

## عوامل موثر بر روند ریزشوندگی به سوی پایین دست در رودخانه‌های با بستر گراولی: نمونه‌هایی از باختر و شمال ایران

سعید خدابخش

دانشگاه بوعلی‌سینا، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

\*saeed@basu.ac.ir

دریافت: ۹۳/۶/۱۶ پذیرش: ۹۳/۹/۲

### چکیده

روند ریزشونده به سمت پایین دست رودخانه‌ها در اثر جورشدگی هیدرولیکی و سایش دانه‌ها ایجاد می‌شود. افت سرعت و قدرت جریان به سوی پایین دست باعث حمل انتخابی رسوبات و در نتیجه کاهش اندازه دانه‌ها در این راستا می‌شود. با این وجود، ناپیوستگی‌هایی در این روند رخ می‌دهد. در این پژوهش، هفده رودخانه کشور واقع در پهنه‌های ساختاری ایران مرکزی، سنندج-سیرجان و زاگرس برای شناخت اثر شش عامل ایجاد ناپیوستگی در روند ریزشوندگی به سوی پایین دست رودخانه‌ها آزموده شده‌اند: ورود منابع کناری، تغییر لیتولوژی، برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای، وجود گسل در مسیر و افزایش شیب بستر. اولین عامل موجب دو نوع ناپیوستگی: ۱- به صورت پرش ناگهانی (در صورت ورود شاخه فرعی با بار گراولی، تغییر لیتولوژی به سنگ‌های نامقاوم‌تر به سوی پایین دست، تغییر شیب و یا وجود گسل در مسیر) و ۲- روند درشت شونده موقتی اندازه دانه (در صورت وجود منابع واریزه در مسیر) می‌شود. برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای موجب شدت موقتی روند ریزشوندگی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ریزشوندگی، رودخانه، ایران.

### مقدمه

مطالعات آزمایشگاهی و ارایه فرمول‌های تئوری و مدل‌های عددی، به طور فزاینده‌ای دانش ما را از جابه‌جایی رسوب در سیستم‌های رودخانه‌ای افزایش داده‌اند [۱۷ و ۲۵]. بررسی ویژگی‌های بافتی و شاخص‌های آماری رسوبات رودخانه‌ها علاوه بر کاربری‌های عمرانی، می‌تواند ابزار مفیدی در تفسیر محیط‌های رسوبی رودخانه‌ای گذشته نیز باشد [۲۰ و ۲۲].

رودخانه‌ها در مسیر خود تحت تاثیر سازندها و شرایط زمین‌شناسی حوضه آبریز خود قرار می‌گیرند. در این پژوهش، عوامل کنترل کننده روند ریزشوندگی در رودخانه‌های با بستر گراولی مطرح شده است؛ شواهد بحث شده در مقاله از بررسی‌های انجام شده بر روی پانزده رودخانه در باختر و شمال کشور (شکل ۱ الف) انتخاب و گردآوری شده است. انتخاب این رودخانه‌ها به صورتی بوده که در دو زیرحوضه از حوضه‌های دوازده‌گانه کشور قرار گیرند. جایگاه این مناطق در مناطق ساختاری زمین‌شناسی کشور به شرح زیر است: زون ایران مرکزی سیمینه‌رود، خرم‌رود، کلان، حرم‌آباد، قلقل‌رود و زون زاگرس (رودخانه‌های جامیشان، دینه‌ور و بادآور). این

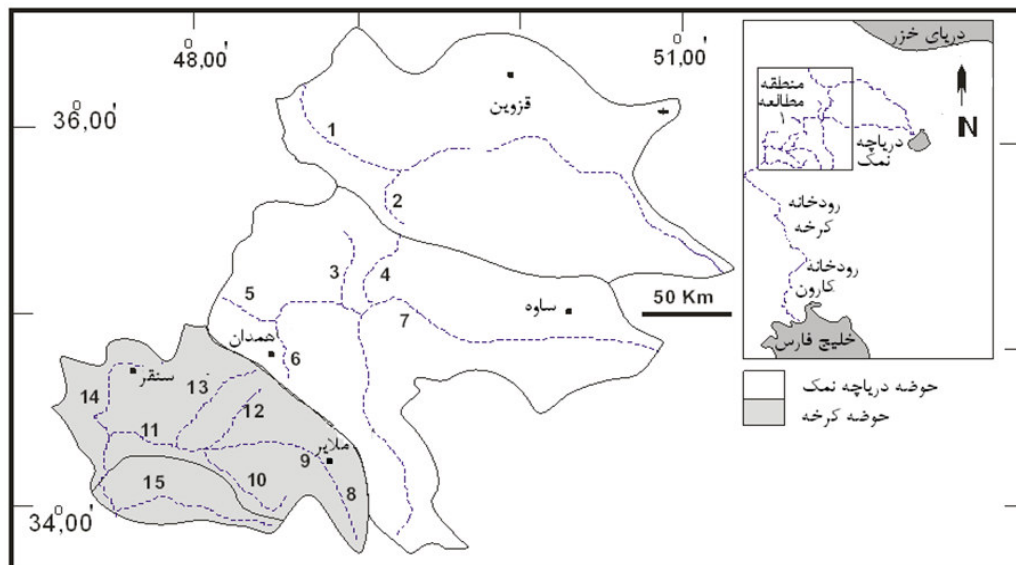
رودخانه‌ها سیستم‌های پویایی هستند که همواره در حال تغییر و دگرگونی هستند [۹]. ارتباط بسیار نزدیک رودخانه‌ها با زندگی انسان بررسی آن را از دیدگاه‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر می‌کند. از آنجایی که بسیاری از مواد رسوبی حوضه‌های قاره‌ای حاصل ته‌نشست رودخانه‌ها هستند، پژوهش بر روی رسوبات رودخانه‌ها، ما را به شناخت ویژگی‌های بخش بزرگی از بستر و ساختگاه شهرها و دیگر سازه‌های عمرانی راهنمایی می‌کند. رودخانه‌ها، مجراهایی هستند که به عنوان زهکش آب‌های سطحی مناطق اطراف عمل کرده و هم‌زمان رسوبات را از ناحیه منشا به حوضه‌های آبرفتی انتقال می‌دهند [۱۴]. نقش مهم رودخانه‌ها در ایجاد فرسایش، تولید، انتقال و ته‌نشست رسوبات و تغییر در ریخت‌شناسی سطح زمین باعث شده است که از دیر باز مورد توجه دانشمندان قرار گیرند [۲۶]. از طرف دیگر، رودخانه‌ها به عنوان یک منبع آب شیرین، اثر مستقیمی بر توسعه یک کشور دارند. بررسی فرایندهای موثر در رودخانه‌های امروزی، به همراه (رودخانه‌های خررود و آوج‌رود)، زون سنندج-سیرجان (رودخانه‌های خمیگان، زهتران، قره‌چای، بهادر بیگ، یلفان،

