



مطالعات رسوب شناسی رودخانه‌های مظهر آباد و صلح آباد، حوضه آبریز نوبهار، ایران مرکزی

مهدی رضا پورسلطانی^{1*}، مصطفی معینی صالح²

1. استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه زمین شناسی، مشهد، ایران

2. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه زمین شناسی، تهران، ایران

*پست الکترونیک: poursoltani1852@mshdiau.ac.ir

تاریخ پذیرش: 91/9/23

تاریخ دریافت: 91/3/5

چکیده

حوضه آبریز نوبهار در جنوب استان خراسان رضوی واقع است. از نظر ساختار زمین شناسی، منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه ایران مرکزی محسوب می‌گردد. واحدهای سنگی منطقه از نظر سنی متعلق به اواخر دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک می‌باشند. حوضه آبریز نوبهار دارای چندین کانال بوده، که از این میان، فقط دو کانال اصلی، مظهر آباد و صلح آباد مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. رودخانه‌های مذکور به طور عمده از نوع بریده بریده‌اند، که نشانگر شیب زیاد، قدرت بالای جریان و سیلابهای کوتاه مدت می‌باشد. در مجموع، دو مجموعه رخساره رسوبی، شامل چهار رخساره‌های گراولی (Gcm)، Gmm، Gci و Gmg)، دو رخساره‌های ماسه‌ای (Sp و Sh) و سه عنصر ساختاری (LA و SG، SB) شناسایی شده‌اند. بر اساس رخساره‌های رسوبی و عناصر ساختاری شناسایی شده سه مدل رسوبی، شامل رودخانه بریده بریده گراولی با رسوبات جریانهای ثقلی، رودخانه مآندری با بار گراولی و رودخانه مآندری با بار ماسه‌ای پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبریز نوبهار، رخساره‌های رسوبی، عناصر ساختاری، ایران مرکزی.

مقدمه

قسمت شمالی حوضه بیشترین رخنمون را داشته و قسمت میانی تا جنوبی حوضه را سنگهای آذرین ائوسن از جنس داسیت، آندزیت، ریولیت، لایت و توف تشکیل داده است (آقاباتی، 1385).

