نشریه علمی ـ پژوهشی رخساره‌های رسوبی
پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ۶ (۲): ۱۸۶-۲۰۱

Sedimentary Facies
Autumn 2013/Winter 2014, 6 (2): 186-201

شناخت الگوی کانال رودخانه خررود (جنوب استان قزوین) بر اساس شاخصهای ریخت شناسی و رسوب شناسی

سعید خدابخش[1*] ، مژگان حسام زاده[2]

۱ـ دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۲ـ کارشناس ارشد رسوب شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

*پست الکترونیک: skhodabakhsh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۳**

چکیده

حوضه آبریز رودخانه خررود با مساحت ۵۵۰۰ کیلومتر مربع در جنوب استان قزوین واقع شده است. بیشینه و کمینه ارتفاع این حوضه از سطح دریا به ترتیب ۱۶۸۰ و ۱۲۰۰ متر بوده و در پهنه ساختاری ـ رسوبی ایران مرکزی قرار گرفته است. در این پژوهش، نوع این رودخانه بر اساس شاخصهای ریخت شناسی و رسوب شناسی مورد بررسی قرار گرفته است. شاخصهای کمی ریخت شناسی استفاده شده شامل پیچش، نسبت پهنا به عمق، نسبت گودافتادگی بستر، شیب کانال، زاویه مرکزی قوس و نسبت انشعاب می‌باشند؛ همچنین برخی شاخصهای کیفی مانند نوع پیچش نیز در تفسیر به کار گرفته شده‌اند. رودخانه خررود در بخش شمال غربی (پیش از تلاقی با شاخه شورابه) شامل دو تیپ F و B (هر دو تیپ تک کانال و با پیچش بیش از ۱/۵) می‌باشد؛ بستر آن ماسه‌ای و دارای رخساره‌های نوع Sh، St و Sr است. در بخش میانی (پس از ورود شاخه شورابه) رودخانه به صورت چند کانالی تغییر می‌یابد (تیپ D با میانگین نسبت انشعاب ۳/۷۳، بستر گراولی و رخساره‌های Gms و Gm). به سمت پایین دست (بخش شرقی) بار دیگر رودخانه به صورت تک کانالی (تیپ C با رخساره‌های Gms، St و Sh) دیده می‌شود. ویژگیهای بافتی رسوبات تیپهای تک کانال (F، B و C) مشابه یکدیگر و با تیپ چند کانال (تیپ D) متفاوت است.

واژه‌های کلیدی: خررود، قزوین، ریخت شناسی، الگوی رودخانه.

مقدمه

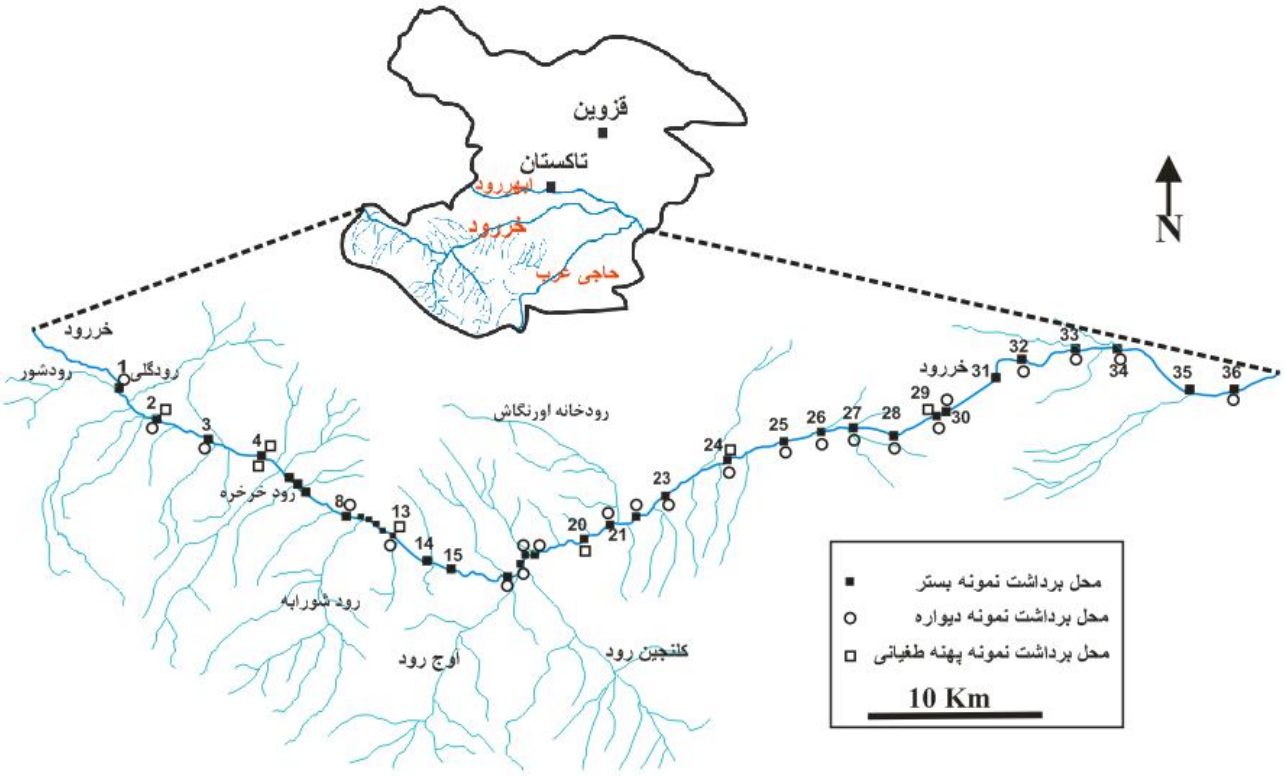
رودخانه‌ها شریانهای حیاتی هر کشورند که علاوه بر کاربریهای فراوانی که در جوامع بشری دارند، گاهی دارای مخاطراتی نیز می‌باشند. با توجه به اهمیت این منابع آب سطحی، طبقه‌بندی آنها جهت پیش‌بینی رفتار هیدرولوژیکی و بهره‌برداری بهینه از آنها بسیار مهم است. مهمترین طبقه‌بندیها در این زمینه بر مبنای ویژگیهای ریخت شناسی و بافت رسوبات آنهاست. طبقه‌بندیهای اولیه به صورت کیفی ویا نیمه کمی ارائه شده‌اند؛ از آن جمله طبقه‌بندی Leopold & Wolman (1957)، Lane (1957)، Shumm (1963) و Cullbertson *et al.* (1967) قابل ذکر است. اولین

طبقه‌بندیهای کمی توسط Khan (1971) و Shumm (1963, 1977, 1985) بر مبنای برخی شاخصهای هندسی مانند پیچش، شیب، ابعاد و الگوی کانال بنا نهاده شده است. در همین راستا برخی مطالعات موردی نیز در مورد شاخصهای ریخت شناسی رودخانه‌ها صورت گرفته است (Church & Rood, 1983؛ Pickup, 1984؛ Selby, 1985). جامعترین روش کمی و کیفی ارائه شده در مورد طبقه‌بندی ریخت شناختی رودخانه‌ها توسط Rosgen (1994) ارائه شده است. مهمترین ویژگی طبقه‌بندی اخیر کمی بودن تمام شاخصهای آن است که به طبقه‌بندی و مقایسه دقیق و با کمترین خطای کارشناسی در مورد رودخانه‌ها منجر می‌گردد. با وجود این که پژوهشهای جدیدتر در زمینه طبقه‌بندی رودخانه وجود دارند (Gudie, 2004؛ Kostic *et al*., 2005؛ Garde, 2006)، آنها بیشتر رده‌بندی را در قالب توصیفی انجام داده‌اند. از این رو در این پژوهش علاوه بر روش Rosgen (1994) به عنوان روش اصلی، از برخی شاخصهای دیگر مانند اندیس انشعاب و زاویه مرکزی پیچش استفاده شده است.

پژوهش بر روی رودخانه‌های کشور بر اساس روشهای اشاره شده به شناخت رفتار آنها (به ویژه هنگام سیلاب) و بهره‌برداری بهینه از آنها می‌انجامد و بسیار مهم است. با توجه به این که رودخانه خررود و شاخه‌های فرعی آن مهم‌ترین رودخانه جنوب استان قزوین به شمار می‌رود و سازه‌های عمرانی مهمی بر روی آن و یا در کنار آن قرار دارند (سد نهب در پایین دست رودخانه، جاده‌های قزوین ـ همدان و جاده آبگرم ـ خرقان، قرار گرفتن چندین دهنه پل و سیل‌بند در تقاطع این جاده‌ها و رودخانه)، این پژوهش با استفاده از روشهای اشاره شده، در قالب یک طرح پژوهشی (خدابخش و همکاران، ۱۳۹۱) بر روی این رودخانه انجام گرفته است.

موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه خررود در استان قزوین است. مساحت کل حوضه خررود ۵۵۰۰ کیلومتر مربع است که برمبنای نقشه اتوکد استان قزوین، ۴۱۳۳ کیلومتر مربع آن در این استان واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از نظر جغرافیایی در "۵۰ '۴۵ °۴۸ طول شرقی و "۴۵ '۳۵ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. طول رودخانه خررود ۲۱۷ کیلومتر، شیب میانگین آن در ناحیه کوهستانی ۱٪ و در ناحیه دشتی ۰/۲٪ می‌باشد (آبساران مهندسین مشاور، ۱۳۸۸). میانگین ارتفاع حوضه آبریز ۱۴۳۵ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد (آبساران مهندسین مشاور، ۱۳۸۸). بیشینه و کمینه ارتفاع منطقه به ترتیب ۱۶۵۰ و ۱۲۸۰ متر می‌باشد (حسام‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). بر اساس نقشه‌های زمین شناسی منطقه (Bolourchi & Hajian, 1979؛ Eghlimi, 2000؛ Yousefi, 2000) بخش شرقی رودخانه در رسوبات کواترنری و بخش غربی در واحدهای سنگی رسوبی (عمدتاً نئوژن و بقیه واحدهای پالئوزوییک و مزوزوییک) و آذرین (واحد کرتاسه و سازند کرج) جریان دارد. رودخانه خررود از شاخه‌های رود شور (بخشی از حوضه بزرگ دریاچه نمک از حوضه آبریز مرکزی ایران) است. این رودخانه فصلی با بستر آبرفتی است و از کوه‌های جنوب استان زنجان سرچشمه می‌گیرد. در ابتدای ورود به استان قزوین در یک منطقه جلگه‌ای و به سوی جنوب شرق جریان دارد. سپس در آبگرم وارد یک منطقه کوهستانی می‌گردد؛ پس از عبور از این شهر با رودخانه آوج تلاقی می‌نماید. در این محل جهت مسیر حرکت این رودخانه به شمال شرق تغییر می‌یابد و به ترتیب شاخه‌های کلنجین رود، ابهررود و حاجی‌عرب به آن می‌پیوندند.



شکل۱: موقعیت حوضه خررود و ایستگاههای نمونه برداری

اهداف و روشها

هدف اصلی این پژوهش تفکیک تیپ رودخانه خررود بر مبنای شاخصهای ریخت شناسی و رسوب شناسی است. شاخصهای ریخت شناسی با استفاده از روشهای Rosgen (1994) و Brice (1984) محاسبه شده و رخسارههای رسوبی به روش Miall (1996, 2000) توصیف شدهاند. دادههای کمی ریخت شناسی شامل شیب بستر، نیمرخ طولی و عرضی، ضریب سینوسی شدن، طول موج، نسبت پهنا به عمق و اندیس انشعاب میباشند. برخی از دادههای ریخت شناسی رودخانه و فیزیوگرافی حوضه از نقشههای توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (نقشه کبودرآهنگ، ورقه ۳۴، زون ۳۹، نقشه ساوه، ورقه ۳۵، زون۳۹) و مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (نقشه حصار ولیعصر با شماره IV ۵۸۶۱، نقشه ضیاءآباد با شماره I ۵۸۶۱، نقشه دانسفهان با شماره IV ۵۹۶۱، نقشه آوج با شماره III ۵۸۶۱) و نقشههای زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (Bolourchi & Hajian, 1979؛ Eghlimi., 2000؛ Yousefi., 2000) استفاده شده است. سایر شاخصها از تصاویر ماهوارهای (Spot 2011) و پلانهای تهیه شده از برداشتهای صحرایی به دست آمدهاند. برداشتهای صحرایی و نمونهبرداری به فاصله میانگین ۲ کیلومتر از بستر، دیواره، پهنه سیلابی و برخی عوارض داخل کانال (مانند پشته) بوده است (شکل ۱). بررسی بافت رسوبات پس از حذف مواد آلی توسط آب اکسیژنه ۱۰ درصد (ارزانی، ۱۳۸۰) با روشهای غربال (به فاصله ۱ فی)، پیپت و دانه سنجی لیزری (Laser particle size analyser Fritsch A22 Compact) در گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا انجام شده است. ترسیم نمودارها و نقشهها با استفاده از نرم افزارهای Excel، Corel DRAW، ArcGIS، Arcview و ArcGIS انجام گردیده است.

تعیین تیپ (نوع) رودخانه

در روش طبقه‌بندی Rosgen (1994)، نوع رودخانه‌ها بر مبنای شاخصهای کمی و کیفی ریخت شناسی و بافت رسوبات تعیین می‌شود (جدولهای ۱ و ۲ و شکل ۲). برای توصیف دقیق‌تر رودخانه مورد مطالعه از شاخصهای تکمیلی دیگر مانند طول موج و اندیس انشعاب (Brice, 1964؛ Friend & Sinha, 1993) نیز استفاده شده است. ابتدا دامنه تغییرات مهمترین شاخصها توضیح داده می‌شوند و سپس با تلفیق آنها با رخساره‌های رسوبی نوع رودخانه تعیین می‌شود.

پیچش

پیچش نمایانگر نسبت طول قوس رودخانه (d) به طول موج مئاندر (ḋ) می‌باشد (جدول ۲). در ایستگاههای ۱ تا ۱۶ میزان پیچش بیشتر از ۱/۵ بوده و پس از ورود شاخه شورابه میزان پیچش کاهش می‌یابد (شکل ۳). در ایستگاههای ۱۱ و ۱۲ پیچش دو مرحله‌ای وجود دارد که احتمالاً نتیجه تداخل دو شاخه فرعی با دو تیپ متفاوت رودخانه در این محدوده است. یک معیار تفکیک رودخانه مستقیم از مئاندری، استفاده از زاویه مرکزی پیچش (سنگین آبادی و همکاران، ۱۳۸۵) است. از این نظر نزدیک به ۵۶ درصد از طول رودخانه (شامل تیپهای D و C) در رده مستقیم و یا مئاندر توسعه نیافته قرار می‌گیرد. در بقیه بازه‌ها، رودخانه از نوع مئاندر توسعه یافته (تیپهای B و F) است (شکل ۴ الف و ب).

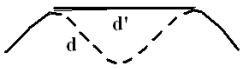
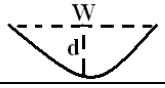
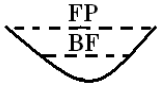
نسبت پهنا به عمق

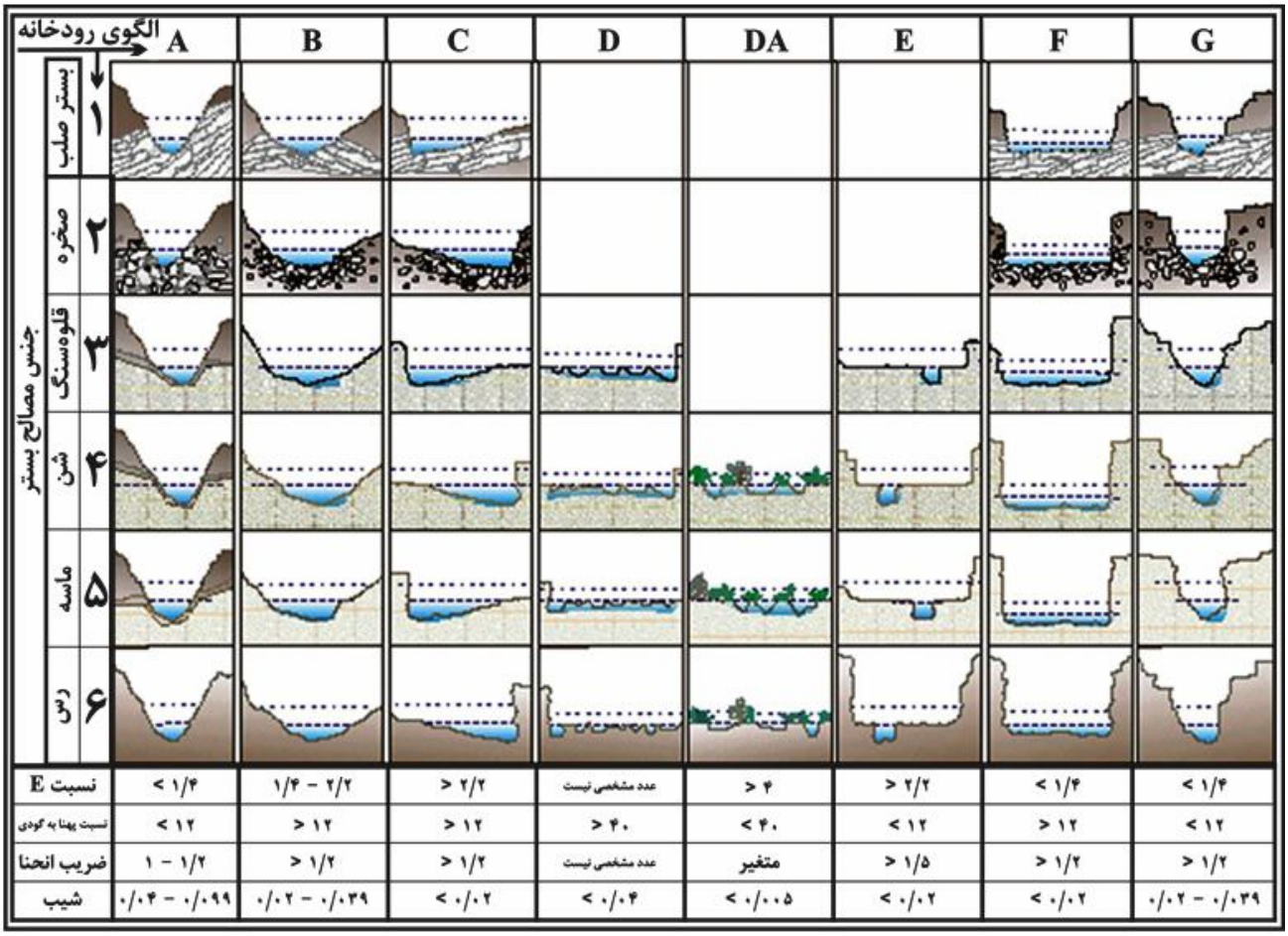
نسبت پهنا به عمق از تقسیم پهنای کانال به ژرفای کانال در حالت بیشینه دبی تعریف می‌شود. رودخانه‌های با مقادیر کمتر از ۱۲ در رده کم پهنا قرار می‌گیرند. در صورتی که این نسبت بیش‌تر از ۱۲ باشد رودخانه در دسته متوسط یا بالا طبقه‌بندی می‌شود (Rosgen, 1994). این نسبت در رودخانه خررود به طور کلی با نوساناتی در برخی بازه‌ها روند افزایشی نشان می‌دهد. به طور عمده ژرفای کانال کمتر از ۰/۵ متر می‌باشد؛ پهنای کانال در بالادست کمتر از ۱۵ متر بوده و پس از ورود شاخه شورابه این مقدار تا ۴۰ متر افزایش می‌یابد (شکل ۵).