قرار گرفت. این تفکیک به صورت کمی و بر اساس شاخص‌های آماری و نیز تغییرات نسبت رده‌های رسوبی بیان شده است. برای نیل به هدف اشاره شده، نمونه‌برداری از بستر رودخانه‌های مورد مطالعه (فاصله میانگین ۳-۱ کیلومتر) به صورت نقطه‌ای و پس از زدودن رسوبات سطحی، با توجه به تاثیر عوامل زمین‌شناسی، پیچش رودخانه و ورود شاخه‌های فرعی و یا منابع رسوبی کناری از بستر و دیواره رودخانه برداشت شد (شکل‌های ۱ ب و پ). هنگام نمونه‌برداری سعی گردید که بافت نمونه تحت تاثیر رخساره‌های مجاور (اختلاط) قرار نگیرد. آماده‌سازی نمونه‌ها (خشک کردن، حذف مواد آلی و ...) به روش‌های متداول [۷] انجام گرفته است. دانه‌سنجی بخش ماسه‌ای و گراولی به روش الک خشک [۱۶] و بخش دانه‌ریز (سیلت و رس) رسوبات با استفاده از روش دانه‌سنجی لیزری (Analysette 22، ۲۳۰۷، ۰/۶W و ۱۴۰A) در دانشگاه بوعلی‌سینا آنالیز شدند و نتایج آن با نتایج حاصل از الک تلفیق شد. تغییرات درصد رده‌های رسوبی (گراول، ماسه و گل) و روند ریز شوندگی به سمت پایین‌دست رودخانه با استفاده از نرم‌افزار اکسل مورد بررسی قرار گرفت. از تصاویر ماهواره‌ای (spot 2013) برای نشان دادن شرایط زمین‌شناسی حوضه استفاده شد. ترسیم نقشه‌ها و ویرایش نمودارها با نرم‌افزار CorelDraw 13 انجام گرفت.

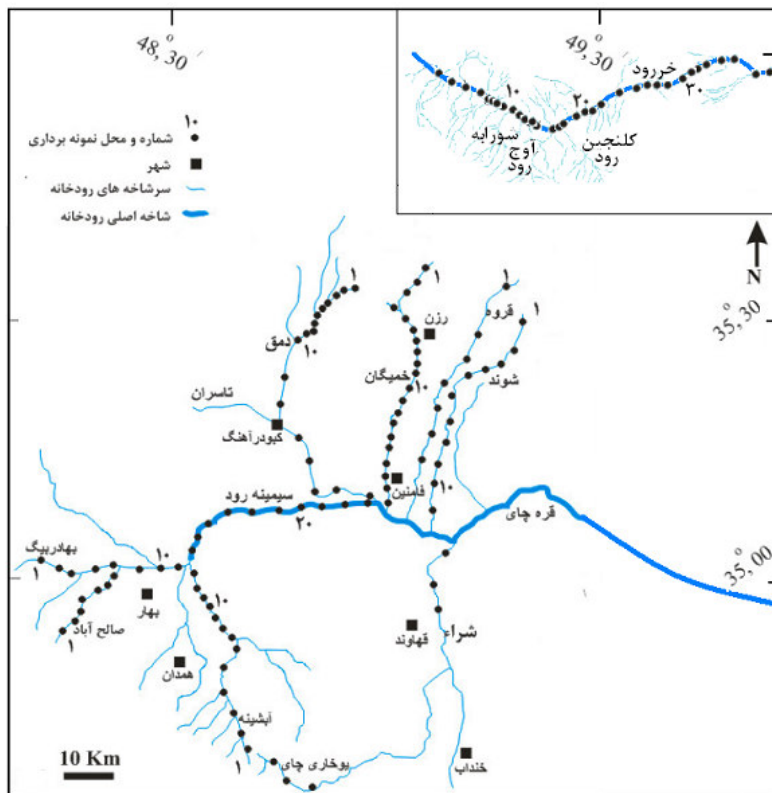
رودخانه‌ها در زیر حوضه‌های آبریز دریاچه نمک و کرخه (به ترتیب واقع در حوضه آبریز مرکزی ایران و خلیج فارس و دریای عمان) و در محدوده استان‌های قزوین، مرکزی، همدان، لرستان و کرمانشاه قرار دارند. از مهم‌ترین کاربردهای این پژوهش می‌توان به تاثیر شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفیک منطقه (لیتولوژی، گسل، شیب، ورود شاخه‌های جانبی) بر ویژگی‌های رسوبی رودخانه اشاره کرد.

### اهداف و روش‌ها

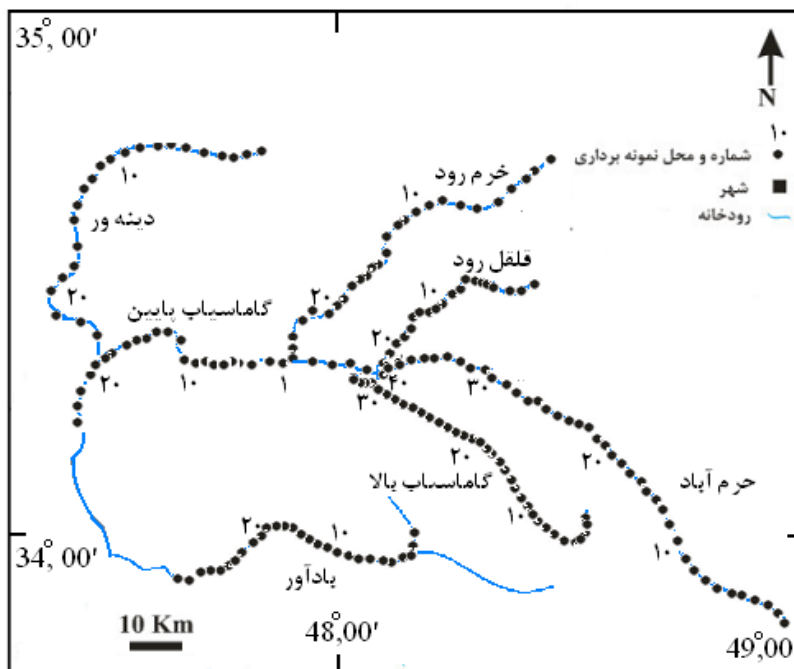
یکی از مهم‌ترین موضوعات مشترک در مورد رسوبات رودخانه، روند کاهش اندازه دانه‌ها به سوی پایین‌دست است. بررسی عوامل موثر و تعیین ناپیوستگی‌ها بر این روند توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است [۱، ۳ و ۴]. هدف اصلی این مقاله تلفیق نتایج مشترک چندین پایان‌نامه پژوهشی با رویکرد نوع رودخانه و رخساره‌های رسوبی است که در حوضه‌های مختلف انجام شده است. رودخانه‌های مورد مطالعه به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که برخی سرشاخه‌های اصلی دو حوضه‌ی آبریز دریاچه نمک و کرخه را در بر بگیرند. بنابراین چارچوب این مقاله بر مبنای تفکیک نوع ناپیوستگی‌ها در روند ریزشوندگی رسوبات رودخانه‌ای به سوی پایین‌دست بر اساس عامل ایجاد آن



