نشریه مرتع و آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٦، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱٦
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲۵

بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های مورفومتری رسوبات بستر در جهت پایاب رودخانه (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز قلعه‌سر ساری)

عطاءاله کاویان*؛ استادیار و عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
فاطمه آدینه؛ کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
قربان وهاب‌زاده؛ استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
عبدالواحد خالدی درویشان؛ استادیار و عضو هیئت‌علمی دانشگاه تربیت مدرس

چکیـده:

بررسی خصوصیات شکل مواد بستر و تغییرات مکانی آن‌ها در طول حوزهٔ آبخیز می‌تواند به شناخت بیشتر فرایندهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوزهٔ آبخیز کمک کند و بسته به تغییرات مکانی این رسوبات در طول رودخانهٔ اصلی و مخزن سد اهمیت زیادی در مکان‌یابی سازه‌های هیدرولیکی و مدیریت مناسب مخازن سدهای بزرگ دارد. با توجه به مطالعات اجرایی احداث سد مخزنی چهاردانگهٔ ساری، این پژوهش در حوزهٔ آبخیز قلعه‌سر در بالادست حوزهٔ آبخیز چهاردانگهٔ مازندران انجام پذیرفت. بدین‌منظور، پس از شناسایی منطقهٔ مورد نظر، شش مقطع در طی آبراههٔ اصلی در جهت پایین‌دست رودخانه تعیین شد و برداشت رسوبات بستر به شیوهٔ ترکیبی انجام گرفت. نمونه‌ها در آزمایشگاه آنالیز شد و ویژگی‌های مورفومتری رسوبات بستر، شامل چولگی، کشیدگی، میانگین، نما، درصد شن، ماسه، سیلت، رس، بافت رسوبات، اندازه‌های بزرگ، متوسط، کوچک ذرات، قطر ظاهری، کرویت، گردشدگی، ضریب پهنی، عامل شکل، و D۱۰، D۵۰، و D۹۰ رسوبات بستر، در جهت پایاب اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج بررسی در جهت پایین‌دست نشان داد که دامنهٔ تغییرات عامل شکل و کرویت روندی کاهشی، دامنهٔ تغییرات متوسط اندازهٔ ذرات و گردشدگی روندی افزایشی، دامنهٔ تغییرات ضریب پهنی روندی پیچیده، و دامنهٔ تغییرات اندازهٔ سه‌محوری روندی یکنواخت و ناچیز داشته است. نتایج این بررسی، همچنین، نشان داد که این تغییرات ممکن است تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی، لیتولوژی، و زمین‌ساخت منطقه قرار گرفته باشد.

واژگان کلیدی: باربستر، تغییرات در جهت پایاب، ویژگی‌های ریخت‌سنجی، مازندران، ایران.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۲۲۱۳۲۶ E. mail: a.kavian@sanru.ac.ir

مقدمه

بخشی از بار رسوبی آبراهه‌ها به صورت باربستر انتقال می‌یابد. باربستر به رسوباتی گفته می‌شود که معمولاً در کف بستر آبراهه و به اَشکال مختلف در حرکت است (Mousavi Herami, 1988). آنالیز توزیع اندازهٔ مواد بستر اصول ابتدایی دانش زمین‌شناسی، ریخت‌سنجی، و اکولوژی است که برای روش‌های استاندارد تحلیلی استفاده می‌شود (Shirazi et al., 2009). تغییر در اندازهٔ مواد بستر و ویژگی‌های شکلی آن‌ها در جهت پایین‌دست رودخانه اطلاعات مهمی برای علوم مرتبط با حوزهٔ آبخیز فراهم می‌کند (Heitmuller and Hudson, 2009). تغییر در ویژگی‌های مواد بستر، در مکان‌های مختلف، حاصل فرایندهای زیادی است که در بیش از یک دورهٔ زمانی نامحدود اتفاق افتاده است (Knighton, 1980). عوامل زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی باعث ایجاد این تغییرات‌اند. از عوامل مؤثر در ایجاد مواد بستر و تغییرپذیری زمانی و مکانی آن‌ها می‌توان به فرایندهای کانال رودخانه، شامل جورشدگی، سایش، شکستگی، تأثیر منابع شاخه‌های فرعی روی ویژگی‌های مواد بستر در رودخانهٔ اصلی، و تغییرپذیری جریان، اشاره کرد که بسیاری از محققان، در دهه‌های اخیر، آن‌ها را مطرح کرده‌اند (Whitaker; 2003 , Demir 1992 Kodama et al., ;2007 ,Potts and 2007 Sadeghi et al.,). به طور کلی، پذیرفته شده است که توزیع اندازهٔ مواد بستر در جهت پایین‌دست کاهش می‌یابد، مگر آنکه موادی از رسوبات درشت از شاخه‌های فرعی یا کناره‌ها به رودخانه وارد شود (Pizzuto,1995; Demir , 2003 ;Surian, 2002 ; 2007 Sadeghi et al.,). مطالعات نشان داد که توزیع اندازهٔ باربستر به شیب، شدت جریان، و حمل و نقل انتخابی ذرات بستگی دارد (Nino Attal and Lave, 2006 ,Whitaker, 2002 and Potts, 2007 Muskatirovic, 2007,). در بیشتر مطالعات، برای بررسی توزیع اندازهٔ ذرات در طی یک رودخانه، نمونه‌برداری به صورت شبکه‌ای انجام می‌شود و برای آنالیز ذرات باربستر از روش الک و دستگاه گراولومتر[1] استفاده می‌شود (Fayazi et al., 2005; Sadeghi et al., 2007; Jandaghi et al., 2005; Shirazi et al., 2009; Khaledi et al., 2009; Surian et al., 2002; Demir et al., 2003).