جدول ۱: معرفی اجمالی روش طبقه بندی Rosgen (1994)

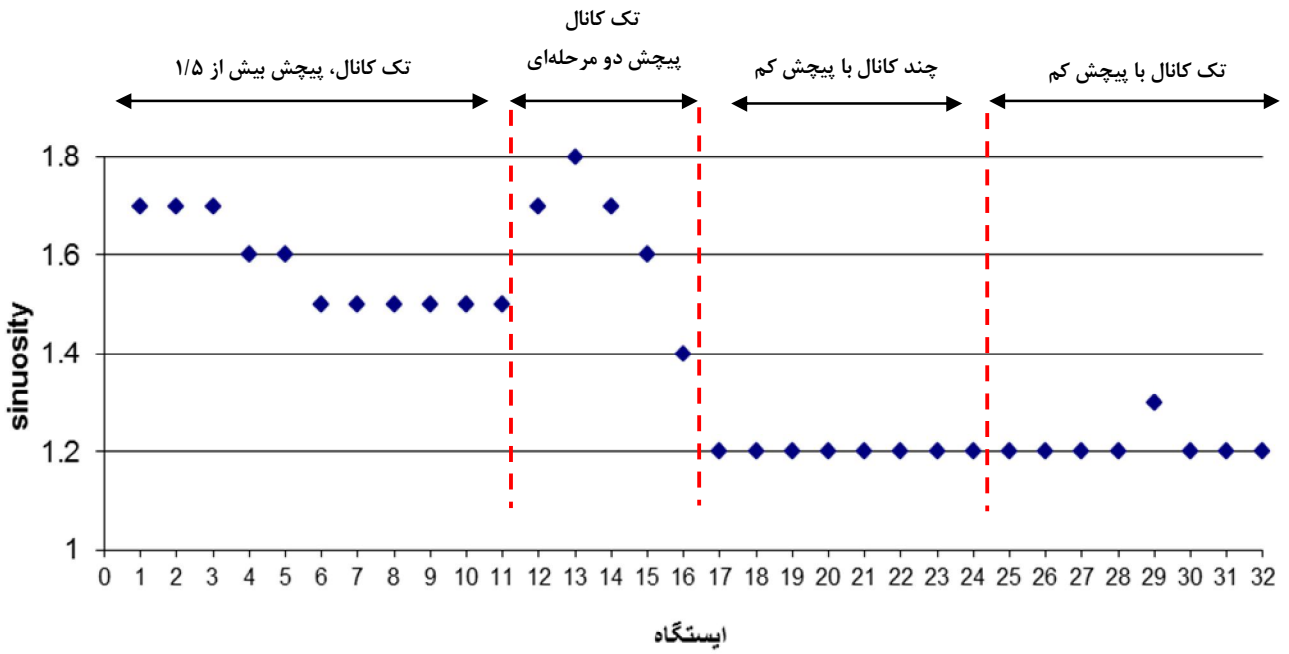
سطح	معیار ـ هدف	شرح
سطح I	مشخصات هندسی کانال	معرفی ۸ تیپ اصلی و تیپهای فرعی رودخانه‌ها
سطح II	نوع مواد بستر	معرفی تیپهای فرعی رودخانه‌ها
سطح III	ارزیابی کیفی پایداری کانال	توانایی آبراهه در حفظ شرایط موجود
سطح IV	درستی‌آزمایی نتایج سطحهای پیشین	تحلیل وضعیت رسوب‌گذاری، جریان آب و پایداری کانال رودخانه

جدول ۲: روش محاسبه شاخصهای هندسی استفاده شده در سطح ۱ (Rosgen, 1994)

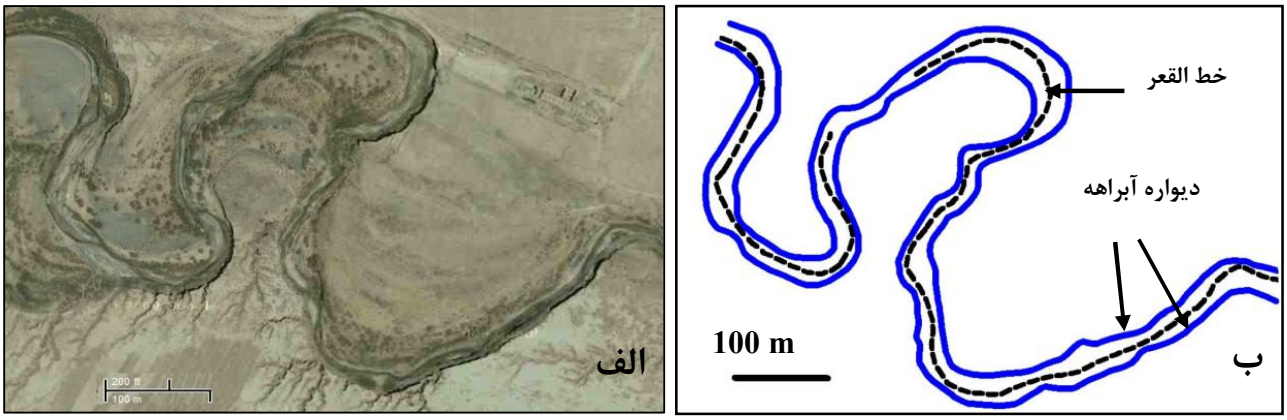
شاخص	توضیحات
پیچش (Si) 	نسبت طول رودخانه (d) به طول موج پیچش آن (ḋ) طول موج پیچش = فاصله افقی بین دو بخش متناظر از دو پیچ متوالی
شیب (Sl)	نسبت اختلاف ارتفاع (شیب توپوگرافی) به پیچش
نسبت پهنا به عمق W/D 	نسبت پهنای کانال در حالت بیشینه دبی سالانه (bank full) به عمق کانال در همین حالت
نسبت گود افتادگی (Er) 	نسبت پهنای منطقه سیلاب‌گیر (flood plain) به پهنای سطح آب در حالت بیشینه دبی سالانه (bank full) توضیح: پهنای منطقه سیلاب‌گیر = پهنای رودخانه در ارتفاع معادل دو برابر عمق آب در حالت بیشینه دبی



شکل ۲: طبقه‌بندی رودخانه‌ها بر اساس ادغام سطح I (محور افقی بالا) و II (محور عمودی چپ) و دامنه شاخصهای هندسی کانال (ردیف پایین) (Rosgen., 1994)



شکل ۳: نمودار تغییرات پیچش در رودخانه خررود



شکل ۴: (الف) تصویر ماهواره‌ای و (ب) ترسیم دوباره همین تصویر به منظور نمایش الگوی مآندری توسعه یافته (با پیچش بیشتر از ۱/۵) رودخانه خررو در ایستگاه چهارم

شاخص گود افتادگی بستر

این شاخص از نسبت پهنای منطقه سیلاب‌گیر به پهنای سطح آب در حالت بیشینه دبی محاسبه می‌شود. پهنای منطقه سیلاب‌گیر نیز به صورت پهنای کانال در ارتفاع معادل دو برابر عمق آب در حالت بیشینه دبی تعریف می‌شود (جدول ۲). این شاخص مشخص می‌کند که رودخانه در جهت ژرفای بستر و یا خندقی با بستر گود می‌باشد. اگر این نسبت از ۱/۴۱ تا ۲/۲ باشد رودخانه از نوع بستر کمی گود و بیش از ۲/۲ رودخانه از نوع بستر بسیار کم گود با پهنه طغیانی بسیار گسترده است (Rosgen, 1994). مقدار عددی این نسبت در رودخانه خررود به طور کلی روند افزایشی را به سوی پایین دست نشان می‌دهد که نمایانگر آن است که در این راستا به تدریج ژرفای بستر (ارتفاع دیواره) کاهش می‌یابد (شکل ۶). در اولین ایستگاه به دلیل وجود پادگانه‌های بلند در دو سمت رودخانه، میزان گود افتادگی زیاد است (مقدار عددی نسبت گود افتادگی = حدود ۱) (شکل ۷). پس از این ایستگاه و تا پیش از ورود شاخه شورابه این نسبت بین ۱/۴۱ تا ۲/۲ بوده و شاخص گود افتادگی بستر، متوسط است. پس از ورود شورابه این نسبت به بیش از ۲/۲ تغییر می‌کند و گود افتادگی بسیار پایینی را نشان می‌دهد.