شکل ۱. الف- موقعیت رودخانه‌های مورد مطالعه در این پژوهش؛ رودخانه‌های حوضه دریاچه نمک: الف- زیر حوضه رودشور: ۱- خررود، ۲- آوج رود، ب- زیر حوضه قره‌چای: ۳- خمیگان، ۴- زهتران، ۵- بهادربیگ، ۶- یلفان-سیمینه رود، ۷- قره‌چای، رودخانه‌های حوضه گاماسیاب: ۸- کلان، ۹- حرم‌آباد، ۱۰- گاماسیاب پایین، ۱۱- گاماسیاب بالا، ۱۲- خرم‌رود، ۱۳- قلقل‌رود، ۱۴- دینه‌ور و جامیشان، رودخانه‌های حوضه سیمره: ۱۵- بادآور.



شکل ۱. ب- موقعیت نقاط نمونه‌برداری از رودخانه‌های خررود (بالا) و شاخه‌های رودخانه قره‌چای؛ هر دو رودخانه در حوضه آبریز دریاچه نمک قرار دارند.



شکل ۱. پ- موقعیت نقاط نمونه‌برداری از رودخانه‌های حرم‌آباد، گاماسیاب، قلقل‌رود، خرم‌رند، دینه‌ور و بادآور؛ این رودخانه‌ها در حوضه‌های آبریز گاماسیاب و سیمره قرار دارند.

## سطوح سیستماتیک رسوبات آبرفتی

رودخانه‌ها بستر مطالعاتی علوم مختلف، از جمله رسوب‌شناسی، هستند. پژوهش‌های رسوب‌شناسی بر روی رودخانه‌ها در سطوح مختلفی انجام می‌شود که با عنوان سیستماتیک رسوبات آبرفتی (alluvial systematic) شناخته می‌شوند [۱۹]. در این گونه بررسی‌ها طیف وسیعی از داده‌ها به کار می‌رود که می‌توانند اطلاعات مهمی از قبیل عوامل کنترل کننده بافت و ساخت رسوبات، هیدرودینامیک و انتقال رسوبات، رخساره‌ها و زیرمحیط‌های رودخانه‌ای، پایداری کانال و تغییرات هندسی آن در اختیار ما قرار دهد. این سطوح عبارتند از [۱۹]:

سطح صفر (level 0 = particles): بررسی رسوبات در مقیاس دانه‌های تشکیل دهنده (مانند اندازه، شکل و جورشدگی)

سطح یک (level 1 = strata sets): بررسی زیر محیط‌های رودخانه‌ای در اندازه یک سد نقطه‌ای (point bar)

سطح دو (level 2 = form units): بررسی واحدهای زمین‌ریخت‌شناسی اصلی رودخانه (مانند کانال، پشته‌ها و سدها)

سطح سه (level 3 = architectural elements): عناصر ساختاری و ارتباط زایشی مجموعه واحدها و رسوبات رودخانه در نتیجه فرایندهای درون حوضه‌ای (autogenic (internal) processes=) مانند مهاجرت کناری یک رودپیچ)

سطح چهار (level 4 = alluvial complexes): بررسی مجموعه رسوبات رودخانه در نتیجه فرایندهای بیرون حوضه‌ای (allogenic (internal) processes=)

با توجه به رده‌بندی اشاره شده، پژوهش‌های رسوب‌شناسی بر روی رودخانه‌های کشور در سطوح مختلفی در حال انجام است (به عنوان نمونه: [۲، ۵، ۶، ۱۰ و ۱۸]). با توجه به این که پژوهش حاضر در سطح صفر رده‌بندی لوین [۱۹] انجام می‌شود اهمیت و کاربرد این گونه مطالعات در زیر شرح داده می‌شود.

رودخانه‌ها در مسیر خود پیوسته تحت فرآیندهای فرسایش و انتقال رسوب هستند؛ مطالعه مکانیسم‌های جابه‌جایی رسوب و توان جریان در مطالعات پایه بر روی رودخانه‌ها نیز بسیار حایز اهمیت است. هرگونه کاهش و افزایش بار رسوبی رودخانه پیامدهای مختلفی از جمله

وقوع پدیده کف‌کنی و یا تراز افزایشی، تغییر دانه‌بندی مصالح و نیمرخ طولی آن را در پی دارد. به عنوان مثال سدهایی که در امتداد رودخانه‌ها ساخته می‌شوند بر توازن اعمال سه‌گانه رودخانه (فرسایش، جابه‌جایی و رسوب‌گذاری) تاثیر می‌گذارند. به همین دلیل و نیز به منظور طراحی و بهره‌برداری از سازه‌های کنترل جریان نظیر سد، بند و کانال‌های انتقال نیز آگاهی از بار رسوبی رودخانه ضروری است. رودخانه در بازه‌های مختلف دارای رفتار فرسایشی، رسوب‌گذاری و یا رفتار تعادلی (بدون رسوب‌گذاری و صرفاً جابه‌جایی مواد) از خود نشان می‌دهد. با تعیین سیستم رودخانه‌ای می‌توان به رفتار رودخانه در بازه‌های مختلف آن پی‌برد [۲۴]. این رفتار ارتباط مستقیم با نوع رودخانه دارد. تحلیل بار رسوبی رودخانه‌ها در بسیاری از مسایل عمرانی (از جمله تعیین عمر مفید سد) بسیار مهم است. مسایل مطرح در این رابطه اندازه دانه‌ها و میزان (حجمی یا وزنی) رسوب جابه‌جایی شده در یک بازه زمانی (مانند یک سال آبی) توسط رودخانه است. در بررسی دقیق‌تر، نسبت بار رسوبی (بار بستر، معلق) یکی از شاخص‌های تعیین کننده نوع رودخانه است. این نسبت، ارتباط مستقیم با سرعت و در نتیجه توانایی جابه‌جایی رسوبات آن دارد [۲۱].