جمع‌بندی سوابق تحقیق مؤید آن است که، با پژوهش در مطالعات رفتارسنجی و ریخت‌سنجی رسوبات بستر رودخانه در جهت پایین‌دست، درکِ عمیق‌ترِ فرایندهایِ هیدرولوژی حوزهٔ آبخیز، به منظور مدیریتِ مناسب مَنابع آب و رسوب رودخانه‌ها و، در نتیجه، مدیریت بهتر مخازن سدهای مخزنی بزرگ، میسّر خواهد شد. با توجه به مطالعات تفصیلی اجرایی احداث سد خاکی چهاردانگهٔ ساری در پایین‌دست، عرصهٔ این تحقیق و نیز با توجه به اهمیت منطقهٔ البرز از نظر تنوع خصوصیات سنگ‌شناسی و وجود سازندهای مختلف در منطقهٔ مورد مطالعه، ضرورت شناخت پاسخ آثار متقابل شرایط زمین‌شناسی، هیدرولوژی، و فیزیوگرافی حوزه بر ویژگی‌های ریخت‌سنجی رسوبات بستر، بیش از پیش، نمایان می‌شود. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تغییرپذیری خصوصیات ریخت‌سنجی رسوبات بستر رودخانه در جهت پایین‌دست حوزهٔ آبخیز قلعه‌سر تجن است.

روش‌شناسی

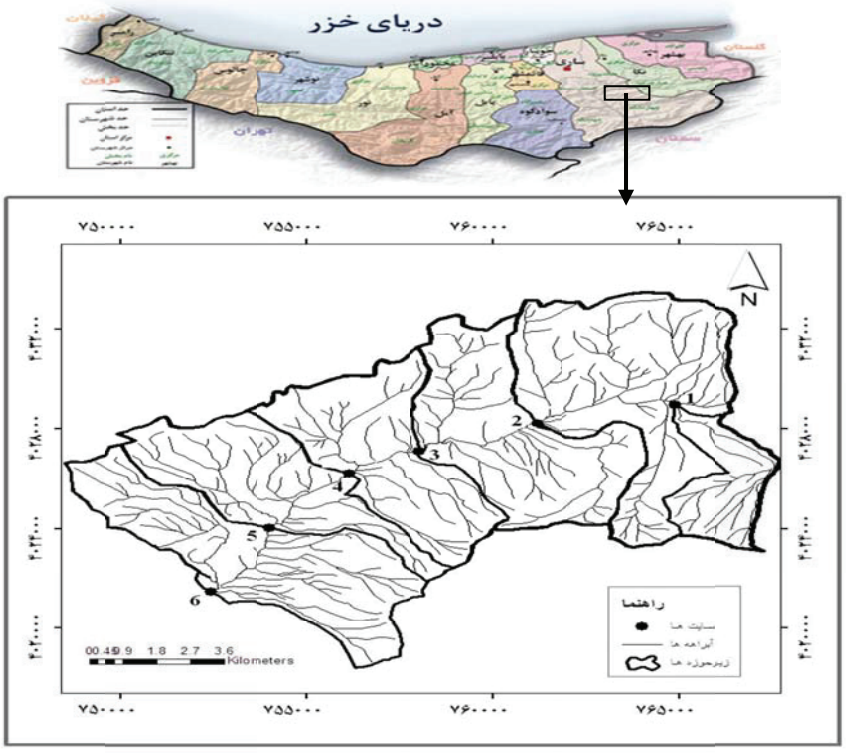
به منظور بررسی تغییرات ویژگی‌های شکل مواد بستر، حوزهٔ آبخیز قلعه‌سر ساری، در استان مازندران، با مساحت ۱۵۰/۲۵ کیلومتر مربع و با طول آبراههٔ اصلی ۲٤ کیلومتر و در محدودهٔ جغرافیایی ″۳۰′٤۸°۵۳ تا″۵۹′۵۸°۵۳ طول شرقی و ″۰۰′۱۸°۳٦ تا ″۵۹′۲۰°۳٦ عرض شمالی انتخاب شد (شکل ۱).

در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ورقه‌های کیاده و کیاسر و نقشهٔ زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقهٔ کیاسر برای تهیهٔ نقشه‌های پایه استفاده شد. همچنین، از آب‌اکسیژنه به منظور ازبین‌بردن

1. gravelometer

نمایی از مقطع 2

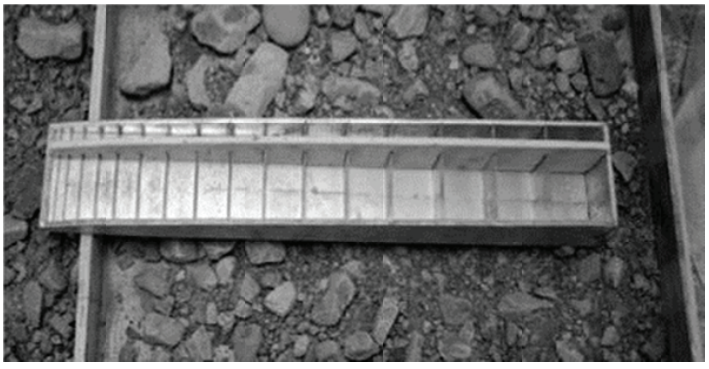
برداشت نمونه از مقطع 2



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه و نمایی از رودخانهٔ مورد برداشت و قراردادن پلات ۵۰ سانتی‌متری بر روی مقطع جهت نمونه‌برداری

مادهٔ آلی، آرد و کیسهٔ نایلونیِ سیاه‌رنگ برای تعیین اندازهٔ گوشه‌های ذرات رسوبیِ و نیز از دستگاه آون به منظور خشک‌کردن نمونه‌های رسوب، گراولومتر و کولیس به منظور تعیین اندازهٔ ذرات استفاده شد. برای بررسی تغییرات ویژگی‌های شکل رسوبات بستر، بعد از مطالعات لازم در این زمینه، ٦ مقطع در مسیر آبراههٔ اصلی انتخاب شد. پس از نهایی‌کردن مقاطع، نمونه‌ها به صورت ترکیبی (Frip and Diplas, 1993) برداشت شد؛ به این صورت که در طول ۲٤/۳ کیلومتر از رودخانه در هر مقطع روی عرض رودخانه یک ترانسکت (نوار خطی) برابر با عرض رودخانه و طول ۵۰ سانتی‌متر زده شد و، بسته به عرض رودخانه، بین ٤ تا ٦ نقطه نمونه‌برداری از هر مقطع تصادفی انتخاب شد. رسوبات بستر در هر نقطه در سطحی برابر با عرض و طول ۵۰ سانتی‌متر (شکل۱) و در عمق ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر (Sadeghi et al., 2007) برداشت شد. سپس، نمونه‌های برداشت‌شده از هر پلات در عرض رودخانه در خارج رودخانه با یکدیگر مخلوط و مقدار مناسب نمونه برداشت شد. برداشت نمونه‌ها از رسوبات مخلوط‌شده بر این اساس بود که وزن بزرگ‌ترین ذرهٔ رسوبی در داخل نمونه بیش از ۵ درصد وزن کل نمونه نباشد (Tindale, 1985 and Mosley). در مجموع، ۲۹ نمونه رسوب‌بستر به وزن تقریبی ۳۷۰ کیلوگرم برای آزمایش‌های ریخت‌سنجی به آزمایشگاه منتقل شد.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نخست نمونه‌های با قطر بزرگ (a) بیش از ۱۰ سانتی‌متر از هر مقطع جدا شد و باقی‌ماندهٔ نمونه‌ها با آب‌اکسیژنه مخلوط شد تا مواد آلی آن از بین برود (Leeder, 1988). نمونه‌های شسته‌شده با آب‌اکسیژنه در آون در دمای ۱۰۰ درجه به مدت ۲٤ ساعت خشک شد (Sadeghi et al., 2007). سپس، نمونه‌های خشک‌شده به مدت ۱۵ دقیقه با شیکر الک شد (Uriarte, 2009 and Rodriguez). همچنین، نمونه‌های بزرگ‌تر از ۳۸/۱ میلی‌متر، با استفاده از دستگاه گراولومتر (شکل ۲)، اندازه‌گیری شد (Sadeghi et al., 2007).