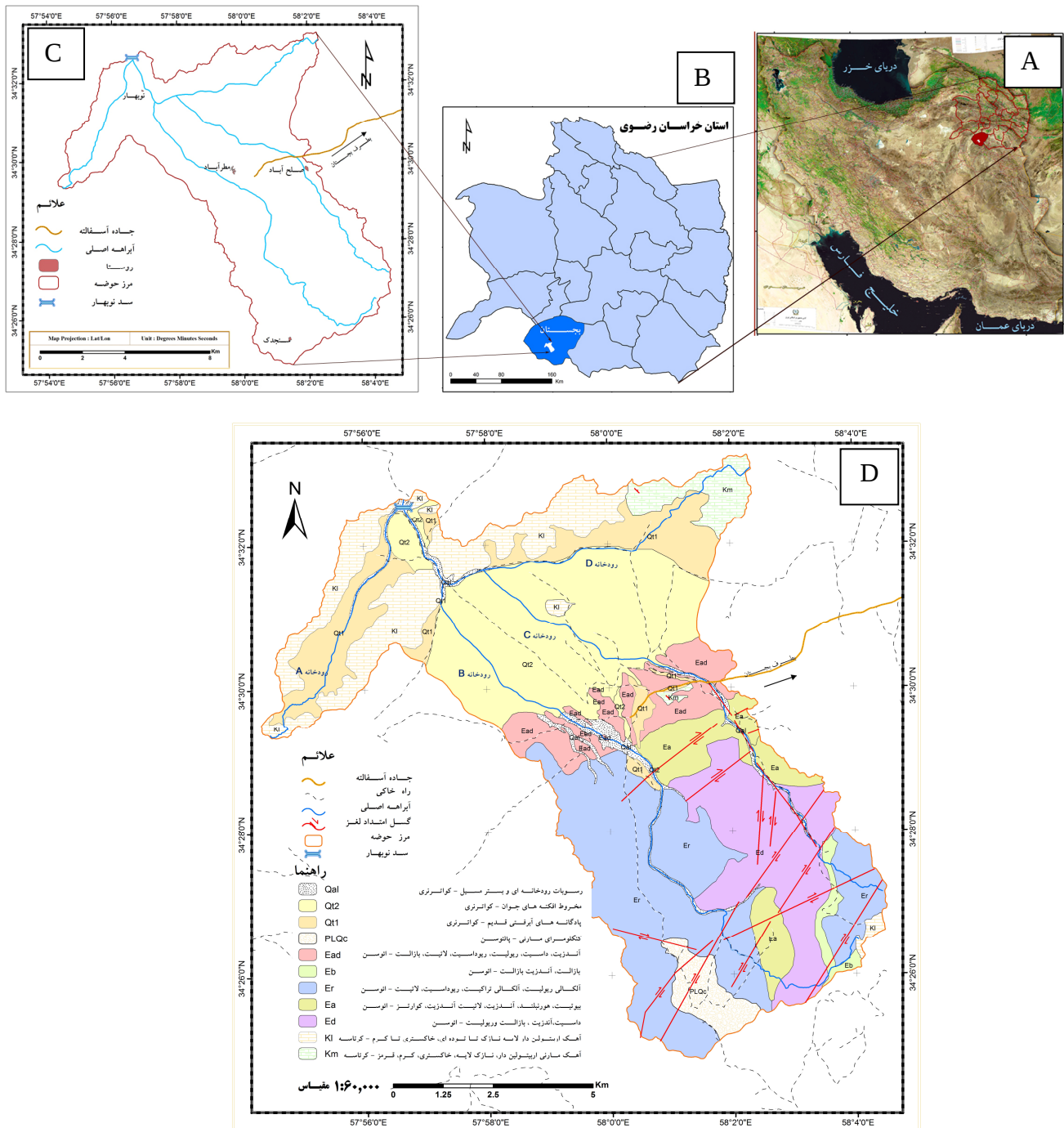
جدیدترین واحدهای زمین شناسی متعلق به رسوبات آبرفتی کواترنری می‌باشند که شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و پادگانه‌های آبرفتی جوان و در نهایت نهشته‌های رودخانه‌ای است (شکل 1D) (عاشوری و همکاران، 1386 و 1387). با توجه به اهمیت موضوع فرسایش و تولید رسوب در

حوضه آبریز نوبهار بجهستان در استان خراسان رضوی و 30 کیلومتری غرب شهرستان بجهستان قرار دارد. مساحت این حوضه در حدود 10625/75 هکتار و از نظر مختصات جغرافیایی در محدوده طولهای جغرافیایی 30° 04' 58" تا 30° 33' 57" شرقی و عرضهای جغرافیایی 34° 00' تا 34° 25' 00" شمالی قرار گرفته است (شکل 1).

حوضه مورد مطالعه از نظر ساختار زمین شناسی جزو پهنه ایران مرکزی بوده و در قسمت شمال غربی بلوک لوت واقع گردیده است. سنگهای کربناته متعلق به دوره کرتاسه در

تولید کننده رسوبات و نحوه ورود آنها به سیستم رودخانه کمک زیادی به ارائه راه کار برای مقابله با فرسایش و جلوگیری از حمل رسوب به مخزن بند خاکی نوبهار همچنین به پایین دست این حوضه و حوضه های مشابه خواهد کرد.