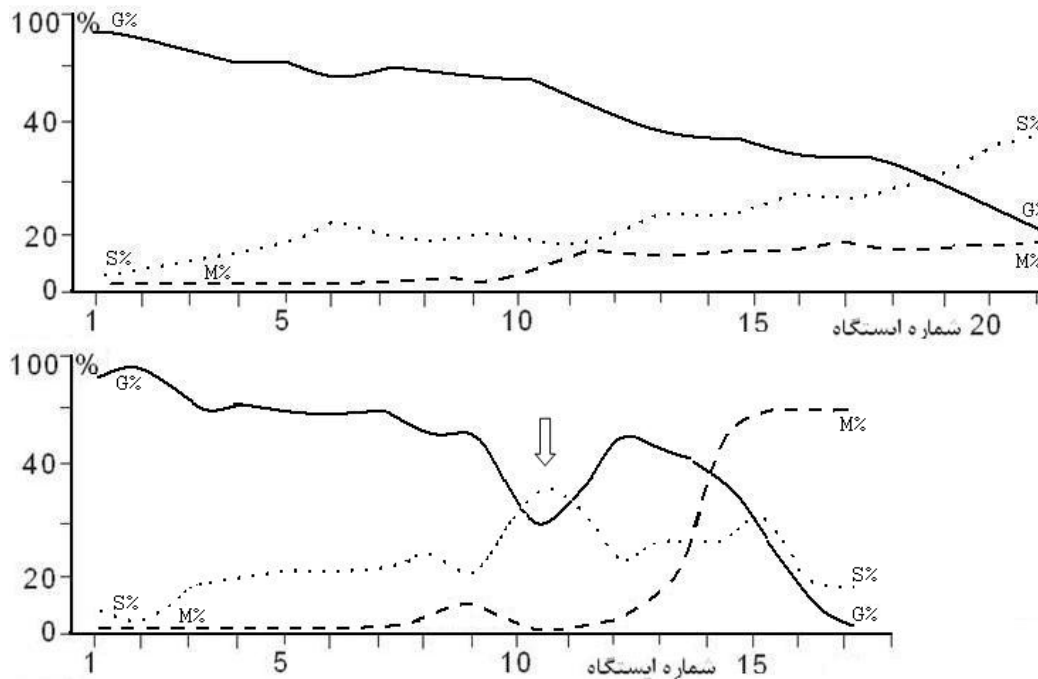
## نتایج و بحث

با وجود این که رودخانه‌ها از نظر جنس و شیب بستر، نوع پوشش گیاهی میزان بارندگی و ویژگی‌های زمین‌شناسی حوضه بسیار متنوع هستند، در بسیاری موارد رفتارهای یکسانی از خود نشان می‌دهند. از جمله آن‌ها روند کاهش اندازه دانه‌ها به سوی پایین دست است؛ این روند توسط عوامل مختلفی دچار تغییراتی می‌شود. سازوکار روند کاهش اندازه دانه‌ها و تغییرات ناشی از عوامل محیطی با آنالیز اندازه دانه‌ها قابل تفسیر است [۱۷، ۲۴ و ۳۲]. اکثر مطالعات انجام شده بر روی روند ریزشوندگی در طول کانال رودخانه‌های با بار بستر گراولی نشان داده است اندازه دانه‌ها به سمت پایین دست، به صورت نمایی کاهش می‌یابد [۲۷]. دو عامل کنترل کننده این روند عبارتند از: ۱- جورشدگی هیدرولیکی (= تهنشست انتخابی) دانه‌ها بر اساس شکل، اندازه و چگالی آن‌ها و ۲- سایش دانه‌ها به صورت خردایش (crushing)، سایش (grinding)، جدایش (splitting)، پوسته پوسته شدن (chipping)، شکستگی

۱- ورود منابع کناری: کاهش اندازه دانه‌های ترابری شده در رودخانه‌ها به سوی پایین‌دست حاصل افت شیب بستر، کاهش توانایی ترابری آب و در نتیجه ترابری انتخابی دانه‌های ریزتر به سوی پایین دست است [۳۱]. در مورد دانه‌های گراولی، خرد شدن آن‌ها در طول مسیر [۲۳] به بارزتر شدن این روند کمک می‌کند. به این دلیل، بررسی عوامل موثر بر روند ریزشوندگی به سوی پایین‌دست رودخانه‌های با بستر گراولی بیش‌تر مورد توجه پژوهشگران بوده است [۱۴، ۲۳، ۲۹ و ۳۰]. ناپیوستگی‌های ایجاد شده در اثر این عامل به خوبی در منحنی‌های تغییر میانگین اندازه دانه‌ها [۱، ۱۱ و ۲۹] به سوی پایین‌دست قابل مشاهده است. اثر این عامل به صورت دیگری در نمودار فراوانی رده‌های رسوبی قابل نمایش است: در این نمودار کاهش درصد گراول‌ها به سمت پایین‌دست بارز است (شکل ۲). روند تغییرات فراوانی ماسه و گل شبیه یکدیگر (افزاینده به سوی پایین‌دست) و معمولاً خلاف روند تغییرات فراوانی گراول است (شکل ۲). علت این امر، کاهش انرژی جریان برای ترابری دانه‌های درشت است.

(cracking) و ساییش توسط ماسه (sandblasting، [۲۳]). البته این روند در اثر ورود رسوبات جانبی دانه درشت از کانال‌های فرعی و ریزش دامنه‌ها ممکن است تغییر کند [۱۳]. جورشدگی انتخابی در نتیجه جابه‌جایی ترجیحی ذرات دانه درشت است که به وسیله نیروهای هیدرولیکی رودخانه و خواص ژئومورفیکی مثل کاهش شیب بستر رودخانه کنترل می‌شود [۱۵ و ۲۷]. علاوه بر آن عوامل دیگری مانند جنس، اندازه و شکل رسوبات، شکل کانال، دخالت انسان موجب تغییر بافت رسوب در رودخانه‌ها می‌شوند.

