است.





شکل ۸: منحنی تجمعی اندازه و درصد وزن ذرات بر حسب مقیاس حسابی

به منظور کمی نمودن توصیفات ارائه شده پیرامون اندازه رسوبات، جورشدگی و ... می‌توان این پارامترها را به صورت کمی با تفسیر آن‌ها نشان داد که معیار مناسب‌تری برای تشخیص شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود میان نمونه‌ها است.

پارامترهای آماری: برای ارزشیابی نمونه‌ها پس از تعیین اندازه آن‌ها، به منظور بررسی بیشتر و تعیین جورشدگی و فراوانی اندازه ذرات می‌توان از پارامترهای آماری نظیر میانگین، جور شدگی، کج شدگی و کشیدگی به دو روش ترسیمی و لحظه‌ای استفاده کرد. متوسط اندازه ذرات با میانگین، میانه و مد بیان می‌شود. که از روی هیستوگرام و مثلث فولک قابل تشخیص است. جورشدگی رسوبات که عبارتست از اینکه ذرات تا چه اندازه به هم نزدیک هستند و کج شدگی نشان‌دهنده نامتجانس بودن توزیع ذرات است که می‌تواند با توجه به دنباله منحنی مشخص می‌شود. کشیدگی نیز در مورد اندازه و جورشدگی برای تفسیر محیط رسوبی اطلاعات می‌دهد. جدول ۴ این پارامترها به‌همراه تفسیر آن‌ها است.

جدول ۴: پارامترهای آماری رسوب به روش ترسیمی (فولک و وارد، ۱۹۵۷) بر اساس مقیاس فی و تفسیر آن‌ها

| کد نمونه | میانگین (\bar{X}) | تفسیر متوسط اندازه دانه | جور شدگی (σ) | تفسیر یکنواختی اندازه دانه | کج شدگی SK | تفسیر دنباله منحنی به سمت ریز + یا درشت- | کشیدگی K | تفسیر پهنی یا نوک تیزی منحنی |
|----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|------------|--|----------|------------------------------|
| PBRA | -۱/۴۱ | گراول بسیار ریز | ۰/۵۰ | خوب | ۰/۲۳ | بسمت ریزدانه | ۱/۳۵ | کشیده |
| PBRB | -۱/۱۸ | گراول بسیار ریز | ۰/۸۹ | متوسط | ۰/۵۲ | خیلی بسمت ریزدانه | ۲/۲۲ | خیلی کشیده |
| PBRC | -۰/۶۳ | ماسه بسیار درشت | ۱/۳۰ | بد یا ضعیف | ۰/۶۳ | خیلی بسمت ریزدانه | ۱/۱۹ | کشیده |
| PBRD | -۱/۱۰ | گراول بسیار ریز | ۰/۹۱ | متوسط | ۰/۴۹ | خیلی بسمت ریزدانه | ۱/۵۷ | خیلی کشیده |
| PBRE | -۱/۳۴ | گراول بسیار ریز | ۰/۵۳ | متوسط خوب | ۰/۲۸ | بسمت ریزدانه | ۱/۲۸ | کشیده |
| PMEA | -۱/۰۶ | گراول بسیار ریز | ۰/۹۵ | متوسط | ۰/۵۳ | خیلی بسمت ریزدانه | ۱/۵۲ | خیلی کشیده |
| PMEB | -۰/۴۳ | ماسه بسیار درشت | ۱/۵۱ | بد یا ضعیف | ۰/۶۶ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۵ | خیلی پهن |
| PMEC | -۱/۱۳ | گراول بسیار ریز | ۰/۸۶ | متوسط | ۰/۴۸ | خیلی بسمت ریزدانه | ۱/۵۵ | خیلی کشیده |
| PMED | -۱/۱۷ | گراول بسیار ریز | ۰/۹۲ | متوسط | ۰/۵۹ | خیلی بسمت ریزدانه | ۲/۳۵ | خیلی کشیده |
| PMEE | ۰/۸۰ | ماسه درشت | ۱/۹۹ | بد یا ضعیف | -۰/۱۲ | بسمت درشت دانه | ۰/۶۳ | خیلی پهن |
| PSTA | -۰/۲۴ | ماسه بسیار درشت | ۱/۴۹ | بد یا ضعیف | ۰/۴۶ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۳ | خیلی پهن |
| PSTB | -۰/۲۹ | ماسه بسیار درشت | ۱/۴۷ | بد یا ضعیف | ۰/۷۱ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۹ | پهن |
| PSTC | -۰/۳۳ | ماسه بسیار درشت | ۱/۳۸ | بد یا ضعیف | ۰/۴۸ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۱ | خیلی پهن |
| PSTD | -۰/۸۱ | ماسه بسیار درشت | ۱/۴۶ | بد یا ضعیف | ۰/۷۳ | خیلی بسمت ریزدانه | ۳/۵۳ | بینهایت کشیده |
| PSTE | -۰/۴۲ | ماسه بسیار درشت | ۱/۵۵ | بد یا ضعیف | ۰/۶۱ | خیلی بسمت ریزدانه | ۱/۰۶ | متوسط کشیده |
| HBRA | -۱/۴۵ | گراول بسیار ریز | ۱ | متوسط | ۰/۴۱ | خیلی بسمت ریزدانه | ۳/۹۷ | بینهایت کشیده |