شکل۲. دستگاه گراولومتر برای اندازه‌گیری قطر بزرگ، متوسط، و کوچک ذرات درشت (Sadeghi et al., ۲۰۰۷).

دستگاه گراولومتر، که در گروه آبخیزداری دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس (نور) ساخته شد و در این تحقیق از آن استفاده شد، شابلونی است به صورت یک خط‌کش که از فلز و چوب ساخته شده و پس از قرارگرفتن هر قطعه رسوب در داخل دستگاه، اندازه‌گیری هم‌زمان قطر بزرگ، متوسط، و کوچک ذرات با سرعت عمل بالا میسّر می‌شود.

پس از اندازه‌گیری سه قطر و با اندازه‌گیری شعاع کوچک‌ترین دایرهٔ گوشه‌های ذره و کاربردِ رابطهٔ ۱ ضریب گردشدگی (Shafaei Bajestani, 1995) (RC) به دست آمد.

رابطهٔ ۱

$$\overline{RC} = \frac{r^2}{a \times b \times c}$$

که در آن r شعاع کوچک‌ترین دایرهٔ گوشه‌ها در نمای ذره، a قطر بزرگ، b قطر متوسط، و c قطر کوچک است.

در این رابطه برای به‌دست‌آوردن r (که شعاع کوچک‌ترین دایرهٔ گوشه‌ها در نمای ذره است) برای هر مقطع نخست ۵۰ درصد ذرات نمونه، تصادفی، انتخاب شد، سپس، شکل ذره با الک‌کردن آرد روی یک صفحهٔ کاملاً سیاه (شکل ۳) رسم شد و با کولیس شعاع کوچک‌ترین دایرهٔ گوشه‌ها در تصویر افقی ذرهٔ رسوبی به دست آمد (Sadegi et al., 2007).

شکل۳. نمایی از اندازه‌گیری شعاع کوچک‌ترین دایرهٔ گوشه‌ها در تصویر افقی ذرهٔ رسوبی با الک‌کردن آرد روی نمونهٔ رسوب

همچنین، با کاربردِ رابطهٔ ۲ عامل شکل (SF) تعیین شد (Shafaei Bajestani, 1995).

رابطهٔ ۲

$$SF = \frac{c}{\sqrt{a \times b}}$$

برای محاسبهٔ عامل کرویت، نخست با استفاده از عامل شکل (SF) و بهره‌گیری از جدول ۱ مقدار k (ثابت ماکویک) برآورد شد. سپس، با کاربردِ رابطهٔ ۳ مقدار قطر ظاهری (Nd) و، در نهایت، با کاربردِ رابطهٔ ٤ میزان کرویت ذرات برآورد گردید (Ibid).

رابطهٔ ۳

$$Nd = \frac{b}{k}$$

رابطهٔ ٤

$$S = \frac{Nd}{a}$$

جدول۱. مقادیر ثابت ماکویک بر اساس عامل شکل

SF	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹
K	۱/۲۷	۱/۱۳	۱/۰۵	۱/۰

همچنین، نسبت پهنی (W) رسوبات برداشت‌شده در هر مقطع از رابطهٔ ۵ تعیین شد (Ibid).

رابطهٔ ۵

$$w = \frac{a + b}{2 \times c}$$

با درنظرگرفتن هر یک از مقاطع به عنوان خروجی، حوزهٔ آبخیز بالادست آن بسته شد. سپس، برای هر یک از حوزه‌ها مشخصات فیزیوگرافی، شامل مساحت، تراکم آبراهه‌ها، فاصله از بالادست و شیب آبراهه محاسبه گردید. کلیهٔ این مراحل در محیط نرم‌افزار Arc/GIS ۹,۲ انجام گرفت.

کلیهٔ داده‌های به‌دست‌آمده از دانه‌بندی و گراولومتر، به منظور تهیهٔ بانک اطلاعاتی، وارد محیط نرم‌افزار Excel گردید. سپس، به منظور تعیین برخی آماره‌های ریخت‌سنجی، از نرم‌افزار GRADISTAT (2001 Pay, and Blott) استفاده شد؛ به این صورت که داده‌های خام به‌دست‌آمده از الک وارد محیط نرم‌افزار GRADISTAT شد و داده‌های ریخت‌سنجی هر یک از نمونه‌ها، شامل نما، درصد شن، ماسه، سیلت، و رس در اندازه‌های خیلی ریز تا خیلی درشت، بافت رسوبات، D10، D50، و D90 محاسبه گردید. همچنین، آماره‌های میانگین، جورشدگی، چولگی و کشیدگی ریاضی، هندسی و لگاریتمی با روش‌های گشتاورها و فولک و وارد[1] برای هر یک از مقاطع، جداگانه، به‌دست آمد. تغییرات مشخصات ریخت‌سنجی رسوبات در جهت پایاب رودخانه با ترسیم نمودارها در نرم‌افزار Excel ارائه و روند آن بررسی و تحلیل شد.