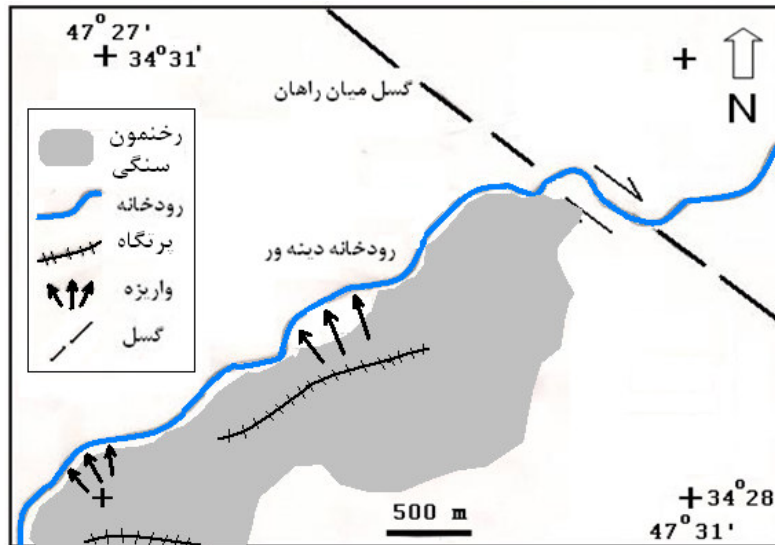
در دو دهه اخیر بررسی بر روی عوامل موثر بر تغییرات بافت و رخساره‌های رسوبی رودخانه‌های کشور شتاب بیش‌تری گرفته است. یکی از مسایل مورد توجه، بررسی عوامل ایجاد ناپیوستگی در روند ریزشوندگی به سوی پایین‌دست در رودخانه‌ها است [۳، ۱ و ۵]. در این پژوهش، اثر پنج عامل ایجاد ناپیوستگی در روند ریزشوندگی به سوی پایین‌دست رودخانه‌های مطالعه شده به تفکیک بررسی می‌شوند:



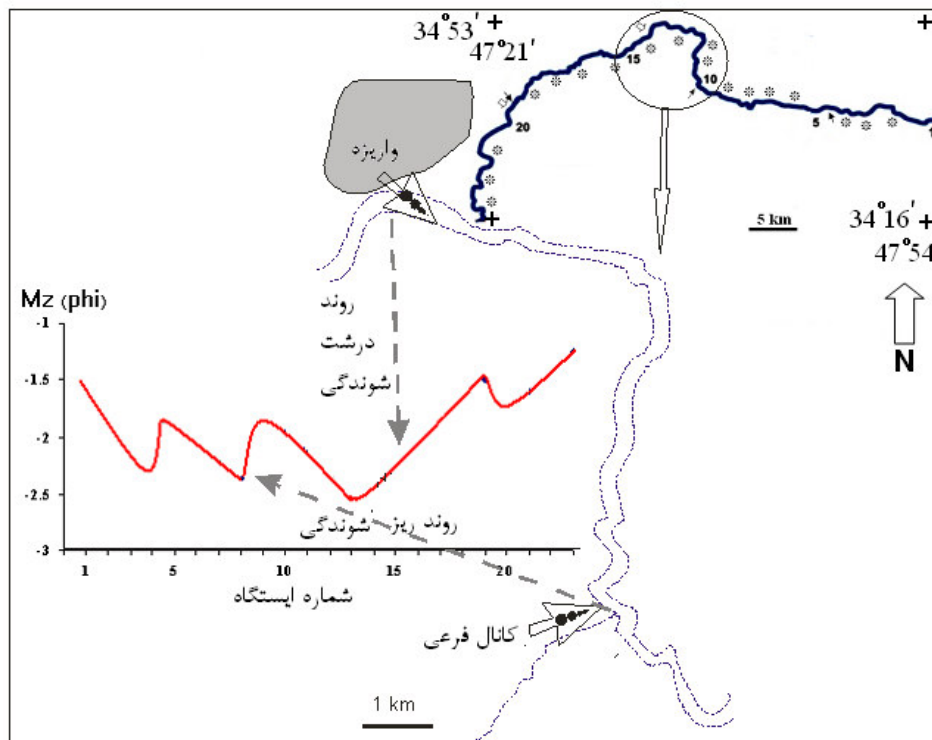
شکل ۲. دو نمونه روند ریزشوندگی اندازه گراول بدون ناپیوستگی (بالا) و با ناپیوستگی رسوبی (پایین). این دو منحنی به ترتیب فراوانی رده‌های اصلی رسوبی در رودخانه‌های قلقل رود (تویسرکان) و سیمینه رود را نشان می‌دهند: پیکان = محل پیوستن شاخه فرعی صالح-آباد به سیمینه رود. G، S و M = گراول، ماسه و گل (به ترتیب).

می‌دهد (شکل ۴). ریزش واریزه و ورود مخروط‌افکنه علاوه بر تغییر مسیر و انحراف رودخانه (شکل ۳) موجب پدید آمدن نوع دوم ناپیوستگی در روند میانگین اندازه دانه‌ها می‌شود (شکل ۴). در این نوع ناپیوستگی، اندازه دانه‌ها با نزدیک شدن به منشأ کناری به صورت افزایشی به روند افزایش می‌یابد و با دور شدن از منشأ روند کاهش می‌یابد. طبیعی خود به سوی پایین دست ادامه می‌یابد.

مهم‌ترین منابع کناری رسوبات در رودخانه‌ها عبارتند از ورود شاخه‌های فرعی، مخروط‌افکنه‌ها و واریزه‌های سنگی به کانال اصلی رودخانه. ناپیوستگی ایجاد شده در اندازه دانه‌ها در اثر ورود منابع کناری در شکل‌های ۲، ۴ و ۵ نشان داده شده است. یک نوع ناپیوستگی در محل ورود شاخه‌های فرعی به شاخه اصلی به صورت افزایش محلی میانگین اندازه دانه‌ها مشاهده می‌شود و پس از آن روند کاهش به سیر طبیعی خود به سوی پایین دست ادامه



شکل ۳. نقشه سطحی بخشی از رودخانه دینه‌ور (شماره ۱۴ در شکل ۱): انحراف مسیر رودخانه (بیکان دوسویه) در اثر گسل میان راهان و ورود واریزه از رخنمون‌های سنگی کنار رودخانه.



شکل ۴. دو نوع ناپیوستگی رسوبی (به دلیل ورود منابع رسوبی کناری) در منحنی تغییرات میانگین اندازه دانه‌ها در رودخانه گاماسیاب (شماره ۱۱ در شکل ۱).