| | | | | | | | | |
|---------------|------|-------------------|-------|-----------------|------|-----------------|-------|------|
| خیلی کشیده | ۱/۷۵ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۹ | بد یا ضعیف | ۱/۴۵ | ماسه بسیار درشت | -۰/۶۵ | HBRB |
| پهن | ۰/۸۱ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۵ | بد یا ضعیف | ۱/۶۵ | ماسه بسیار درشت | -۰/۳۵ | HBRC |
| خیلی کشیده | ۲/۷۲ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۳۸ | متوسط | ۰/۸۱ | گراول بسیار ریز | -۱/۳۹ | HBRD |
| پهن | ۰/۷۷ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۷۰ | بد یا ضعیف | ۱/۹۰ | ماسه بسیار درشت | ۱/۱۵ | HBRE |
| بینهایت کشیده | ۳/۰۴ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۵۲ | متوسط | ۰/۹۶ | گراول بسیار ریز | ۱/۲۹ | HMEA |
| خیلی پهن | ۰/۶۷ | بسمت ریزدانه | ۰/۵۲ | ضعیف | ۱/۹۷ | ماسه درشت | ۰/۴۳ | HMEB |
| خیلی کشیده | ۲/۰۴ | مقارن | ۰/۰۹ | متوسط | ۰/۷۰ | ماسه متوسط | ۱/۵۴ | HMEC |
| بینهایت کشیده | ۳/۳۱ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۷۲ | ضعیف | ۱/۴۳ | ماسه بسیار درشت | ۰/۷۹ | HMED |
| پهن | ۰/۷۴ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۶۸ | ضعیف | ۱/۷۵ | ماسه بسیار درشت | ۰/۲۸ | HMEE |
| بینهایت کشیده | ۳/۲۴ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۳۹ | متوسط | ۰/۸۷ | گراول بسیار ریز | -۱/۴۴ | HSTA |
| بینهایت کشیده | ۳/۲۴ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۳۹ | متوسط | ۰/۸۹ | گراول بسیار ریز | -۱/۴۲ | HSTB |
| پهن | ۰/۷۶ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۷۷ | خیلی بد یا ضعیف | ۲/۵۱ | ماسه درشت | ۰/۲۶ | HSTC |
| بینهایت کشیده | ۳/۲۳ | خیلی بسمت ریزدانه | ۰/۴۵ | متوسط | ۰/۹۵ | گراول بسیار ریز | -۱/۳۶ | HSTD |
| کشیده | ۱/۳۲ | مقارن | ۰/۰۰۴ | خیلی بد یا ضعیف | ۲/۵۰ | ماسه ریز | ۲/۱۵ | HSTE |