نتایج

ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه‌های آبخیز بالادستِ هر یک از شش مقطع اصلی در جدول ۲ ارائه شد.

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزهٔ آبخیز بالادست هر یک از مقاطع نمونه‌برداری

شمارهٔ مقطع	مساحت آبخیز بالادست (km۲)	تراکم آبراهه (km/km۲)	فاصله از بالادست (km)	شیب آبراههٔ اصلی (۰/۰)	فاصلهٔ مقاطع از یکدیگر (km)
۱	۹/۸۵	۲/٦٤	۷/٦۲۱	۱۰	-
۲	٤٥ /٦٤	۲/۲٤	۱۱/٦۲۱	۸	٤/۲۷
۳	۷٤/۲۳	۲/۱٥	۱٥/٤۷۹	۷	۳/۷۹
٤	۹۸/۲۸	۲/٤	۱۷/۸۲	۷	۲/۳۱
٥	۱۱۹/۷۸	۲/٤۱	۲۱/۰۷۱	٦	۳/۲٥
٦	۱٥۰/۲٥	۲/٤۳	۲٤/۳۰٤	٥	۳/۳٦

با توجه به جدول ۲، مساحت کل حوزه برابر ۱٥۰/۲٥ کیلومتر مربع و طول آبراههٔ اصلی ۲٤/۳۰٤ کیلومتر است. شیب آبراهه‌ها از مقطع ۱ تا ٦ روند کاهشی دارد و تراکم آبراهه‌ها در مقطع ۱ با مقدار ۲/٦٤ دارای بیشترین مقدار و در مقطع ۳ با مقدار ۲/۱٥ دارای کمترین مقدار است.

نمونه‌ای به عنوان خروجی حاصل از شاخص‌های ریخت‌سنجی برآوردشده در نرم‌افزار GRADISTAT

1. Folk & Ward

برای مقطع ۲ در جدول ۳ نشان داده شده است. همچنین، در شکل ٤ توزیع دانه‌بندی رسوبات بستر مقطع ۲ آورده شده است.

پس از تجزیه و تحلیل داده‌های کلیهٔ مقاطع در نرم‌افزار GRADISTAT، خلاصهٔ آماری برخی ویژگی‌های مهم‌تر ریخت‌سنجی مواد بستر به‌دست

جدول۳. شاخص‌های ریخت‌سنجی اندازه‌گیری‌شده با GRADISTAT در مقطع ۲ در حوزهٔ آبخیز قلعه‌سر

نام رسوب: شن خیلی درشت نوع نمونه: **یک‌نمایی.** **جورشدگی خیلی ضعیف** **بافت: شن**	**شاخص‌های آماری نمونه** **تجزیه‌کننده و تاریخ: آدینه و همکاران.۱۳۸۸/۱۱/۱** **شمارهٔ نمونه: ۲** **خطای الک‌کردن: صفر درصد** **محل آزمایش: آزمایشگاه فرسایش و حفاظت خاک،** **دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری**

شاخص	**اندازهٔ ذره (میکرومتر)**	**اندازهٔ ذره (فی)**	**توزیع اندازهٔ ذرات (۰/۰)**			
نما ۱	۶۱۲۵/۰	-۲/۵۷۷	شن	۸۱/۷	ماسهٔ درشت	۳/۵
نما ۲			ماسه	۶۱/۱	ماسهٔ میانگین	۳/۰
نما ۳			سیلت و رس	۲/۲	ماسهٔ ریز	۱/۷
D۱۰	۸۲۰/۳	-۶/۹۵۹			ماسهٔ خیلی ریز	۱/۷
(۵۰ (میانهD	۹۳۶۱/۴	-۳/۲۲۷	شن خیلی درشت	۲/۲۲	سیلت خیلی درشت	۱/۳
D۹۰	۱۲۴۴۱۸/۶	۰/۲۸۶	شن درشت	۱۵/۷	سیلت درشت	۰/۳
(d۹۰/d۱۰)	۱۵۱/۷	-۰/۰۴۱	شن میانگین	۱۵/۷	سیلت میانگین	۰/۳
(d-۹۰d۱۰)	۱۲۳۵۹۸/۳	۷/۲۴۵	شن ریز	۱۷/۱	سیلت ریز	۰/۳
(d۷۵/d۲۵)	۹/۰۹۱	۰/۳۳۹	شن خیلی ریز	۱۱/۱	سیلت خیلی ریز	۰/۰
(d-۷۵d۲۵)	۲۵۱۱۶/۴	۳/۱۸۴	ماسهٔ خیلی درشت	۷/۲	رس	۰/۰

	روش گشتاورها		**روش فولک و وارد**			
آماره	**ریاضی (میکرومتر)**	**هندسی (میکرومتر)**	**لگاریتمی (فی)**	**هندسی (میکرومتر)**	**لگاریتمی (فی)**	**توصیف**
میانگین	۱۳۳۵۶/۳	۱۷۹۳/۳	-۲/۱۴۲	۹۶۰۱/۰	-۳/۲۶۳	شن متوسط
جورشدگی	۱۶۲۹۵/۳	۲۶/۶۷	۲/۳۶۸	۴/۰۸۵	۲/۰۳۰	شن خیلی درشت
چولگی	۱/۹۳۲	-۱/۴۳۳	۰/۸۸۶	-۰/۶۲۷	۰/۶۲۷	چولگی خیلی کم
کشیدگی	۷/۲۲۹	۳/۷۷۳	۳/۸۷۷	۰/۶۳۶	۰/۶۳۶	خیلی پهن

آمد که در جدول ٤ آورده شده است.