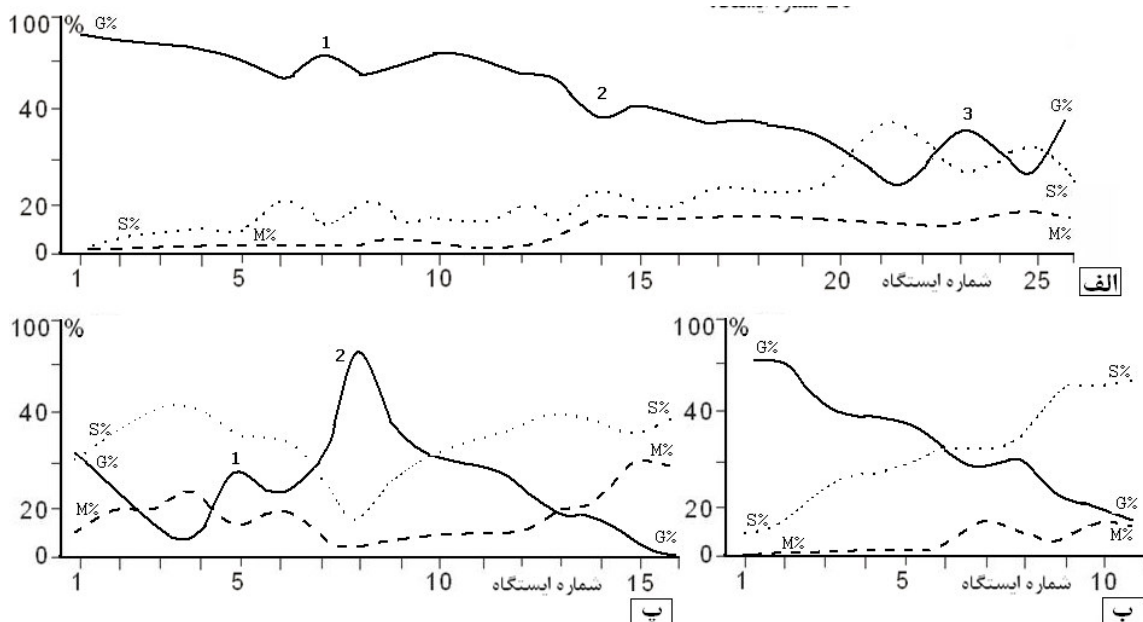
۳- برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای- معدن کاری و برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای از بستر رودخانه موجب کاهش موضعی گراول می‌شود. به عنوان مثال اثر این گونه فعالیت در رودخانه شوند (از شاخه‌های شمال باختری رودخانه قره‌چای) با کاهش گراول همراه با افزایش درصد گل قابل مشاهده است (شکل ۵ ب).

۴- وجود گسل در مسیر: زون‌های برشی ایجاد شده در اثر عملکرد گسل معمولاً منبع تولید دانه‌های گراولی محسوب می‌شوند. از این رو وجود گسل در مسیر رودخانه معمولاً با افزایش محلی شیب بستر و درصد گراول (یا نسبت گراول به سایر دانه‌ها) همراه است (شکل ۷).

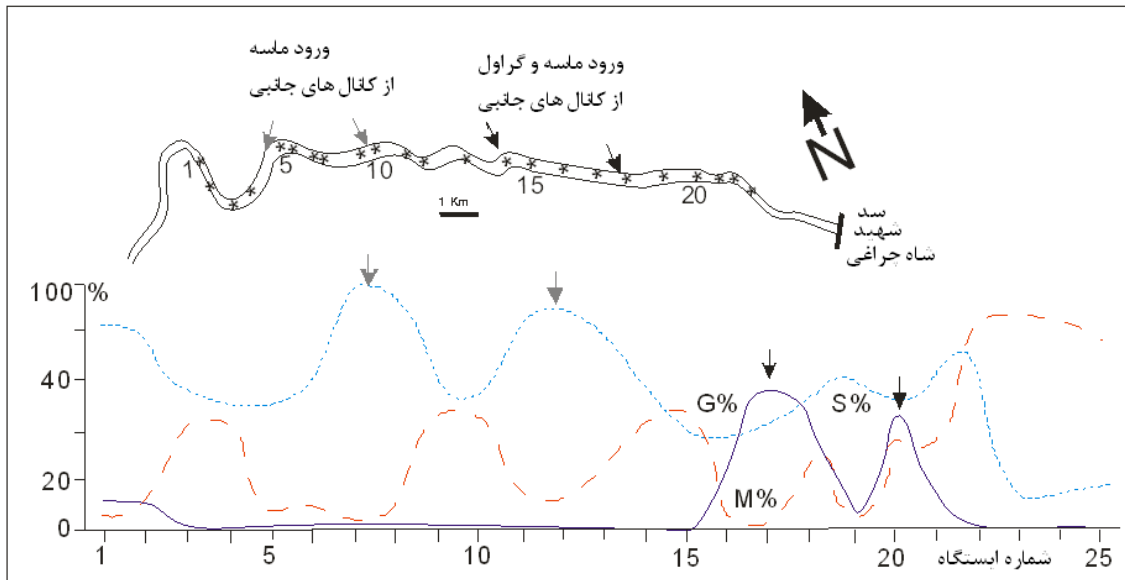
۵- اثر شیب حوضه: شدت روند ریزشوندگی و نیز افت درصد گراول رابطه مستقیمی با شیب (و در نتیجه نیروی هیدرولیکی رودخانه) دارد. در این رابطه دو رودخانه با شیب بستر متفاوت مقایسه می‌شوند. در رودخانه‌های کوهستانی (به عنوان نمونه گاماسیاب، قلقل رود و خرم رود (شکل ۱) به ترتیب با شیب میانگین حدود ۱/۸ درصد) به ازای هر ۱۰ کیلومتر معادل ۱/۷ فی اندازه دانه‌ها و ۱۰٪ گراول در رسوبات بستر کاهش می‌یابد. روند کاهش درصد گراول در رودخانه‌های با شیب کم‌تر (به عنوان مثال خررود با شیب ۰/۲ درصد در دشت) اندازه دانه‌ها به میزان کم‌تر از ۰/۳ فی و میزان گراول ۱/۲ درصد در هر ۱۰ کیلومتر کاهش می‌یابد (شکل ۸).