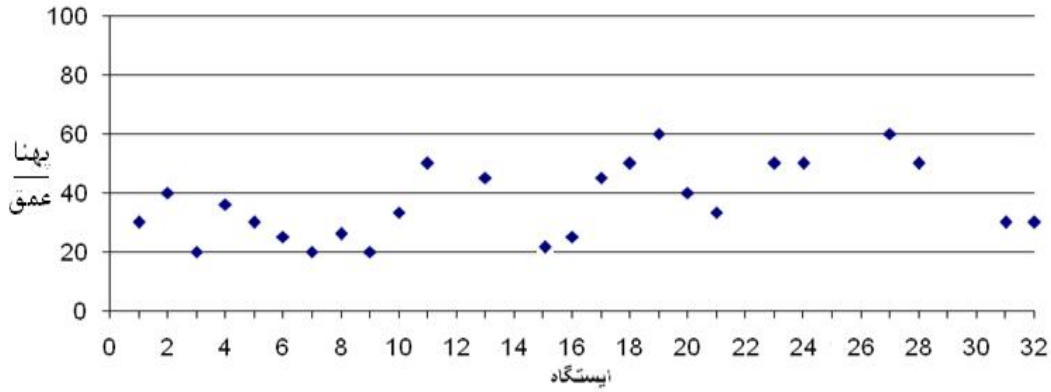
مهمترین عامل تغییرات گودافتادگی، جنس مصالح بستر و دیواره کانال است؛ رسوبات دانه‌ریز و چسبنده امکان حفر عمودی بستر و ایجاد دیواره‌های بلند و پرشیب را فراهم می‌کنند. در مقابل رسوبات دانه درشت و دانه متوسط به دلیل غیرچسبنده بودن و ریزش سریع دیواره چنین اسکانی را ندارند. به همین علت، در ایستگاههای ۱ تا ۱۰ که نسبت به سایر ایستگاهها بافت دانه‌ریزتری دارند، بستر گودتر است.

شیب

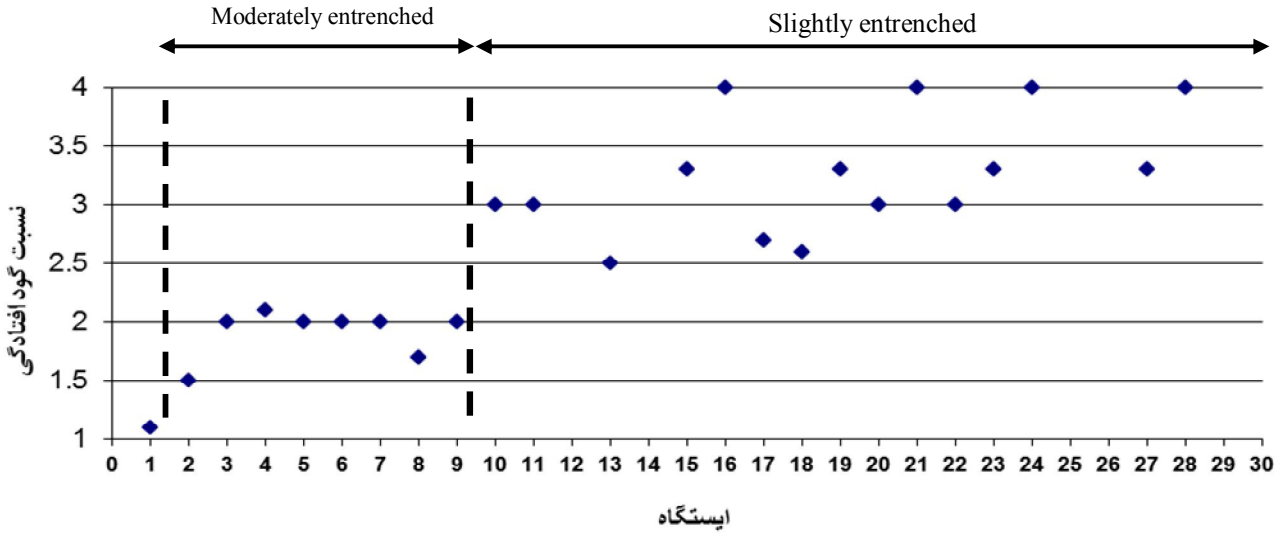
در این پژوهش شیب کانال از نسبت شیب دره (اختلاف ارتفاع در یک فاصله افقی) به پیچش کانال (Rosgen, 1994) محاسبه شده است (شکل ۸). مقدار شیب بین ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۰۸ تغییر می‌کند و روند عمومی کاهشی به سوی پایین دست را نشان می‌دهد. افزایش ناگهانی شیب در ایستگاه ۱۴ احتمالاً در نتیجه گسل حسن آباد است؛ رودخانه بلافاصله در این محل پس از ورود شاخه آوج رود به سوی شمال غرب تغییر مسیر می‌دهد.

طبقه‌بندی رودخانه

در این بخش بر اساس معیارهای سطح I و II در نوشته Rosgen (1994)، رودخانه خررود طبقه بندی شده است.



شکل ۵: نمودار تغییرات نسبت پهنا به عمق (بدون یکا) رودخانه خررود (محل ایستگاهها در شکل ۱ و تصویر ماهواره‌ای رودخانه در شکل ۱۲). این تغییر در بازه‌ای که رودخانه تیپ چند کانال دارد (ایستگاههای ۱۰ تا ۲۸) محسوس است و دلیل اصلی آن افزایش بار بستر و منشعب شدن کانال است.



شکل ۶: نمودار تغییرات نسبت گودافتادگی بستر (بدون یکا) در رودخانه خررود (محل ایستگاه‌ها در شکل ۱)

چهار تیپ کانال در شاخه اصلی این رودخانه شناخته شده است (شکلهای ۹ تا ۱۲):

تیپ F

این تیپ در غربی‌ترین بخش محدوده مطالعه (ایستگاه ۱) وجود دارد و منحصر به یک نوع (F5) است. این نوع رودخانه تک کانال با بستر گودافتاده (ER=1.1)، دیواره‌های بلند (حدود ۱۰ متر) و رسوبات بستر ماسه‌ای ـ گلی مشخص می‌شود. پیچش کانال ۱/۷ است که از این دیدگاه رودخانه مئاندری کمی توسعه یافته (Rosgen, 1994) است. میانگین طول موج پیچها ۷۰ متر است. میزان شیب کانال کم (۰/۰۰۱) و نسبت پهنا به عمق ۳۰ است.

تیپ B

این تیپ در غرب محدوده مطالعه (ایستگاههای ۲ تا ۸) وجود دارد و شامل دو نوع (B4C و B6C) است. یکی از ویژگیهای این تیپ بخشهای تثبیت یافته با پوشش گیاهی (عمدتاً نیزار، مشابه شکل ۹ الف) است. کانال عمدتاً نامتقارن (هنگام پیچش خط‌القعر متمایل به دیواره بلندتر) است. این تیپ رودخانه تک کانال با بستر کمی گود افتاده

شکل۷ :مقایسه نسبت گودافتادگی کانال؛ الف) رودخانه خررود با پادگانه-های بلند (گود افتاده)، (میزان گودافتادگی ۱/۱= نوع Entrenched در ایستگاه ۱)؛ ب) کانال تقریباً گود افتاده (میزان گودافتادگی ۲= نوع moderately entrenched در ایستگاه ۱۳)؛ پ) گود افتادگی کم (میزان گودافتادگی ۳ = نوع slightly entrenched در ایستگاه ۲۲

(ER=1.41-2.2)، کم عمق (حدود ۰/۵ متر در زمانهای غیر سیلابی) و نسبت پهنا به عمق متوسط (۲۰ تا ۴۰) است. پیچش کانال اغلب بیش از ۱/۵ (مئاندری کمی توسعه یافته در نوشته Rosgen, 1994) و در برخی بازه‌ها دو مرحله‌ای (نوع پیچیده، شکل ۴) است؛ پیچهای تند و شبیه دریاچه هلالی اتفاقی وجود دارد. میانگین طول موج پیچها ۱۲۷ متر است. شیب کانال کم (۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۱) است.

تیپ D

این تیپ در بخش مرکزی محدوده مطالعه (ایستگاههای ۱۰ تا ۳۰) و عمدتاً از نوع D4 است. در برخی بازه‌ها (ایستگاههای ۱۵، ۱۶ و ۲۱) شباهتهایی با الگوی شریانی (DA=anabranching) دیده می‌شود.

خلاصه تفاوت این دو تیپ به شرح زیر است:

۱- تراکم پوشش گیاهی سیلاب دشت (متراکم‌تر و وسیع‌تر در تیپ DA).

۲- پایداری کانال (ناپایدارتر در تیپ D).

۳- عمق کانال (آبراهه‌های باریک، منشعب و عمیق‌تر در تیپ DA، نسبت پهنا به عمق در تیپهای D و DA به ترتیب بیش از ۴۰ و کمتر از ۴۰) است.