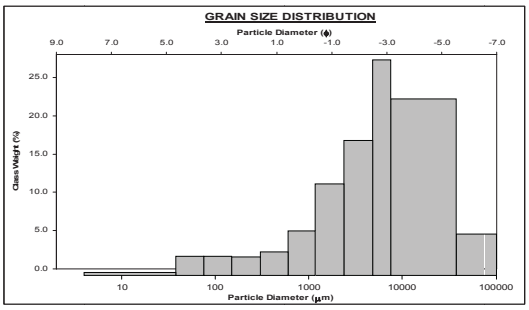
در بین پارامترهای بیان‌شده، شاخص‌های گردشدگی، قطر بزرگ، و قطر متوسط دارای چولگی منفی است و شاخص‌های گردشدگی، ضریب پهنی،

جدول ٤. خلاصهٔ آماری برخی ویژگی‌های ریخت‌سنجی مواد بستر در منطقهٔ مورد مطالعه

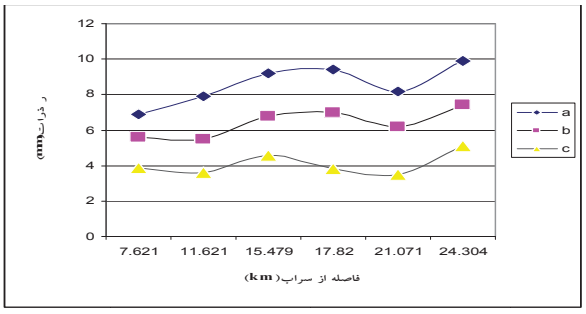
ویژگی‌ها	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف از معیار	چولگی	کشیدگی
گردشدگی	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۰۶	-۰/۳۴	-۰/۹۶
کرویت	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۶	۰/۰۲	۰/۵۶	۱/۴۹
ضریب پهنی	۲۲/۹۲	۱۸/۴۴	۳۰/۶	۴/۹۵	۰/۷۳	-۰/۹۷
عامل شکل	۱/۳۱	۰/۴۹	۳/۴۸	۱/۱	۲/۰۰۲	۴/۴
قطر بزرگ (cm)	۸/۵۸	۶/۹	۹/۹	۱/۱۱	-۰/۴۵	-۰/۸۹
قطر متوسط (cm)	۶/۴۱	۵/۵	۷/۴	۰/۷۷	-۰/۷۷	-۱/۹۴
قطر کوچک (cm)	۴/۰۸	۳/۵	۵/۱	۰/۶۳	۱/۰۱	-۰/۴۱

قطر بزرگ، قطر متوسط، و قطر کوچک دارای کشیدگی منفی. و فقط شاخص‌های کرویت و عامل شکل دارای کشیدگی مثبت‌اند.

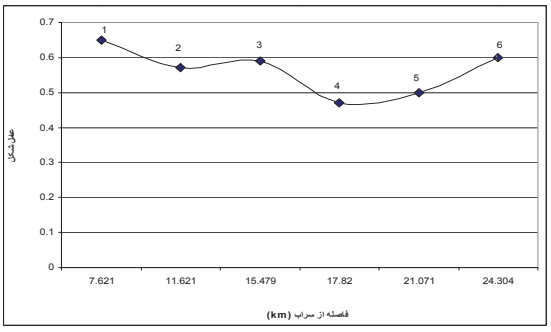
مقادیر تغییرات اندازه‌های سه‌محوری، عامل شکل، کروی‌بودن، گردشدگی، ضریب پهن‌شدگی، متوسط اندازهٔ رسوبات بستر، جورشدگی، و D50، D10، و D90 رسوبات بستر در جهت پایاب، به‌ترتیب، در شکل‌های ۵ تا ۱۲ آمده است.



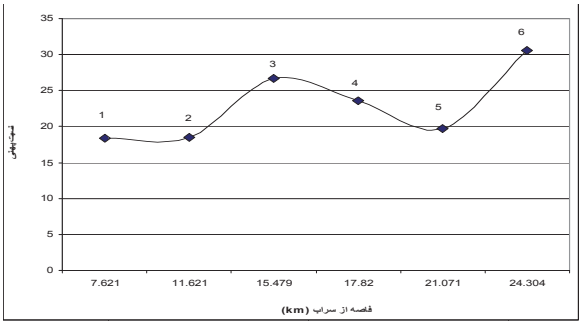
شکل ٤. نمونه‌ای از منحنی توزیع دانه‌بندی رسوب