از آنجایی که رسوبات وارد شده از شاخه‌های فرعی دانه‌بندی متفاوتی دارند، متناسب با دانه‌بندی رسوبات ترابری شده، موجب تغییر فراوانی رده رسوبی متناظر خود در رسوبات شاخه اصلی می‌گردند. مثالی از این مورد در شکل ۶ نشان داده است؛ در این شکل اثر ورود شاخه‌های فرعی غنی از دانه‌های ماسه‌ای و گراولی بر فراوانی ماسه و گراول شاخه اصلی مشهود است. گاهی افزایش ماسه در فاصله بیش‌تری از محل پیوستن شاخه فرعی رخ می‌دهد که ناشی از ترابری طولانی‌تر (و سرعت ته‌نشست طولانی‌تر) این دانه‌ها نسبت به دانه‌های گراولی است.

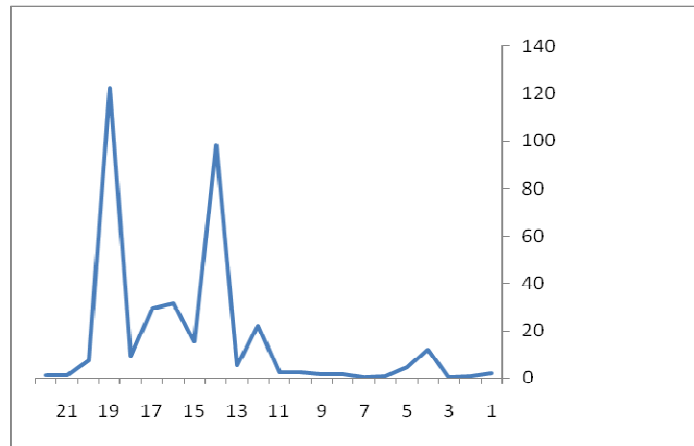
۲- تغییرات سنگ‌شناسی حوضه: ارتباط مستقیمی بین تنوع لیتولوژیکی حوضه آبریز رودخانه‌ها با پدید آمدن ناپیوستگی در روند ریزشیدن اندازه دانه‌ها به سوی پایین دست رودخانه‌ها گزارش شده است [۱۱ و ۸]. بررسی بر روی رودخانه‌های مطالعه شده نشان می‌دهد این عامل هنگامی بر اندازه دانه‌ها تاثیر گذار است که تغییرات لیتولوژی در مسیر رودخانه بسیار ناگهانی و قابل ملاحظه باشد. شکل ناپیوستگی تابع عوامل مختلفی است: ۱- پتانسیل تولید گراول سنگ منشا (شماره ۲ در شکل ۵ الف)، ۲- گذر از سنگ‌های دیر فرسای به زود فرسای (شماره ۱ در شکل ۵ پ). تغییرات ایجاد شده در حالت اول موجب کاهش و در دو حالت دیگر موجب افزایش درصد گراول شده است.



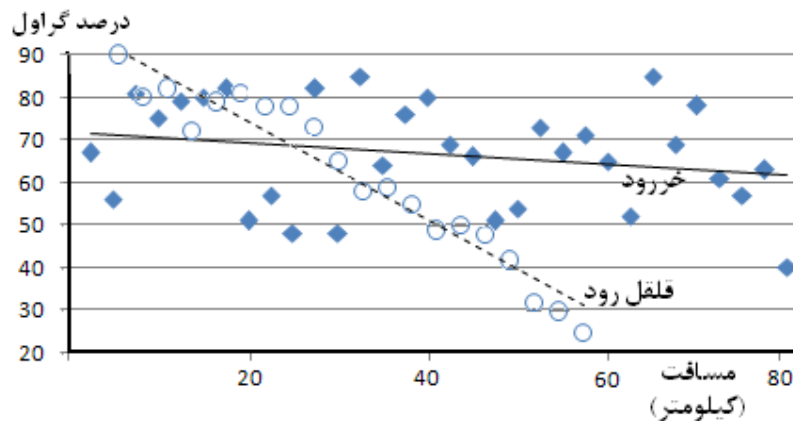
شکل ۵. انواع ناپیوستگی در روند ریزشوندگی اندازه گراول: الف- ناپیوستگی حاصل در مسیر رودخانه قلقل رود، ۱= تغییر لیتولوژی سنگ‌های مسیر رودخانه از هورنفلس به ماسه سنگ و سنگ آهک، ۲= تغییر لیتولوژی از ماسه سنگ و سنگ آهک به رسوبات آبرفتی و ۳= وجود گسل در مسیر رودخانه، ب- ناپیوستگی حاصل برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای از بستر رودخانه شوند، پ- ناپیوستگی حاصل ۱= تغییر لیتولوژی از رسوبات کمی تحکیم یافته پادگانه‌های آبرفتی به رسوبات آبرفتی و ۲= ورود شاخه کناری به رودخانه. محل رودخانه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۶. تغییرات درصد گراول، ماسه و گل در رسوبات بستر رودخانه چشمه‌علی، دامغان (با تغییر پس از [۵]). منشأ شاخه‌های فرعی با بار ماسه ای واحدهای سنگی مزوزوییک (شیل، ماسه سنگ و سنگ‌های کربناته) و منشأ شاخه‌های فرعی با بار گراولی واحدهای سنگی پالئوزوییک (سنگ آهک و ماسه سنگ) و آئوسن (توف و کنگلومرا، [۱۲]) است.



شکل ۷. تغییرات نسبت گراول به مجموع ماسه و گل (محور عمودی) در حوضه آبریز دینور، F1=گسل دینه ور، F2 و F3 = مجموعه گسل‌های جنوب میان راهان (محل گسل در شکل ۳).



شکل ۸. مقایسه روند کاهش درصد گراول در رودخانه‌های خررود و قلقل رود



## نتیجه‌گیری

عوامل متعددی موجب نوساناتی در روند ریزشوندگی به سوی پایین‌دست در رسوبات رودخانه‌ای می‌شوند. در این مقاله اثر ورود رسوبات از منابع کناری و قرارگرفتن گسل در مسیر رودخانه بر روی این روند موثر بوده است. این نتایج بر مبنای مطالعه بافت رسوبات بستر شماری از رودخانه‌های باختر و شمال‌کش‌آور بوده است. ناپیوستگی‌های ایجاد شده در نتیجه ورود شاخه‌های فرعی به صورت پرش در درصد رده‌های رسوبی و نیز میانگین اندازه دانه‌ها دیده می‌شوند. ورود واریزه از رخنمون‌های سنگی به صورت روند تدریجی افزایش دانه‌ها (متناسب با نزدیکی به منشا واریزه) تظاهر می‌کند. بروز گسل در مسیر رودخانه نیز موجب پرش در فراوانی در رده‌های رسوبی (عمدتاً گراول) می‌گردد. عوامل موثر دیگر تغییر شیب و معدنکاری در مسیر رودخانه است.