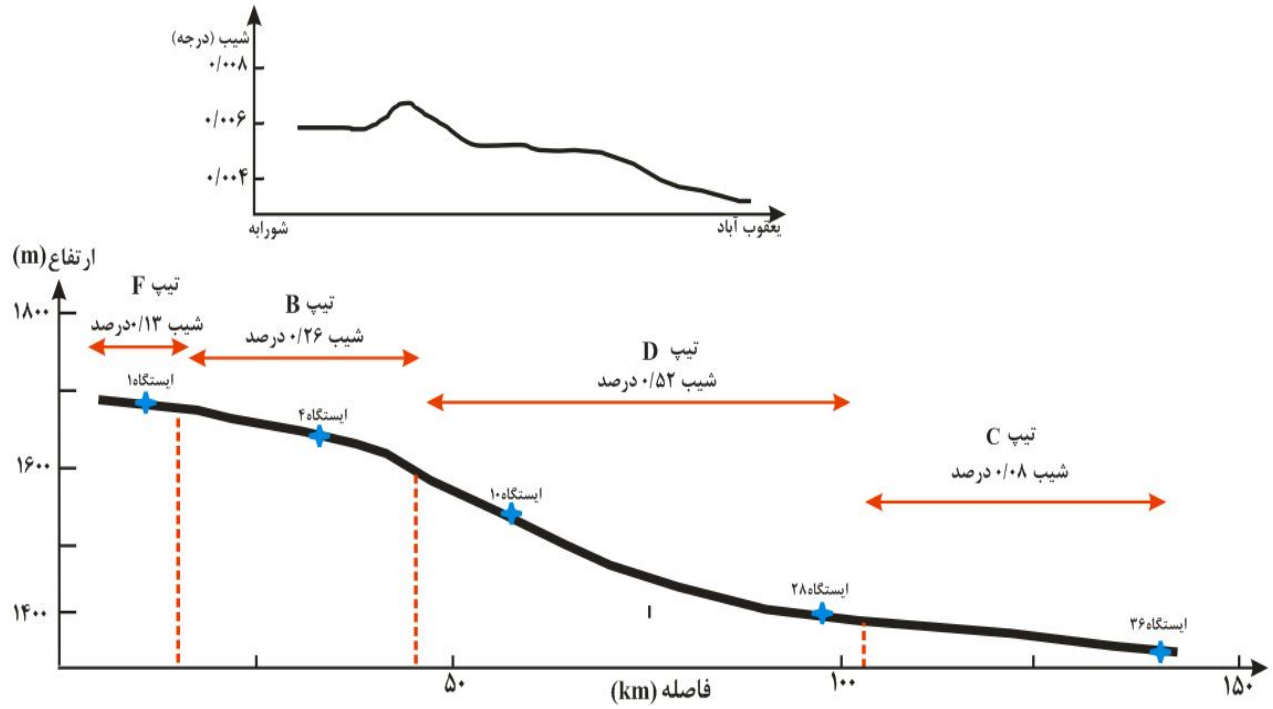
۴- بیشینه اندازه ذرات بستر (در تیپهای D و DA به ترتیب قلوه‌سنگ و شن).

از آن‌جایی که شباهتهای اشاره شده در خررود منحصر به مورد ۱ در بالا می‌شود تمام ایستگاههای چند کانال تیپ D محسوب می‌شوند. بیشتر شاخه‌های فرعی (شورابه، آوج و کلنجین رود) در این بازه از حاشیه جنوبی آن به شاخه اصلی وارد می‌شوند. کانال این نوع رودخانه توسط پشته‌های (طولی یا عرضی) گراولی به چند کانال با الگوی شریانی (شاخه شاخه) تقسیم می‌شود. در برخی نقاط مخروط افکنه‌ها در دره‌های مجاور تأمین کننده بخشی از رسوب هستند. بستر بسیار کم گود (نسبت پهنا به عمق ۲۰ تا ۶۰) و پهن با پهنه سیلابی گسترده است. شیب عمدتاً ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۰۶ (در یک ایستگاه ۰/۰۰۸) با بستر بسیار کم گود (ER=2.5-4.0) است. کانال عمدتاً مستقیم (پیچش ۱/۲) است. تعداد انشعابات اغلب ۳ تا ۵ و طول پشته‌ها معمولاً

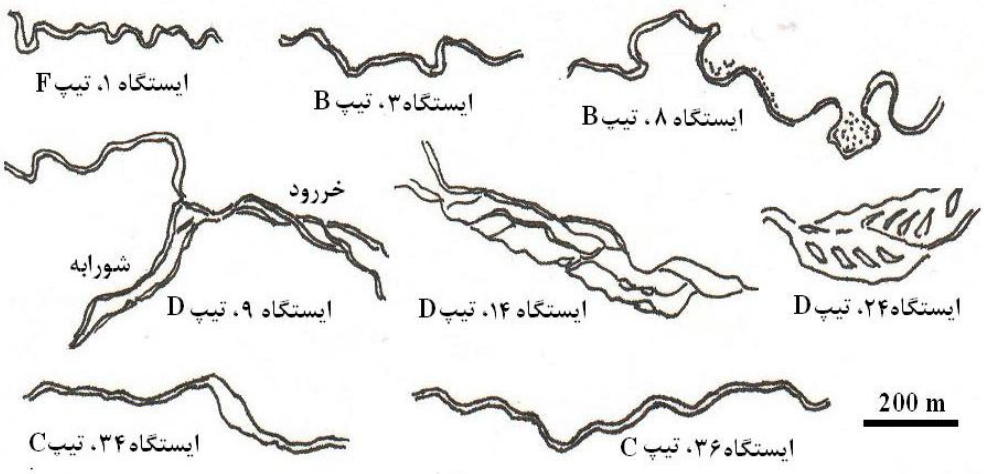
کمتر از ۲۰۰ متر است. میانگین انـدیس انشعاب در پنج ایستگاه (۱۱، ۱۳، ۱۷، ۱۹ و ۲۳) ۳/۷۳ است و به سوی پایین دست روندی افزایشی نشان می‌دهد.

تیپ C

این تیپ در بخش شرقی محدوده مطالعه (ایستگاههای ۳۱ تا ۳۶) و در دو نوع C4 و C5 وجود دارد. میزان شیب کم (کمتر از ۰/۰۰۴) و کانال اغلب متقارن با پهنای متغیر است (شکل ۹). علت کاهش شیب، گذر از بخش کوهستانی (کوههای خرقان) و ورود رودخانه به منطقه نسبتاً مسطح (دشت بویین زهرا) و نزدیک شدن به سطح اساس خود (دریاچه نمک قم) است. میزان پیچش کم (میانگین ۱/۲) است. در پیچهای تند، بار رسوبی نقطه‌ای مشاهده می‌شود. سیلاب دشت مشخص و وسیع از ویژگیهای این تیپ است؛ میانگین طول موج پیچها ۱۴۱ متر است.



شکل۸: نمودار تغییرات شیب کانال در رودخانه خررود



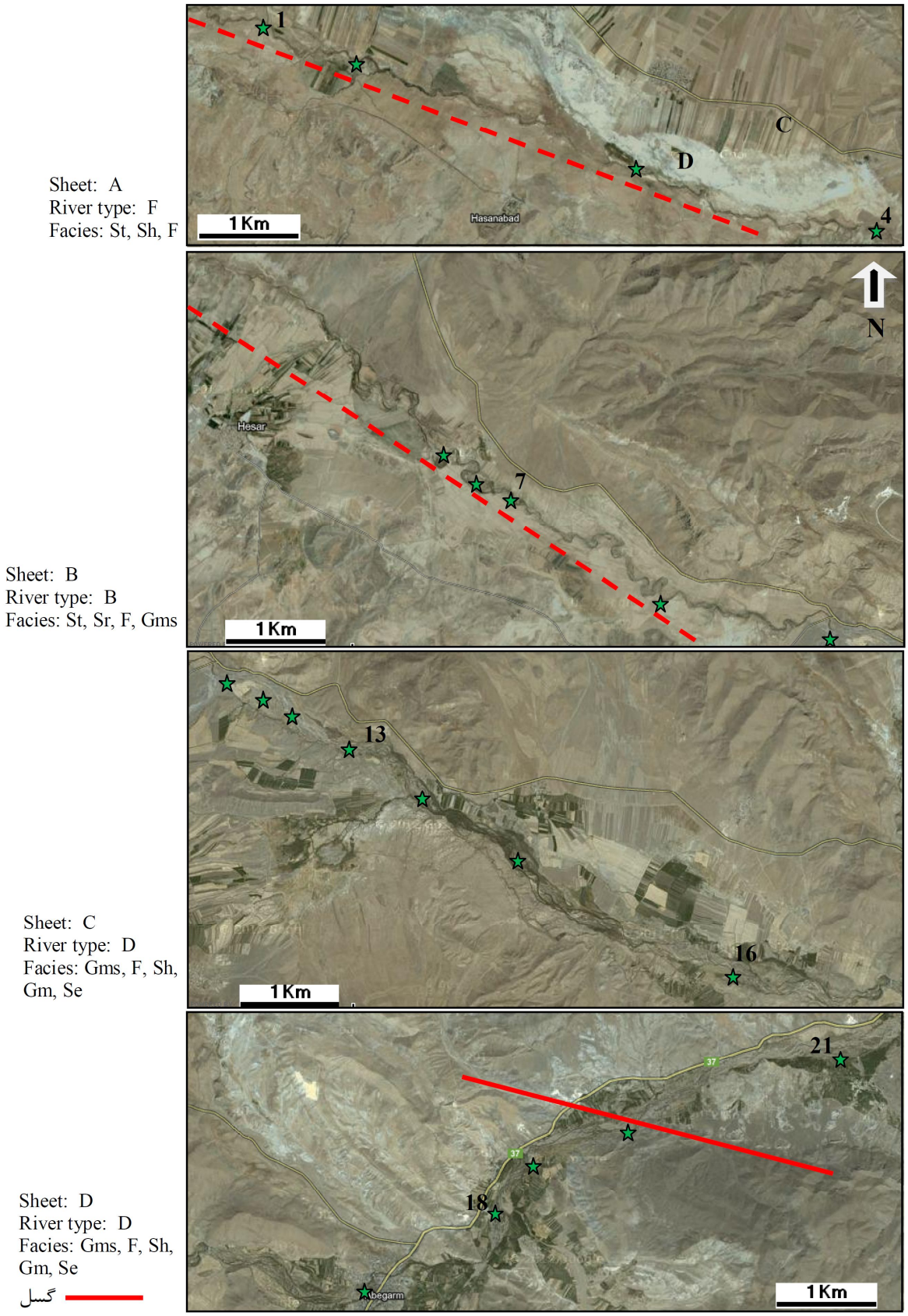
شکل ۹: نمای افقی چهار تیپ اصلی رودخانه خررود

شکل ۱۰: تصویر الگوهای اصلی کانال؛ الف) F، ایستگاه ۱؛ ب) B4C، ایستگاه ۷؛ ج) C4 ایستگاه ۶؛ د) D4 ایستگاه ۱۰ (دید کلی از رودخانه در شکل ۱۲ آورده شده است).