نتیجه گیری

با مقایسه پشته‌های دو مقطع رودخانه آبدانان به ترتیب در سه الگوی بریده‌بریده، متآندری و مستقیم از نظر پارامترهای آماری رسوب نتایج زیر به دست آمد:

۱) کانال بریده‌بریده: در پشت قلعه از شمال به جنوب پشته، بافت رسوب به ترتیب از گراول خوب و متوسط جور شده به ماسه با جورشدگی بد متغیر است به این دلیل که پشته از دو طرف به وسیله رودخانه مورد شستشو قرار می‌گیرد و ذرات ریزدانه در انتهای پشته رسوب داده می‌شوند. و از سمت رو به رودخانه به طرف رو به ساحل، از گراول متوسط به گراول نسبتاً خوب جور شده تغییر می‌یابد که تأثیر جریان ضعیف‌تر و غیر دائمی طرف رو به ساحل را در بردن ذرات ریز و بجا گذاشتن ذرات درشت‌تر نشان می‌دهد. در پشته نمونه برداری شده از کانال بریده‌بریده هزارانی اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب و از شرق (رو به کانال اصلی) به غرب (رو به کانال فرعی) یک الگوی یکسان را متشکل از گراول با جورشدگی متوسط تا ماسه با جورشدگی ضعیف نشان می‌دهد که نسبت به کانال بالا دست و هم نام خود، با یک الگوی بریده‌بریده شباهت بیشتری دارد. زیرا دو طرف پشته توسط جریان دائمی تحت تأثیر است. گرچه در اینجا جریان در طرف رو به کانال قوی‌تر و ذرات ریز را بیشتر شستشو داده است.

۲) کانال متآندری: پشته پوینت بار منطقه پشت قلعه در بخش شمالی و جنوبی به سبب قرار گیری در مسیر انحراف و شسته شدگی بیشتر توسط آب، دارای بافت گراولی با جورشدگی متوسط است و در قسمت میانی به سبب دوری از آب، بافت به ماسه با جورشدگی ضعیف تبدیل می‌شود و تقریباً همین الگوی بافت و اندازه به صورت عرضی نیز تکرار شده با این تفاوت که قسمت دشت سیلابی به سبب وجود ذرات ریز و درشت، بافت رسوب جورشدگی ضعیفی دارد. ذرات درشت در این قسمت حاصل مسیر انشعابی هستند که در زمان وقوع سیلاب، دشت سیلابی را قطع کرده که در صورت نبود آن ذرات می‌بایست بافتی ریز دانه با جورشدگی مناسب داشته باشند. صرف نظر از این امر الگوی رسوبی این قسمت با الگوی رسوبی یک متآندر همخوانی دارد. در قسمت پایین دست، کانال متآندری هزارانی با پیچشی بیشتر از متآندر بالا دست قرار

دارد. در این متاندر نیز همانند همتای بالا دست خود یک جریان فرعی اما قوی در زمان وقوع سیلاب، دشت سیلابی را قطع کرده و همین امر الگوی رسوبات را بشدت تحت تأثیر قرار داده تا حدی که الگوی اندازه و بافت رسوب بیشتر به کانال‌های بریده‌بریده نزدیک شده تا الگوی یک متاندر. از شمال به جنوب نظم در رسوبات وجود دارد و تغییر از گراول با جورشدگی متوسط به ماسه درشت و ریز با جورشدگی ضعیف به لحاظ حضور ذرات ریز دانه در انتهای کانال و نیز شستشوی انتهای کانال از دو سمت دیده می‌شود. از سمت کانال به سمت ساحل نیز تغییر بصورت ماسه بسیاردرشت در دو طرف و ماسه درشت در وسط است که همگی جورشدگی ضعیفی دارند.