حوضه های آبریز، در این تحقیق به بررسی منشأ رسوبات و تأثیر سنگ شناسی و سازندهای زمین شناسی حوضه آبریز نوبهار پرداخته شده است. همچنین سعی شده بر اساس مطالعات رسوب شناسی و شناخت رخساره های رسوبی منشأ رسوبات و ساز و کار مؤثر در فرسایش و حمل رسوب حوضه مورد بررسی قرار گیرد. شناسایی عوامل مختلف



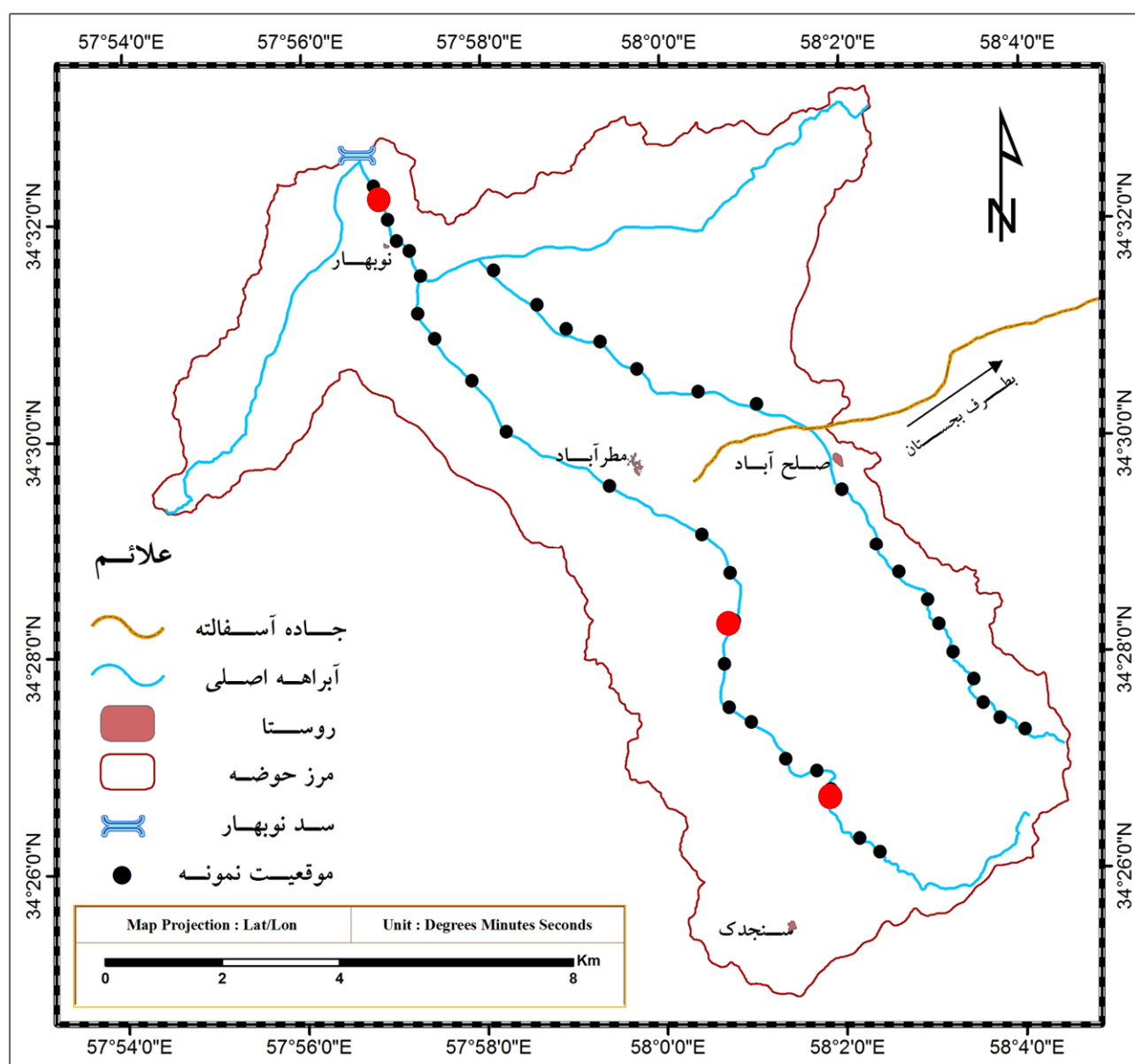
شکل 1: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز نوبهار و رودخانه های مورد مطالعه: (A) موقعیت شهرستان بجستان در نقشه ایران، (B) محدوده شهرستانهای استان خراسان رضوی، (C) حوضه آبریز نوبهار، (D) نقشه زمین شناسی منطقه (برگرفته از نقشه زمین شناسی 1/250000 فردوس، Eftekharneshad et al., 1977)