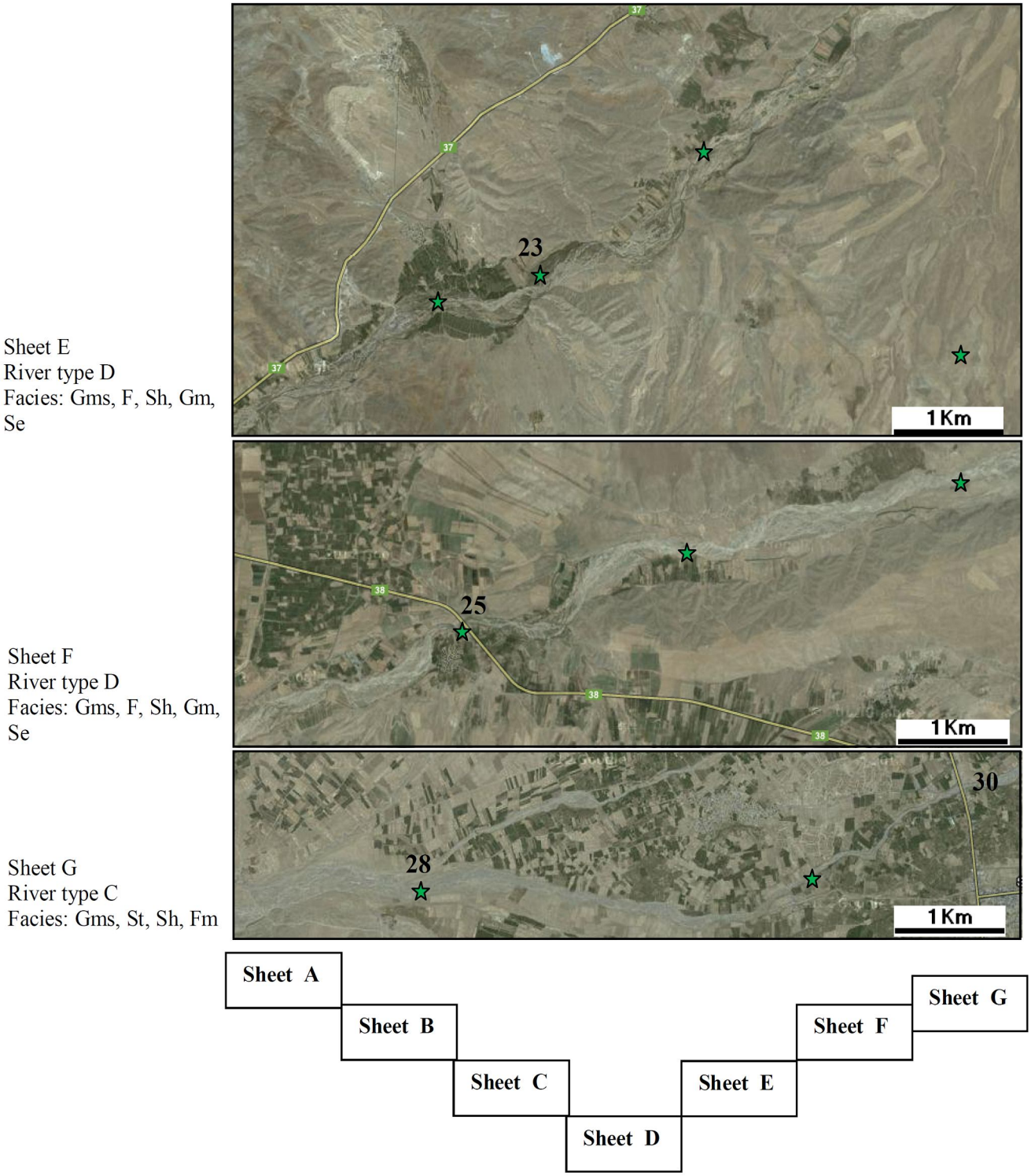
شکل۱۱: تصویر ماهواره‌ای الگوی شاخه‌شاخه خررود در ایستگاه ۱۱، نسبت انشعاب = ۲/۶۳

ویژگیهای بافتی رسوبات در تیپهای رودخانه

با وجود تنوع بافتی در رسوبات بستر رودخانه خررود می‌توان نتیجه گرفت رسوبات تیپهای تک کانال (F، B و C) اغلب با بافت گراول ماسه‌ای گلی و یا گلی (اغلب کوچک‌تر از ۱ فی) و رسوبات تیپ چند کانال (شاخه شاخه) با بافت گراول ی و یا گراولی مشخص می شوند (شکل ۱۳). بیش از نیمی (۵۳٪) از گراولها فرم تیغه‌ای (B، VB و CB) و ۲۶ درصد آنها فرم صفحه‌ای (P، CP و VP) دارند. محدوده کرویت اغلب گراولها بین ۰/۴ تا ۰/۶ است. بررسی نمودارهای توزیع اندازه ذرات نشان می‌دهد تیپهای تک کانال اغلب تک مدی (تیپ B) و یا دو مدی تیپهای (F و C) با شکل لگاریتمی در نمودارهای تجمعی مشخص می‌شوند. در مقابل تیپ چند کانالی با نمودار فراوانی چند مدی و نمودار تجمعی پارابولیک متمایز هستند (شکل ۱۴). به عنوان مثال، ۳ مد (به ترتیب ۴-، ۱- و ۱ فی) در نمودار فراوانی (شکل ۱۴) رسوبات این تیپ دیده می‌شود. بافت چند مدی آنها دلالت بر تعدد منشأ رسوبات دارد. حضور گراولهای با ترکیب (سنگ آهک، خرده سنگ آذرین، ماسه سنگ و شیل) و منشأ متفاوت در این رسوبات مؤید این موضوع است. بررسی گراولها نشان می‌دهد خرده‌های سنگ آهکی در هر سه مد حضور دارند، ولی خرده‌های

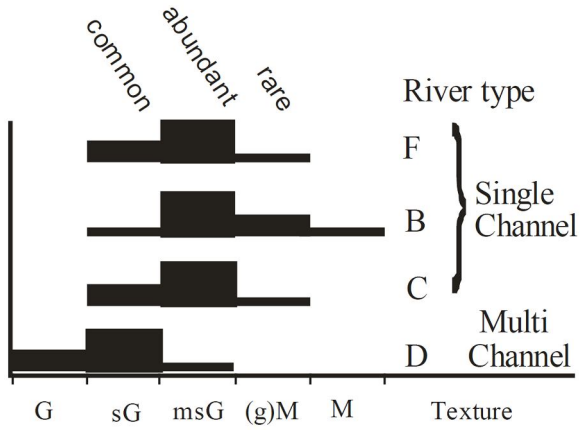


شکل ۱۲: نمایش دید کلی (تصویر ماهواره‌ای Spot 2011) و روند تغییر تیپ (نوع) کانال در رودخانه خررود؛ برخی عوارض مهم مانند گسلهای اصلی در تصویر مشخص شده‌اند. از نکات مهم، افزایش پهنای کانال پس از ایستگاه ۱۰ است.

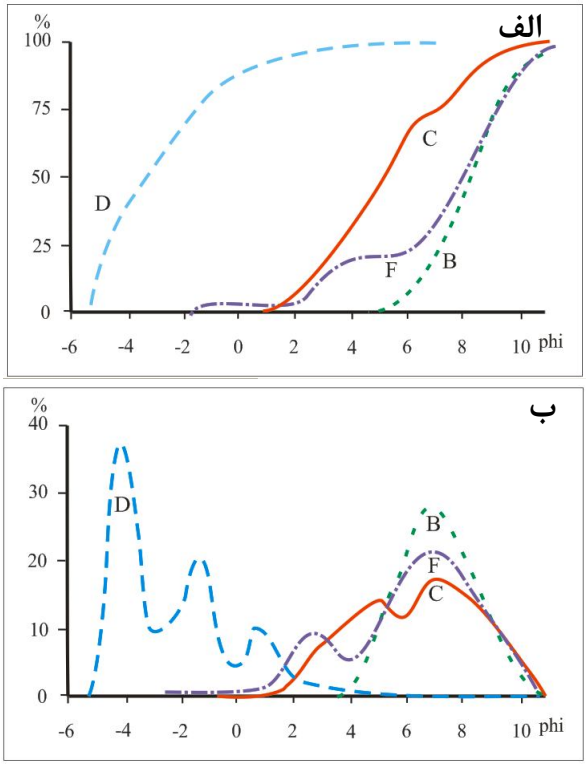


ادامه شکل ۱۲: نمایش دید کلی (تصویر ماهواره‌ای Spot 2011) و روند تغییر تیپ (نوع) کانال در رودخانه خررود؛ برخی عوارض مهم مانند گسلهای اصلی در تصویر مشخص شده‌اند. از نکات مهم، افزایش پهنای کانال پس از ایستگاه ۱۰ است.

آذرین و ماسه سنگی اغلب در مدهای ۴- و ۱ فی حضور دارند (میانگین اندازه ذرات رسوبات بستر در این نمونه ایستگاه ۱۹= ۳/۱). به نظر می‌رسد این دانه‌ها بیشتر توسط شاخه‌های شورابه و آوج رود به خررود وارد می‌شوند.