(۳) کانال مستقیم: در منطقه پشت قلعه کانال یک مسیر کوتاه مستقیم دارد که میانگین اندازه ذرات آن ماسه بسیار درشت و بافت رسوب در تمام نقاط برداشت شده دارای جورشدگی ضعیف است. این الگو تأثیر ضعیف‌تر شدن جریان اصلی و تغذیه رسوبات ریز دانه ناشی از شستشوی ذرات ریز دانه از دامنه کناری در هنگام وقوع سیل را با توجه به بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد. الگوی رسوب در کانال مستقیم منطقه هزارانی از شمال به جنوب گراول با جورشدگی متوسط تا ماسه درشت با جورشدگی خیلی ضعیف است و از رودخانه به سمت ساحل نیز همین الگو اما با جایگزینی ماسه ریزتر تحت تأثیر دوری از رودخانه و نزدیکی به دامنه کناری دیده می‌شود که از این نظر با کانال مستقیم بالادست شباهت‌هایی دارد. تفاوت‌های رسوبی مشاهده شده به سبب وجود انشعاب‌هایی از جریان اصلی، سیلاب‌های دوره‌ای رودخانه آبدانان و تغذیه رسوبات دامنه کناری رودخانه در تغییر بافت و اندازه رسوب است که این تغییرات در نمونه‌های به دست آمده از هزارانی در کانال مئاندری به سبب وجود جریان‌ات فرعی و در کانال مستقیم آن به سبب رسوبات دامنه کناری مشهود است. بطور کلی در بازه بالادست (پشت قلعه) اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب از گراول با جورشدگی خوب تا متوسط به ماسه با جورشدگی ضعیف تغییر می‌کند. و در بازه پایین دست (هزارانی) اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب الگوی بالادست را نشان نمی‌دهد که تأثیر جریان‌های انشعابی و سیلاب را در بهم ریختن الگوی رسوب و افزایش گراول می‌توان مشاهده نمود.

منابع

- اهری‌پور، رضا؛ مصدق، حسین، ۱۳۸۵، مبانی رسوب‌شناسی، چاپ اول، سازمان آموزشی و انتشاراتی علوی، تهران.
- پارسا، حمیدرضا، ۱۳۷۸، طرح اکتشاف نیمه‌تفصیلی گوگرد مورموری آبدانان. وزارت معادن و فلزات، ایلام.
- جندقی، نادر؛ اونق، مجید؛ بیرودیان، نادر و همکاران، ۱۳۸۳، مقایسه گرانولومتری و تیپ سه جریان سیلابی در حوزه آبخیز زیارت گرگان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره دوم، صص ۲۹-۴۲.
- چورلی، ریچارد. جی؛ شوم، استنلی. ای؛ سون، دیوید. ای، ۱۹۸۵، ژئومورفولوژی (فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی)، جلد سوم، ترجمه احمد معتمد و ابراهیم مقیمی (۱۳۷۹)، انتشارات سمت، تهران.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ جباری، ایرج؛ پیروزی‌نژاد، نوشین، ۱۳۹۵، بررسی الگوهای رودخانه‌ای مئاندری، شریانی و آنابرنچینگ با استفاده از شاخص‌های شریانی و خمیدگی در رودخانه گاماسیاب، پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز، سال هفتم، شماره ۱۳، صص ۲۷۲-۲۸۳.
- رستمی‌زاده قاسم؛ موسوی‌حرمی، رضا؛ محبوبی، اسدالله، ۱۳۸۶، شناسایی فرایندهای مؤثر در پیوستگی رسوبی و تغییرات بافتی در رسوبات رودخانه‌ای حوزه آبریز بیدواز-شرق اسفراین، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۱، صص