روش کار

4 فی انجام گردیده است. اما به دلیل پایین بودن میزان درصد رس (کمتر از 5%) آزمایشهای هیدرومتری انجام نشده است.

رخساره‌های رسوبی دیواره‌های رودخانه جهت تعیین نوع رخساره‌ها و تعیین نوع عناصر ساختاری با کمک تقسیم بندی Miall (1996-2000) شناسایی و نام‌گذاری گردیده است.

پس از شناسایی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Landsat) و نقشه‌های زمین شناسی منطقه، و تهیه نقشه هیدروگرافی، تعداد 39 نمونه از رسوبات کف کانالها، به طور تقریب هر 500 متر یک نمونه، جهت آزمایشهای دانه سنجی در دو کانال مطرآباد (22 نمونه) و صلح‌آباد (17 نمونه) برداشت شده و مکان هر نمونه توسط GPS بر روی نقشه شبکه هیدروگرافی مشخص شده است (شکل 2). آزمایشهای دانه سنجی به روش غربال خشک در بازه 4- تا



شکل 2. موقعیت برداشت نمونه‌های رسوبی در طول رودخانه‌های مطرآباد و صلح‌آباد (نقاط تیره)

نقاط روشن افزایش میزان رسوبات دانه درشت را نشان می‌دهد (به متن رجوع شود).

بحث

رسوب شناسی رودخانه مطرآباد

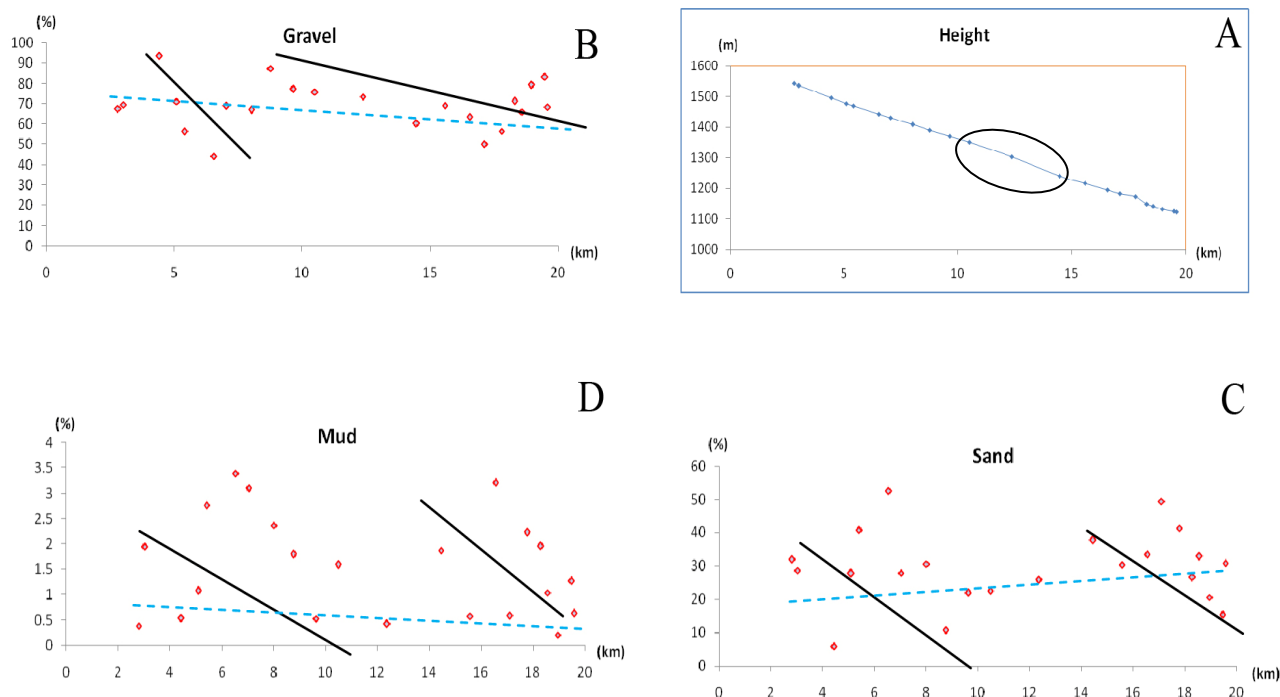
رودخانه مطرآباد در مسیر دره نوبهار از ارتفاعات کوه سفید پدنرود در جنوب حوضه آبریز نوبهار سرچشمه گرفته است. در طول رودخانه تعداد 22 نمونه رسوب، جهت مطالعات رسوب شناسی و شاخصهای بافتی (Folk, 1980) برداشت شده است.