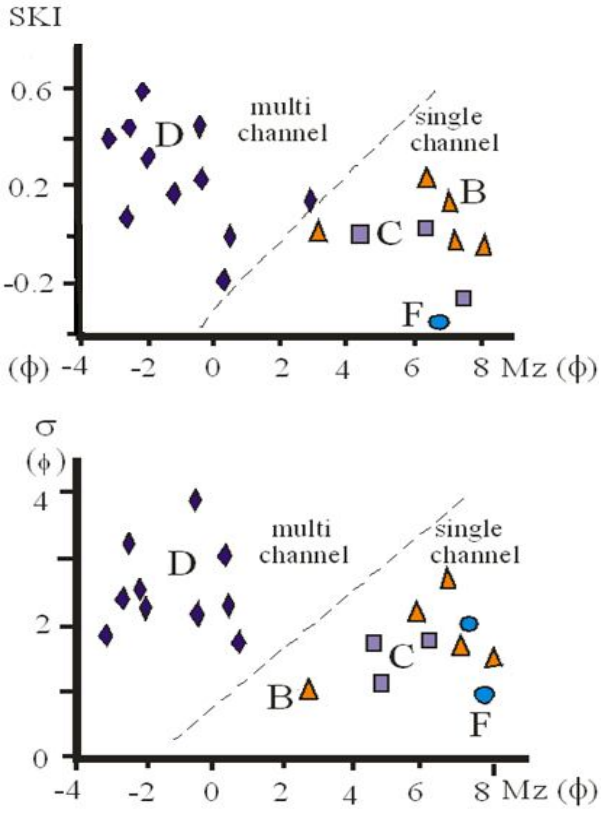


شکل۱۳: مقایسه نسبی بافت رسوبات بستر در تیپهای چهارگانه رودخانه خررود (گراول =G، گراول ماسه‌ای =sG، گراول ماسه‌ای گلی =msG، گل با کمی گراول =(g)M و گل =M؛ مقیاس در بالای شکل)



شکل ۱۴: مقایسه نمودارهای تجمعی (الف) و فراوانی (ب) رسوبات بستر در تیپهای چهارگانه رودخانه خررود

مقایسه شاخصهای آماری نشان می‌دهد جورشدگی رسوبات تیپهای تک کانال (اغلب کمتر از ۲/۵) کمی بهتر از جورشدگی تیپ شاخه شاخه (اغلب بیش از ۱/۹، جور شدگی بد تا بسیار بد) است. کج شدگی رسوبات گروه اول



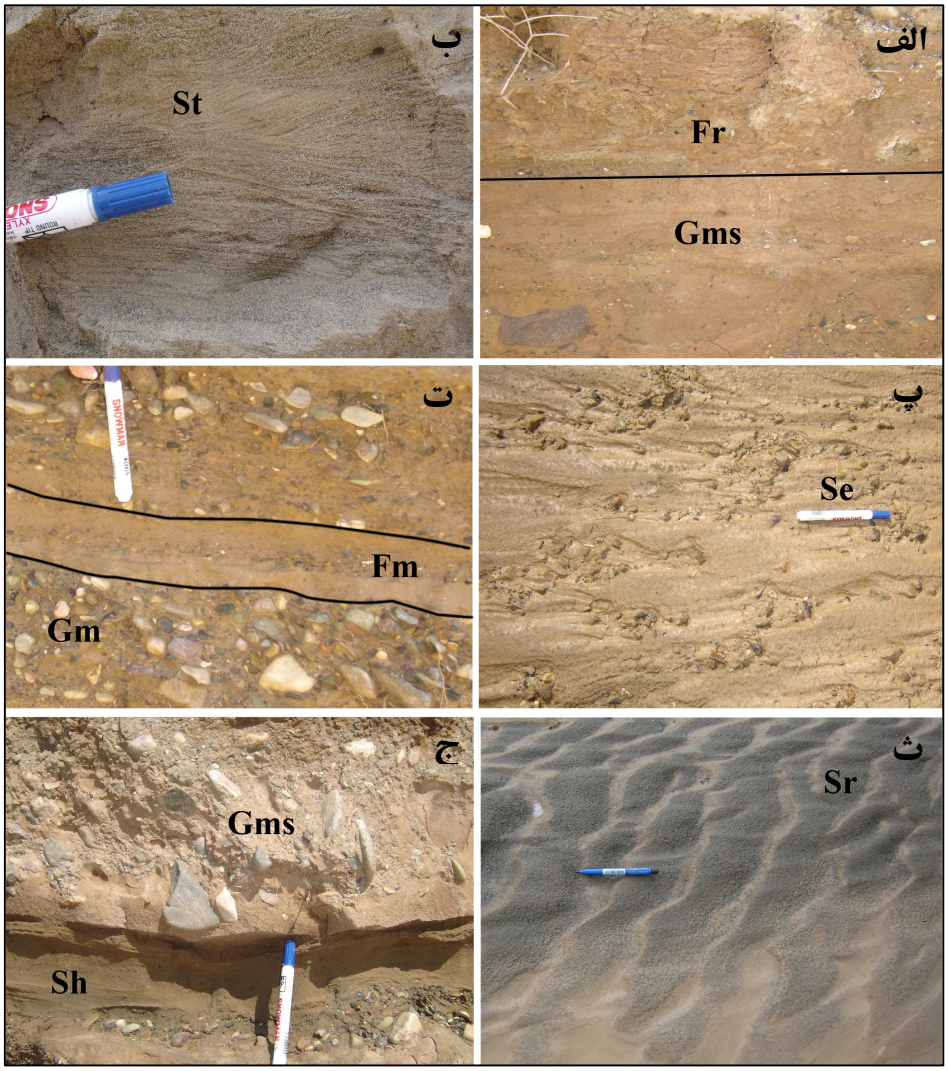
شکل۱۵: نمودار متوسط اندازه رسوبات بستر در برابر جورشدگی و کج شدگی در تیپهای چهارگانه رودخانه خررود (تیپ D= ◆، تیپ C = ▲، تیپ B = ■ تیپ F = ● تیپ D چند کانال و تیپهای C، B و F تک کانال هستند).

مثبت (۳ تا ۸) است؛ این شاخص برای رسوبات گروه دوم منفی (۰ تا ۰/۶-) است.

بررسی مجموعه رخساره‌های رسوبی نشان دهنده شباهتها و تفاوتهایی از این نظر در چهار تیپ اصلی رودخانه است. هرچند رخساره Gms تقریباً در همه تیپها مشاهده می‌شود، ولی به مراتب در تیپ D و تا حدودی تیپ C فراوانتر است (جدول ۳ و شکل ۱۶).

جدول۳: مجموعه رخساره‌ها (به ترتیب فراوانی نسبی) در چهار تیپ اصلی کانال خررود (با توجه به شکل ۱۶)

تیپ کانال	مجموعه رخساره
F	St, Sh, F
B	St, Sr, F, Gms
D	Gms, F, Sh, Gm, Se
C	Gms, St, Sh, F



شکل ۱۶: تصویر صحرایی انواع رخساره‌های رسوبی (رده بندی Miall, 1996, 2000) رودخانه خررود؛ الف) رخساره گراول زمینه پشتیبان Gms، رخساره گلی با ریشه Fr (ایستگاه ۲۵)؛ ب) رخساره ماسه با طبقه بندی مورب St (ایستگاه ۳۲)؛ پ) رخساره ماسه با سطوح فرسایشی Se (ایستگاه ۱۹)؛ ت) رخساره‌های گل توده‌ای Fm و گراول دانه پشتیبان بدون لایه بندی تا لایه بندی ضعیف Gm (ایستگاه ۲۸)؛ ث) رخساره ماسه با ریپل مارک Sr (ایستگاه ۱۰)؛ ج) رخساره ماسه با طبقه بندی موازی Sh، Gms (ایستگاه ۱۷)؛ محل ایستگاهها در شکل ۱

این رخساره حاصل ته نشست مواد از جریانهای پرغلظت و خرده‌دار هنگام سیلاب و احتمالاً ریزش دیواره کانال است. رخساره‌های دانه متوسط (St، Sh و Se) اغلب در تیپهای تک کانال وجود دارند. رخساره‌های دانه ریز (Fr و Fm) با نسبتهای مختلف در همه تیپها وجود دارند. این رخساره‌ها از سرریز جریان در پهنه سیلابی ایجاد می‌شوند.

مجموع نتایج آماری و رخساره‌های بافتی نشان می‌دهند رسوبات تیپهای تک کانال عمدتاً نمایانگر شرایط رژیم پایین هستند. از میان تیپهای تک کانال، رسوبات تیپ C نزدیکترین شباهت را با تیپ چند کانال تیپ D نشان می‌دهد؛ آنها دانه درشت‌تر و اغلب دو مدی هستند؛ این تیپ از تکامل تدریجی (هم زمان با کاهش انرژی جریان) تیپ چند کانال ایجاد شده است. رسوبات تیپهای F و B (به ترتیب درصد گل) دانه‌ریزتر از رسوبات سایر تیپها هستند و در شرایط کم انرژی‌تری (عمدتاً رژیم پایین) بر جای گذاشته شده‌اند. بخش زیادی از این رسوبات در خارج از کانال نهشته شده‌اند.