- فیض‌نیا، سادات؛ احمدی، حسن؛ یونس‌زاده‌جلیلی، سهیلا و همکاران، ۱۳۹۱، بررسی حجم و پارامترهای آماری رسوب‌شناسی در آبراهه‌های بالادست اتوبان تهران-قزوین، واقع در حوزه آبخیز خور و سفیدارک، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۹، شماره ۲، صص ۲۴۴-۲۶۳.
- موسوی‌حرمی، رضا، ۱۳۷۰، رسوب‌شناسی، چاپ دوم، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- مهندسین مشاور امکو ایران (۱۳۷۲). طرح مطالعات اسکان جمعیت تا سال ۹۰ در استان ایلام، مطالعات طبیعی و محیطی، تجزیه و تحلیل مطالعات. اداره کل مسکن و شهرسازی استان ایلام.
- مهندسین مشاور ایران کانش (۱۳۷۹). طرح پتانسیل یابی مواد معدنی دره‌شهر-آبدانان. وزارت معادن و فلزات، معاونت طرح و برنامه، اداره کل معادن و فلزات استان ایلام.
- مهندسین مشاور پویا نقش شهر و بنا (۱۳۸۸). طرح جامع شهر آبدانان جلد اول (مطالعات وضع موجود)، سازمان مسکن و شهرسازی استان ایلام.
- Charlton, R., 2007, *Fundamentals of fluvial geomorphology*, Taylor & Francis e-Library, 2nd Revised edition, London, United Kingdom, pp.1-320
- Church, M., 2006. *Bed material transport and the morphology of alluvial river*, *The annual review of channels*, *Earth and Planetary Science*, 34, pp.325-54.
- Folk, R.L., 1954, *The distribution between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature: jour. Geol.*, 62, pp.344-359.
- Folk, R.L and Ward, W.C., 1957. *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sediment Petrology*. 27(1), pp.3-26.
- Guerit1, L., Barrier, L., Nartreau, F. and Et AL., 2014, *The Grain-size Patchiness of Braided Gravel-Bed Streams – example of the Urumqi River (northeast Tian Shan, China)*, *Advances of Geosciences*, 37, pp.27-39.
- Leng, L. and Zhang, Y., 2016. *Spatial models of river channel planforms in gographic information system. Journal of Social Sciences*, 4(3), pp.48-53.
- Leopold, L.B. and Wolman, M.G., 1957, *River channel patterns: braided, meandering, and straight*, *U.S. Geological survey prof, Government printing office*, 47, pp.39-85.
- Makaske, B., 2001. *Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products*, *Earth-Science Reviews*, 53(3-4), pp.149-196.
- Meshkova, L.V. and Carling, P.A., 2012, *The geomorphological characteristics of the Mekong River in northern Cambodia: A mixed bedrock-alluvial multi-channel network*, *journal of Geomorphology*, 147-148, pp.2-17.
- Remo, J.W.f., Heine, R.A. and Ickes, B, S., 2016. *Particle size distribution of main-channel-bed sediments along the upper Mississippi River, USA*, *journal of Geomorphology*, 264, pp.118-131.
- Rosgen, D.L., 1994, *A classification of natural rivers*, *Journal of Catena*, 22(3), pp.169-199.
- Rust, B.R., 1977. *A classification of alluvial channel systems*. In: Miall, A.D., Ed., *Fluvial sedimentology*, *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 5, 187-198.

- Schumm, S. A., 1981. *Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications*, *The society of economic paleontologists and mineralogists (SEPM), Spec. Publ*, 10(31), pp.19-29.
- Simon, A., Doyle, M., Kondofl, M. and Et Al, 2005. "Howwell do the Rosgen classification and associated 'natural channel design' methods integrate and quantify fluvial processes and channel response, *World water and environmental resources congress*, Anchorage, Alaska, United States, 12, pp. 584-595.
- Singh, M., Singh, I.B. and Müller, G., 2007, *Sediment characteristics and transportation dynamics of the Ganga river*, *journal of Geomorphology*, 86, pp.144-175.
- Smith, N.D., 1970. *The Braided Stream Depositional Environment: Comparison of the Platte River with Some Silurian Clastic Rocks, North-Central Appalachians*, *Geological society of America bulletin*, 81(10), pp.2993-3013.