## منابع

- [۱] پاسبان، ع، محمودی قرایی، م ح، محبوبی، ا، خانه باد، م و تقدیسی نیکبخت، س (۱۳۹۱) بررسی رخساره‌های رسوبی و تغییرات ریزشوندگی رسوبات به طرف پایین دست حوضه سرغایه سرنیش (جنوب مشهد)، نشریه رخساره‌های رسوبی، ۵ (۲): ۱۵۳-۱۶۸.
- [۲] پورسلطانی، م ر و معینی صالح، م (۱۳۹۱) مطالعات رسوب‌شناسی رودخانه‌های مطرب‌آباد و صلح‌آباد، حوضه آبریز نوبهار، ایران مرکزی. نشریه رخساره‌های رسوبی، ۵ (۲): ۱۶۹-۱۸۴.
- [۳] ربانی‌فرد، ع ا (۱۳۸۵) بررسی و شناسایی عوامل موثر در تغییر روند پارامترهای اندازه ذرات به طرف پایین دست در طول رودخانه فرومد (استان سمنان - شرق شهرستان شاهرود)، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- [۴] خدابخش، س، رحیمی، ا، ماهفروزی، ع و رفیعی، ب (۱۳۸۵) بررسی نوع رودخانه و روند ریزشوندگی رسوبات حوضه آبریز نکارود (مازندران)، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- [۵] خدابخش، س، میرحسین‌زاده، س ا، چراغی، ف و وکیل‌زاده، ی (۱۳۹۲) ویژگی‌های زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی رودخانه‌ی چشمه‌علی، شمال‌غرب دامغان، هفدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- [۶] خدابخش، س و حسام‌زاده، م (۱۳۹۳) شناخت الگوی کانال رودخانه خررود (جنوب استان قزوین) بر اساس شاخص‌های
- ریخت‌شناسی و رسوب‌شناسی، نشریه رخساره‌های رسوبی، ۶ (۲): ۱۸۶-۲۰۱.
- [۷] خدابخش، س و صحرارو، ن (۱۳۹۲) آزمایش‌های رسوب‌شناسی، انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، ۱۱۹ ص.
- [۸] کرم‌الهی، ل (۱۳۹۰) طبقه‌بندی سرشاخه‌های شمال شرقی رودخانه قره‌چای در استان همدان بر اساس رخساره‌های رسوبی و مورفولوژی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی‌سینا.
- [۹] مقیمی، ا (۱۳۸۸) اکولوژی‌تومورفولوژی و حقوق رودخانه، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۰] مقیمی کندلوسی، ع (۱۳۸۹) رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبریز رودخانه چالوس، رساله دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- [۱۱] موسوی‌حرمی، س ر، محبوبی، ا، غفوری، م و خانه باد، م (۱۳۸۰) بررسی تغییرات اندازه و ترکیب ذرات رودخانه مایان (رودخانه‌ی بی‌بستر گراولی و شیب زیاد) واقع در جنوب غرب مشهد، پنجمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- [12] Alavi, M., Salehi-Rad, R (1975) Geological map of Iran, 1:100000 series, Sheet 6861 Damghan, Geological Survey of Iran.
- [13] Benda, L., Andras, K. Miller, D. and Bigelow, P (2004) Confluence effects in rivers: Interactions of basin scale, network geometry, and disturbance regimes, Water Resour. Res., 40, W05402.
- [14] Ferguson, R (2008) Gravel-bed rivers at the reach scale. In Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration. Habersack, H., Piegay, H. & Rinaldi, M. Amsterdam.: Elsevier. 33-53.
- [15] Ferguson, R.I., and Wathen, S.J (1998) Tracer pebble movement along a concave river profile: virtual velocity in relation to grain size and shear stress. Water Resource Research 34, 2031-2081.
- [16] Folk, R.L (1974) Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 184 pp.
- [17] Frings, R.M (2011) Downstream fining of bed sediments in sand-bed rivers, International Wasserbau- Symposium, P. 12.
- [18] Gharibreza, M.R., Habibi, A.R., Imamjomeh, S.R and Ashraf, M.A (2014) Coastal processes and sedimentary facies in the Zohreh River Delta (Northern Persian Gulf) Catena 122, 150-158.
- [19] Lewin, S (2001) Alluvial systems, In: Maddy, D., Macklin, M.G. and Woodward, J.C. (2001) River basin sediment system: archives of environmental change, A.A. Balkman Publ., 503pp.

- [20] Martins, L.R (2003) Recent sediments and grain-size analysis, Sedimentological Research Group- SERG/ASOS, 90- 105.
- [21] Miall, A.D (2006) The geology of fluvial deposits. Springer, 582p.
- [22] Molnar, M (2006) Floodplain sediment facies analysis and its role in the investigation of archaeological Site stratigraphy in the Midwestern United States, Geography 491.002: Geoarchaeology.
- [23] Mousavi-Harami, R., Mahboubi, A. and Khanehbad, M (2004) Analysis of controls on downstream fining along three gravel-bed rivers in the Band –e –Golestan drainage basin NE Iran, Geomorphology 61, 143-153.
- [24] Nichols, G (2009) Sedimentology and stratigraphy (2<sup>nd</sup> Ed.), Wiley-Blackwell, 419p.
- [25] Parker, G (2005) Transport of Gravel and Sediment Mixtures, ASCE Manual 54, P. 162.
- [26] Radoane, M., Radoane, N., Dumitriu, D., and Miclaus, C (2007) Downstream variation in bed sediment Size along the East Carpathian rivers: evidence of the role of sediment sources, Earth Surface Processes and Landforms, Published online in Wiley InterScience.
- [27] Rengers, F., and Wohl, E (2007) Trends of grain Sizes on gravel bars in the Rio Chagres, Panama., Geomorphology, 83, 282-293.
- [28] Rice, S (1998) Which tributaries disrupt downstream fining along gravel-bed rivers?, Geomorphology 22, 39-56.
- [29] Rice, S. and Chuch, 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.
- [30] Seal, R., Paola, C., Parker, G., Southard, J.B. and Wilcock, P.R (1997) Experiments and downstream fining of gravel. 1- Narrow-channel runs, J. Hydraulic Eng., 123 (10), 874-884.
- [31] Surian, N (2002) Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes, Geomorphology, 43, 137-149.
- [32] Tucker, M.E (2001) Sedimentary petrology. Third Edition, Blackwell, Oxford.p. 252. pp.