شکل 3 نمودارهای مربوط به چگونگی تغییر درصد وزنی گروه‌های اصلی رسوبات (گراول، ماسه و گل) را در طول رودخانه مطرآباد نشان می‌دهد. نیمرخ طولی که نشانگر شیب رودخانه می‌باشد نیز در شکل 3A نشان داده شده است. توزیع اندازه دانه‌ها در رسوبات به اختصاصات سنگ منشأ، فرآیندهای هوازدگی، سایش و جورشدگی انتخابی آنها در هنگام حمل و نقل بستگی دارد. شکل 3B در خصوص نحوه تغییرات گراول است. وجود ناپیوستگی را می‌توان به ورود شاخه فرعی به رودخانه اصلی نسبت داد که باعث افزایش میزان گراول موجود گردیده است. اندازه ذرات به طرف پایین دست رودخانه، به طور طبیعی روندی کاهشی دارد، و همان طوری که ملاحظه می‌گردد، در رودخانه مطرآباد روندی کاهشی را از خود نشان می‌دهد. در بالادست رودخانه میزان گراول 67/70 درصد بوده اما در محل احداث بند خاکی نوبهار این میزان به 68/46 درصد می‌رسد. که البته این افزایش به دلیل تغییر در شرایط ریخت شناسی انتهای حوضه و به هم پیوستن دو کانال اصلی دیگر است. در این نمودار به دلیل کاهش ناگهانی شیب ناپیوستگی رسوبی رخ داده ولی به طور کلی، نمودار روند کاهشی دارد (Xu et al., 2005). شکل 3C روند کلی افزایش درصد وزنی ماسه را نشان می‌دهد. طبق مطالعات استرنبرگ (Sternberg, 1875) اندازه دانه‌های درشت در حد پیل به سمت پایین دست کاهش می‌یابد، که این کاهش در ارتباط با عمل سایش دانه‌هاست (موسوی حرمی، 1383).

روند تغییرات ماسه بر خلاف گراولها بوده و تغییرات زیادی در طول مسیر رودخانه تا پایین دست از خود نشان می‌دهد. در این نمودار نیز پیوستگی رخ داده است که هر دو روند کاهشی نشان می‌دهند. این ناپیوستگی به دلیل کاهش شیب و همچنین پیوستن دو کانال فرعی به کانال مطرآباد است. تغییرات مربوط به ذرات در اندازه گل در شکل 3D نشان داده شده است. نحوه تغییر این گروه از رسوبات بین 0/21 تا 3/39 درصد در نوسان است. این نوسان احتمالاً به علت کاهش رسوبات دانه ریز در انتهای کانال، شست و شو و خروج آنها از محیط می‌باشد. بنابراین رسوبات رودخانه مطرآباد تقریباً فاقد گل بوده که حاکی از انرژی بالا و در نتیجه خارج شدن گل از رسوبات دانه درشت تر است.