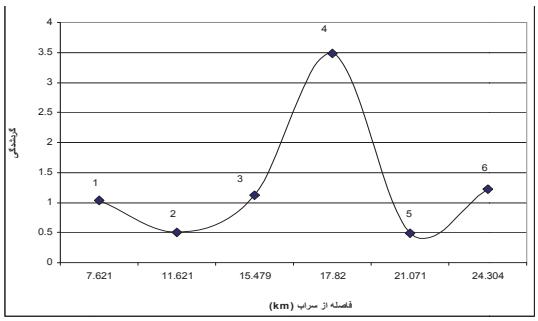
شکل ۵. قطر ذرات رسوبات بستر مقاطع اصلی



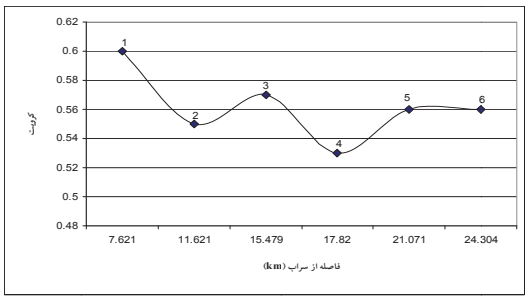
شکل ٦. عامل شکل رسوبات بستر مقاطع اصلی



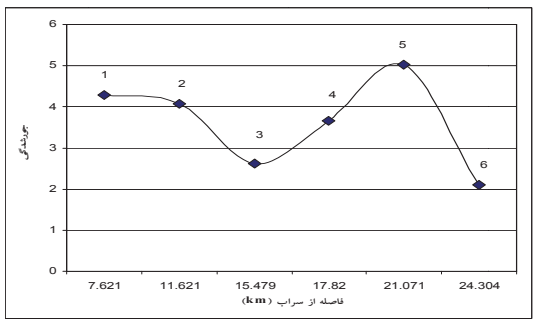
شکل ۷. نسبت پهنی رسوبات بستر مقاطع اصلی



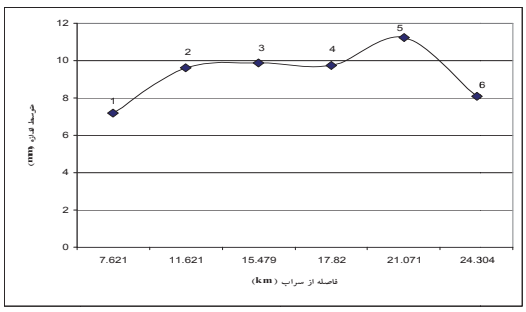
شکل ۸. گردشدگی رسوبات بستر مقاطع اصلی



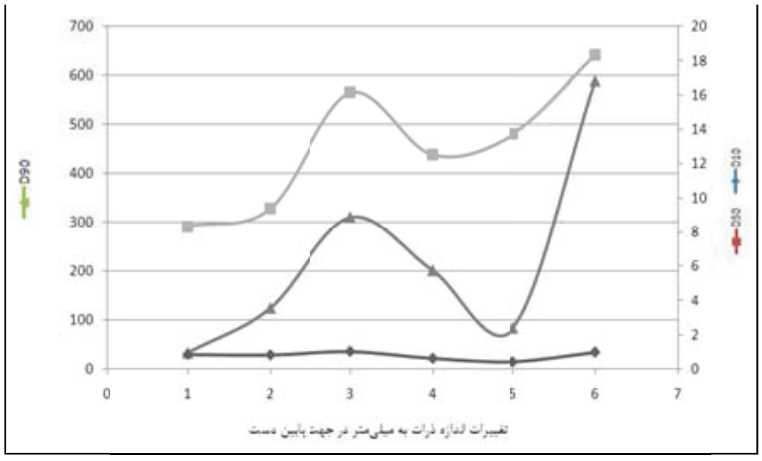
شکل ۹. کرویت رسوبات بستر مقاطع اصلی



شکل ۱۰. جورشدگی رسوبات بستر مقاطع اصلی



شکل ۱۱. میانگین اندازهٔ رسوبات بستر مقاطع اصلی



شکل ۱۲. توزیع اندازهٔ ذرات مقاطع اصلی

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جدول ٤ نشان داده شده است، به طور کل، میانگین حداقل و حداکثر قطرهای بزرگ، متوسط، و کوچک نشان‌دهندهٔ تغییرات در اندازهٔ سه‌محوری در مجموع شش مقطع است. این موضوع اهمیتِ پرداختن به تغییرپذیری این خصوصیات را در مقاطع مختلف به صورت جداگانه نشان می‌دهد. بنابراین، بررسی جداگانهٔ اندازهٔ سه‌محوری در جهت پایین‌دست رودخانه بررسی شد. دلیل بیشترشدن قطر ذرات از سراب به سمت پایاب ناشی از ورود رسوبات جدید از شاخه‌های فرعی، لغزش‌های کناری و وقوع سیلاب‌های فصلی، و همچنین عوامل زمین‌شناسی، از قبیل وجود گسل و جنس سازندهای حوزه، است.

با توجه به شکل ٥، تغییرات اندازهٔ سه‌محوریِ ذرات با قطر بزرگ‌تر از ۳۸/۱ میلی‌متر (داده‌های حاصل از گراولومتر) روندی یکنواخت داشت و تغییرات ناچیز بود. در عین حال، اختلاف بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه در قطر بزرگ بیشتر از قطرهای متوسط و کوچک است، به نحوی که این اختلاف از مقطع ۱ تا مقطع ٦ برای قطر بزرگ، متوسط، و کوچک، به‌ترتیب، ٤٣، ٣٤، و ٤٥ درصد است. نتایج این تحقیق با یافته‌های Sadeghi et al. (2007)، مبنی بر وجود روند تغییرات یکنواخت در اندازهٔ سه‌محوری، مطابقت دارد.

بر اساس شکل ٦، دامنهٔ تغییرات عامل شکل بین ۰/٤٧ تا ۰/٦٥ است. از مقطع ۱ تا ٦ روند کلی به صورت کاهشی است. اگرچه در این بین در برخی از مقاطع عامل شکل نسبت به مقطع قبلی افزایشی نسبی نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد در هر یک از این مقاطع شاخه‌های فرعی به آبراههٔ اصلی منتهی می‌شود؛ این موضوع اهمیت ورود رسوبات درشت‌دانه را از شاخه‌های فرعی در طول مسیر رودخانهٔ اصلی نشان می‌دهد. محققانی از قبیل Surian (1995)، Pizzuto (2002)، و Attal and Lave (2006) در تحقیقات خود به تأثیر ورود شاخه‌های فرعی بر درشت‌ترشدن اندازهٔ ذرات اشاره کرده‌اند.

همچنین، مطابق یافته‌های Demir (2003)، افزایش عامل شکل از مقطع ٤ تا ٦ می‌تواند در اثر افزایش تراکم زهکشی (جدول ۲) باشد. همچنین، داده‌های تراکم زهکشی (جدول ۲) از مقطع ۱ تا ۳ روند کاهشی را نشان می‌دهد که با روند کاهشی عامل شکل از مقطع ۱ تا ۳ مطابق است. افزایش و کاهش مقدار تراکم زهکشی نشان‌دهندهٔ شدت فرایندهای هیدرولوژی و فرسایشی در منطقه است که می‌تواند بر شکل بار بستر تأثیر داشته باشد.

نتایج شکل ۷ نیز نشان می‌دهد دامنهٔ تغییرات نسبت پهنی از ۱۸/٤٤ تا ۳۲/۰٤ است. به استثنای مقطع ٦، روند افزایشی از مقطع ۱ تا ۳ و روند کاهشی از مقطع ۳ تا ٥ مشاهده می‌شود. تغییرات ضریب پهن‌شدگی از مقطع ۱ تا ٦ (به‌جز مقاطع ٤ و ٥) روند افزایشی داشت که با نتایج Mills (1979) مطابقت دارد و می‌تواند به دلیل طی‌کردن مسافت طولانی از مقطع ۱ تا ٦ و، در نتیجه، سایش باشد.