نتیجه‌گیری

بر مبنای شاخصهای ریخت شناسی و جنس رسوبات (سطح ۱ و ۲ رده‌بندی Rosgen, 1994) چهار تیپ کانال (تیپهای F، B، D و C) در رودخانه خررود در محدوده استان قزوین شناخته شده است. از بین آنها تیپ D چند کانال و بقیه تک کانال هستند. الگوی تک کانال بیشتر در بازه‌های کم شیب و عمدتاً با بستر رسوبات ناپیوسته (اغلب کواترنری) وجود دارد. در مقابل الگوی شاخه شاخه در بخشهای کوهستانی ویا پرشیب‌تر دیده می‌شود؛ در این میان، ورود شاخه‌های فرعی فراوان از سازندهای زودفرسای و در نتیجه افزایش بار رسوبی رودخانه نیز مؤثر بوده است. بیشترین میزان پیچش (بیش از ۱/۵) در تیپهای B و F وجود دارد؛ در برخی بازه‌ها پیچش دو مرحله‌ای است. رودخانه در بالادست تک کانالی است (ابتدا الگوی F و پس از آن الگوی B)؛ در بخشهای میانی به الگوی چند کانالی (عمدتاً از تیپ D، شاخه شاخه)تغییر می‌کند. در پایین دست بار دیگر به صورت تک کانالی با پیچش کمتر از بالادست با الگوی نوع C تغییر می‌کند. مشخصه نسبت پهنا به عمق به سمت پایین دست روند افزایشی داشته در الگوهای تک کانال کمتر از ۴۰ و در الگوی شاخه شاخه بیش از ۴۰ می‌باشد. مشخصه گودافتادگی رودخانه به سمت پایین دست کاهش می‌یابد. شدیدترین حالت گودافتادگی در ایستگاه ۱ (Entrenchment=۱) با پادگانه‌های بلند (ارتفاع ۱۰ متر) به دلیل وجود سازند زودفرسای مارن و ماسه سنگ میوسن می‌باشد. پس از آن تا ایستگاه ۱۰ رودخانه با الگوی مئاندری دارای گودافتادگی متوسط (۱/۴- ۲/۲) می‌باشد و پس از ورود شاخه شورابه و تغییر الگوی رودخانه به صورت شاخه شاخه به دلیل افزایش پهنای بستر رودخانه، گودافتادگی بسیار کاهش (بیش از ۲/۲) می‌یابد. شیب توپوگرافی منطقه بین ۰/۳ تا ۰/۸ درصد است. رسوبات تیپهای تک کانال (F، B و C) اغلب با بافت گراول ماسه‌ای گلی و یا گلی و رسوبات تیپ چند کانال (شاخه شاخه) با بافت گراول ماسه‌ای و یا گراولی مشخص می شوند. شاخص‌ترین رخساره‌های گروه اول St و Sh و در مورد گروه دوم Gms و Gm هستند. رسوبات گروه تک کانال جور شده تر با کج شدگی مثبت (در مقابل کج شدگی منفی تیپ شاخه شاخه) هستند.

سپاس‌گزاری

این پروژه حاصل طرح پژوهشی در شرکت آب منطقه‌ای قزوین به شماره ۸۸/۵۵۲۶۹/۱۰۱ است. بدین وسیله از جناب آقایان مهندس کیومرث دانشجو و مهندس محمد قاسم صفیعی (به ترتیب مدیرعامل محترم و مدیر محترم مطالعات پایه منابع آب این شرکت) به دلیل در اختیار قرار دادن منابع پژوهشی شرکت آب منطقه‌ای قزوین، کمک در نمونه برداری و حمایت مالی نهایت تشکر و قدردانی را می نماییم.

منابع

آبساران مهندسین مشاور، ۱۳۸۸. مطالعات مرحله دوم سد مخزنی نهب. *شرکت آب منطقه‌ای قزوین*، ۱۷۵ص.

ارزانی، ن.، ۱۳۸۰. آزمایشگاه رسوب شناسی، *انتشارات دانشگاه پیام نور*، ۱۲۹ص.

حسام‌زاده، م.، خدابخش، س.، صفیعی، م.ق.، ۱۳۸۹. نقش ویژگیهای زمین شناسی و مورفولوژی در الگوی رودخانه (مطالعه موردی رودخانه خررود). *نخستین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران، شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه*، صص ۸۶۹-۸۷۷.

خدابخش، س.، حسام زاده، م.، محمودیان، ب.، ۱۳۹۱. بررسی رودخانه خررود (جنوب استان قزوین) بر اساس مشخصه‌های ریخت شناسی و رخساره‌های رسوبی با کاربری تعیین منشأ رسوب. *طرح پژوهشی شرکت آب منطقه‌ای قزوین*، ۱۵۰ص.

سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۷۸. نقشه توپوگرافی حصار ولیعصر، در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، بلوک ۱۴ اراک، برگ شماره ۵۸۶۱IV.

سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۷۸. نقشه توپوگرافی ضیاءآباد در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، بلوک ۱۴ اراک، برگ شماره I۵۸۶۱.
سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۰. نقشه توپوگرافی آوج در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، بلوک ۱۴ اراک، برگ شماره III۵۸۶۱.
سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۰. نقشه توپوگرافی دانسفهان در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، بلوک ۱۴ اراک، برگ شماره IV۵۹۶۱.
سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۵. نقشه توپوگرافی کبودرآهنگ در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰، برگ شماره۳۴، زون ۳۹، منطقهS.
سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۸۶. نقشه توپوگرافی ساوه در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰، برگ شماره۳۵، زون ۳۹، منطقهS.
سنگین‌آبادی، ح.، عطاری، ج.، ابوالقاسمی، م.، ۱۳۸۵. بررسی مورفولوژی و تعیین قسمتهای ناپایدار رودخانه کندوز ـ افغانستان. *هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهیدچمران اهواز*، محور ۲۱، کد ۹۷۶.

Brice, J.C., 1964. Channel patterns and terraces of the Loup River in Nebraska. *United States Geological Prof. Papers*, 422 (D): D1-D41.
Brice, J.C., 1984. Planform properties of meandering rivers. *In*: Elliot, C.M., (ed.), Proceedings of the Conference - Rivers 83. *American Society of Civil Engineers*, New Orleans, 1-15.
Bolourchi, M.H., & Hajian, J., 1979. Geological map of Kabudar Ahang, scale: 1/250000. *Geological and Mineralogical Survey of Iran*.
Church, M., & Rood, K., 1983. Catalogue of alluvial river channel regime data, *Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, Dept. Geology, University British Columbia*, Vaneouver.
Culbertson, D.M., Young, L.E., & Brice, J.C., 1967. Scour and fill in alluvial channels with particular reference to bridge sites. *U.S. Geological Survey Open-File Report*, 58 p.
Eghlimi, B., 2000. Geological Map of Danesfahan, scale: 1/100000. *Geological and Mineral Survey of Iran*, Sheet: 5961.
Friend, P.F. & Sinha, R., 1993. Braiding and meandering pattern. *In*: Best, J.L., & Bristow, C.S., (eds), Braided Rivers. *Geological Society of London, Spec. Publ*., 75: 105-111.
Garde, R.J., 2006. River morphology. *New Age Publ*., 479p.
Gudie, A.S., 2004. Encyclopedia of geomorphology. *Rout Edge Publ.*, 1145p.
Khan, H.R., 1971. Laboratory studies of alluvial river morphology. *Ph.D. dissertation. Civil Engineering Department, Colorado State University*, 312 p.
Kostic, B.A., Bech, A., & Aigner, T., 2005. 3-D Sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implication for hydrostratigraphy. *Sedimentary Geology*, 181: 143- 171.
Lane, E.W., 1957. A study of the shape of channels formed by natural streams flowing in erodible material. *Missouri River Division Sediment Series No. 9, U.S. Army Engineer Division, Missouri River, Corps of Engineers,* Omaha, NE. 121 p.
Leopold, L.B., & Wolman, M.G., 1957. River channel patterns: braided, meandering, and straight. *Professional paper of the US Geological Survey*, 282 p.
Miall, A.D., 1996. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. *Springer-Verlag,* New York, 582 p.
Miall, A.D., 2000. Principles of sedimentary basin analysis. *Springer*, Berlin, 3rd ed., 616 p.
Pickup, G., 1984. Geomorphology of tropical rivers 1.L. land froms, hydrology and sedimentation in the Fly and lower Purari, Papua New Guinea. *In*: Schick, A.P., (ed.), Channel processes, water, sediment, catchment controls. *Catena Suppl.,* 5: 1-17.
Rosgen, D.L., 1994. A classification of natural rivers. *Catena,* 22: 169-199
Shumm, S.A., 1963. A tentative classification of alluvial river channels. U.S., *Geological Survey circular* 477. Washington ,DC.
Schumm, S.A., 1977. The fluvial system. *Wiley*. New York.
Schumm, S.A., 1985. Pattern of alluvial rivers. *Ann. Rev. Earth and Planet. Sci.,* 13: 5-27.
Selby, M.J., 1985. Earths changing surface: an Introduction to Geomorphology. *Oxford University Press. Oxford.* 607 pp.
Yousefi, M., 2000. Geological map of Eshtehard, scale 1/100000. *Geological and Mineralogical Survey of Iran,* sheet 6061.

Recognition of channel pattern of Khar-Rud River (south of Qazvin Province) based on morphological and sedimentological parameters

Khodabakhsh, S.[1*], Hesam-Zadeh, M.[2]

1- Associate Professor, Geology Department, Faculty of Basic Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2- M.Sc. in Sedimentology & Sedimentary Petrology, Department of Geology, Payam-e-Nour University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

***E-mail: skhodabakhsh@yahoo.com**

Abstract

The Khar-Rud river drainage basin (area=5500 Km^2) is located in south of Qazvin Province. The maximum and minimum basin elevations are 1680 to 1200 m (above sea level) respectively; it occurs in the Central Iran structural zone. In this study, the style of river was determined based on morphological and sedimentological parameters. The quantitative morphological parameters include: sinuosity, width/depth ratio, entrenchment ratio of the bed, channel slope, the central angle of the meander and braiding ratio. In addition, some descriptive parameters such as the meander type were also discussed. In the western part of the study area (before entrance of Shurabeh tributary), this river is of F and B types (both single channel; sinuosity>1.5) mainly with a sandy bed (dominant facies: Sh, St and Sr). In the central part, the channel pattern changes to type D (Av. braiding index=3.73; gravelly bed; dominant facies: Gms and Gm). In the eastern part, this river is single channel (type C, dominant facies Gms, St and Sh). Textural parameters of single channel types (F, B and C) are similar, different from that of multi channel type (D).

Keywords: Khar-Rud, Qazvin, Morphology, River style