عامل گردشدگی (شکل ۸) نیز همانند عامل شکل و کرویت در مورد ذرات بزرگ‌تر از ۳۸/۱ میلی‌متر محاسبه شد که مقدار آن در دامنهٔ بین ۰/۱۱ تا ۱/۲۳ تغییر می‌کند. افزایش گردشدگی در مقاطع ۱ تا ٦ را می‌توان به مسافت طولانی آبراهه در این مقاطع نسبت داد که به دلیل طی‌کردن مسافت طولانی، ساییدگی بیشتر، و گردشدگی افزایش می‌یابد. Gomez (2001) و Attal and Lave (2006) نیز دلیل اصلی گردشدگی ذرات بستر را ناشی از مسیر حمل طولانی بیان کرده‌اند. با توجه به بررسی‌های میدانی در مقطع ٤، به دلیل برداشت مصالح از کف رودخانه و ایجاد گودال در مسیر اصلی رودخانه، افزایش شدید گردشدگی نسبت به سایت‌های قبل و بعد از خود ایجاد کرد (شکل ۸). این برداشت رسوبات از مقطع اصلی رودخانه مانع حرکت رسوبات رسیده از مقطع ٤ به ٥ شده و، در نتیجه، در مقطع ٥ رسوبات جدیدی از شاخه‌های فرعی به رودخانهٔ اصلی وارد شده و گردشدگی کمتری ایجاد نموده است. ضمن اینکه باید در نظر داشت

که طبقات بزرگ‌تر ذرات نسبت به طبقات کوچک‌تر ذرات راحت‌تر گرد می‌شوند. به بیان دیگر، گردشدگی با اندازهٔ ذرات افزایش پیدا می‌کند. Demir (2003) نیز به ارتباط مستقیم اندازهٔ ذرات و مقدار گردشدگی اشاره کرده است.

تغییرات مربوط به کرویت (شکل ۹) رسوبات برداشت‌شده در مقاطع ۱ تا ٦ بین ۰/۵ تا ۰/٦۵ است که از مقطع ۱ تا ٦ روند کاهشی دارد. بررسی‌های میدانی نشان داد کاهش شدید مقدار کرویت در مقاطع ۲ و ٤ به دلیل ورود لغزش‌های‌کناری به رودخانه بود که با نتایج Sadeghi et al. (2007) تطابق دارد. همچنین، مطالعهٔ زمین‌شناسی منطقه نیز نشان داد در حوزهٔ بالادست این دو مقطع گسل‌های متعددی وجود دارد که باعث خردشدگی و تغذیهٔ رسوبات زاویه‌دار به رودخانه می‌شود و به کاهش کرویت در این دو مقطع منجر می‌گردد. از طرفی، در مقاطع ۳ و ۵ افزایش شدید کرویت دیده می‌شود که باعث شده با وجود کاهشی‌بودن روند کلی شکل کسینوسی به نمودار بدهد. نتیجه اینکه در این مقطع ترکیبی از عوامل مختلف زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، و هیدرولیکی زمینهٔ ایجاد ناهمگنی در رفتار ریخت‌سنجی رسوبات بستر در جهت پایاب را فراهم کرده است. در خصوص عامل کرویت، Sneed and Folk (1958) نیز اعلام کردند کرویت تابعی پیچیده از سنگ‌شناسی، فاصلهٔ انتقال، و اندازهٔ ذرات است.

در شکل ۱۰ روند تغییرات جورشدگی از مقطع ۱ تا ٦ به صورت روند کلی کاهشی است، اما در این روند کلی از مقطع ۱ تا ۳ روند کاهشی مشاهده می‌شود. پیوستن شاخه‌های فرعی متعدد در این مقاطع دلیل اصلی این روند کاهشی است که با یافته‌های Rice and Churc (1998) و Demir (2003) همخوانی دارد. همچنین، افزایش مقدار جورشدگی از مقطع ۳ تا ۵ از قانون طبیعی خود، که از بالادست به سمت پایین‌دست جورشدگی افزایش می‌یابد، تبعیت می‌کند و با نتایج Sadeghi et al. (2007) مطابقت دارد. اما در مقطع ٦ روند شدید کاهش جورشدگی مشاهده می‌شود که می‌تواند تحت تأثیر وجود چند شاخه گسل اصلی در بخش پایین‌دست حوزه، تراکم زهکشی بالا (۲/٤۳ کیلومتر بر کیلومتر مربع) بیان‌کنندهٔ ورود شاخه‌های فرعی بیشتر به مقطع ٦ باشد که با نتایج Rice and Churc (1998) تطابق دارد.

روند تغییرات متوسط اندازهٔ ذرات از مقطع ۱ تا ٦ روند کلی افزایشی است که این روند با نتایج Clifford (2001) و Sadeghi et al. (2007) همخوانی ندارد. این روند افزایشی می‌تواند ناشی از وجود گسل در امتداد رودخانه از بالادست به سمت پایین‌دست حوزه باشد.

روند تغییرات D90 از مقطع ۱ تا ٦ به طور کاملاً محسوسی افزایشی است که با نتایج Sadeghi et al. (۲۰۰۷) تطابق ندارد و دامنهٔ تغییرات آن بین ۳۲/۹۷ تا ۵۸۹/٦۹ است. این روند افزایشی می‌تواند به دلیل لغزش‌های کناری رودخانه باشد که رسوبات با D90 بزرگ‌تر، به علت سنگینی، در محل باقی می‌ماند و رسوبات ریزتر حمل می‌شود. D10 و D50 افزایش بسیار ملایمی داشته است. از نمودار تغییرات D10، D50، و D90 می‌توان برای برنامه‌ریزی برداشت معادن در بستر رودخانه‌ها استفاده کرد. به نظر می‌رسد رسوبات درشت‌دانه در بستر این رودخانه نسبت به رسوبات ریزدانه غالب‌ترند که این می‌تواند با ویژگی‌های خاص سنگ‌شناسی حوزه مرتبط باشد.

دامنهٔ تغییرات چولگی رسوبات بستر مقاطع رودخانه از ۱/۰٦- تا ٦/۲۷- است. مقدار چولگی، صرف نظر از علامت آن، نشان‌دهندهٔ شدت ریز یا درشت‌بودن ذرات غالب است که این امر در رسوبات رودخانه‌های کوهستانی (منطقهٔ مورد مطالعه) طبیعی است. همچنین، روند تغییرات کشیدگی رسوبات بستر در مقطع ۱ تا ٦ درخور توجه است. Healy and Wo (2002) در مطالعات خود به بررسی کشیدگی و چولگی رسوبات بستر در مناطق کوهستانی و اهمیت آن در تفسیر رسوبات درشت‌دانه تا ریزدانه اشاره کرده‌اند.

جمع‌بندی

در مطالعهٔ حاضر، روند ویژگی‌های مورفومتری رسوبات بستر در جهت پایین‌دست بررسی شد و نتایج نشان داد که تغییرات اندازهٔ مواد بستر و ویژگی‌های شکلی آن‌ها در جهت پایین‌دست از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند و روندی پیچیده دارد. نتایج این بررسی و همچنین شواهد به‌دست‌آمده از مطالعات میدانی نشان داد که این پیچیدگی‌ها می‌تواند متأثر از عوامل متعددی از قبیل ورود رسوبات از شاخه‌های فرعی و از حاشیهٔ کانال به رودخانه، وجود گسل، شیب آبراهه، تراکم آبراهه، وضعیت زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه، و فاصله از بالادست باشد.
پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌هایِ بعدی، ضمن پژوهش در رودخانه‌های طویل‌تر و با پارامترهای ریخت‌سنجی بیشتر، لایه‌های زیرین رسوبات بستر رودخانه‌ها نیز بررسی شود تا تأثیر سیلاب‌های تاریخی نیز بررسی و شناسایی شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از مدیریت محترم وقت گروه مهندسی آبخیزداری دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس (نور)، به خاطر در اختیار قراردادن دستگاه گراولومتر برای انجام دادن این تحقیق، قدردانی می‌نمایند. همچنین، از پروفسور سیمون بلات، از دانشگاه رویال هالوی لندن، به خاطر ارسال بستهٔ نرم‌افزاری GRADISTAT سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

References

[1] Attal, M. and Lave, J. (2006). Changes of bedload characteristics along the Marsyandi River central Nepal; implications for understanding hillslope sediment supply, sediment load evolution along fluvial networks, and denudation in active orogenic belts. Geological Society of America Special Papers, 398, 143-171.

[2] Blott, S. and Pye, K. (2001). GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth surface processes and landforms, 26(11), 1237-1248.

[3] Clifford, N.J. (2001). Conservation and the river channel environment. In: A. Warren 2 J. R. French (eds) Habitate Conservation, john Wiley and Sons Ltd, 356, 68-104.

[4] Demir, T. (2003). Downstream changes in bed material size and shape characteristics in a small upland stream, Cwm Treweryn, in South Wales. Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, Yerbilimleri, 28, 33-47.

[5] Fayazi, F., Feyznia, S. and Sabetghadam, M. (2005). Karaj River basin sedimentology (Kasil-Nesa basin) with special attitude on formation erodibility. 8th Conference of Iran Geology Society, Shahrood Industrial University, 10 p.

[6] Frip, J.B. and Diplas P. (1993). Surface sampling in gravel stream. Journal of Hydraulic Engineering, 119(4), 473-490.

[7] Gomez, B. (2001). Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. Water Resources Research, 37(6), 1813-1823.

[8] Healy, T. and Wo, K. (2002). Sediment characteristics and bed level changes in relation to sand extraction and damming of a sand-gravel river: the lower Waikato River, New Zealand. Journal of Hydrology, 41(2), 175-196.

[9] Heitmuller, F.T. and Hudson, P.F. (2009). Downstream trends in sediment size and composition of channel-bed, bar, and bank deposits related to hydrologic and lithologic controls in the Llano River watershed, central Texas, USA. Geomorphology, 112, 246–260.

[10] Jandaghi, N., Ouwnagh, M., Biroodian, N., Najafinejad, A. and Amini, A. (2005). Comparison of granulometry and type of three flood flow in Ziarat watershed, Gorgan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 11(2), 29-42.

[11] Khaledi Darvishan, A., Sadeghi, S.H.R., Vafakhah, M. and Gholami, L. (2009). Recognition of effective physical characteristics of watershed on bed sediment morphometry (case study: Vaz River). Iran-Water Resources Research, 4(1), 75-78.

[12] vKnighton, A.D. (1980). Longitudinal changes in size and sorting of stream-bed material in our English River. Geological Society of America Bulletin, 91(1), 55-62.

[13] Kodama,Y., Daigaku, T. and Senta, S.J. (1992). Effect of abrasion on downstream gravel-size reduction in the Watarase River, Japan: fieldwork and laboratory experiments. Environmental Research Center, The University of Tsukuba, 88 p.

[14] Leeder, M.R. (1988). Sedimentology: Process and Product, Fletcher & Son Ltd, 344 p.
[15] Mills, H.H. (1979). Downstream rounding of pebbles-a quantitative review. Journal of Sedimentary Petrology, 49, 295-302.
[16] Mousavi Herami, R. (1988). Sedimentology, Astan Ghods Razavi Puplication, Mashhad. 480 p.
[17] Mosley, M.P. and Tindale, D.S. (1985). Sediment variability and bed material sampling in gravel-bed rivers. Earth Surface Processes Landforms, 10(5), 465-482.
[18] Muskatirovic, J. (2007). Analysis of bedload transport characteristics of Idaho streams and rivers. Earth Surface Processes and Landforms, 33, 1757-1768.
[19] Nino, Y. (2002). Simple model for downstream variation of median sediment size in Chilean rivers. Journal of Hydraulic Engineering, 128(10), 934-941.
[20] Pizzuto, J.E. (1995). Downstream fining in a network of gravel-bedded rivers. Water Resources Research, 31(3), 753-759.
[21] Rice, S. and Church, M. (1998). Grain size along two gravel-bed rivers: statistical variation. Spatial pattern and sedimentary links. Earth Surface Processes and Landforms, 23(4), 345-363.
[22] Rodriguez, J.G. and Uriarte, A. (2009). Laser diffraction and dry-sieving grain size analyses undertaken on fine- and medium-grained sandy marine sediments: a note. Journal of Coastal Research, 25(1), 257-264.
[23] Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A., Vafakhah, M. and Gholami, L. (2007). Study on changes in morphometric characteristics of bed materials (case study: Vaz watershed, Mazandaran). Journal of the Iranian Natural Resources, 4, 1197-1185.
[24] Shfaei Bajestani, M. (1995). Sediment Hydraulic. Shahid Chamran University Puplication: Ahvaz, 438 p.
[1] Shirazi, M.A., Faustini, J.M. and Kaufmann, P.R. (2009). Streambed gravel sampling and frequency base conversion: A solution to data set sharing. Water Resources Research, 45(1), 414-21.
[25] Sneed, E.D. and Folk, R. (1958). Pebbles in the lower Colorado River Texas: a study in particle morphogenesis. Journal of Geology, 40, 443-451.
[26] Surian, N. (2002). Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes. Geomorphology, 43, 137-149.
[27] Whitaker, A. and Potts, C. (2007). Coarse bed load transport in an alluvial gravel bed stream, Dupuyer Creek, Montana. Earth Surface Processes and Landforms, 32(13), 1984-2004.