تغییرات شاخصهای رسوبی رودخانه مطرآباد در شکل 4 نشان داده شده است. روند کلی میانگین اندازه ذرات و میان تغییرات زیادی را نشان می‌دهند. در شکل 4 کاهش میانگین (A) و میانه (B) در هر یک متأثر از افزایش درصد وزنی ذرات دانه ریزتر (در حد ماسه)، و کاهش درصد وزنی ذرات درشت تر (در حد گراول) از بالادست به طرف پایین دست حوضه می‌باشد. از عواملی که باعث این تغییرات شده‌اند می‌توان به کاهش شدت انرژی رودخانه، تغییر مقاومت واحدهای سنگی در مقابل فرسایش و کاهش شیب توپوگرافی کانال اصلی به طرف پایین دست حوضه اشاره کرد. به علت این که اغلب نمونه‌ها نامتقارن مثبت می‌باشند در این حالت نما یا مد کمتر از میانه است. در نمودارهای فوق ناپیوستگی رسوبی ناشی از تغییر درصد شیب و ورود آب راه‌های فرعی به کانال اصلی رودخانه حاصل شده است.

در این تحقیق جهت اندازه‌گیری شاخص جورشدگی از انحراف معیار ترسیمی جامع Folk (1980) استفاده شده که برحسب فی بیان شده است.



شکل 3: نمایش چگونگی تغییر روند کلی گروههای اصلی ذرات رسوبی در رودخانه مطرآباد (نایبوستگیهای رسوبی در روی نمودارها مشخص است).
(A) نیم رخ توپوگرافی رودخانه (بیضی حدود مکان تغییر شیب را نشان می‌دهد)، (B) گراول، (C) ماسه، (D) گل

جدول 1: نتایج آزمایشهای دانه سنجی رسوبات رودخانه مطرآباد

شماره نمونه	نام رسوب (Folk, 1980)	ارتفاع (متر)	فاصله نمونه از مبدأ (کیلومتر)	نسبت گراول به ماسه (درصد)	گراول (درصد)	ماسه (درصد)	گل (درصد)	مد (فی)	میانگین (فی)	میانه (فی)
M1	گراول ماسه‌ای	1544	2.81	2.121	67.70	31.92	0.38	-3	-2.000	-2.4
M2	گراول ماسه‌ای	1536	3.03	2.432	69.48	28.57	1.95	-4	-2.233	-3.2
M3	گراول	1496	4.43	15.801	93.54	5.92	0.54	-3	-2.983	-3.1
M4	گراول ماسه‌ای	1476	5.10	2.557	71.11	27.81	1.08	-4	-2.100	-2.5
M5	گراول ماسه‌ای	1470	5.42	1.377	56.33	40.91	2.76	-2	-1.167	-1.5
M6	گراول ماسه‌ای	1442	6.54	0.842	44.17	52.44	3.39	1	-0.767	-0.6
M7	گراول ماسه‌ای	1430	7.04	2.478	69.04	27.86	3.10	-3	-2.000	-2.5
M8	گراول ماسه‌ای	1408	8.02	2.191	67.03	30.60	2.37	-2	-1.867	-2.2
M9	گراول	1390	8.77	8.052	87.36	10.85	1.80	-4	-2.983	-3.7
M10	گراول ماسه‌ای	1371	9.64	3.507	77.40	22.07	0.53	-3	-2.283	-2.6
M11	گراول ماسه‌ای	1351	10.50	3.378	75.93	22.48	1.59	-4	-2.367	-2.9
M12	گراول ماسه‌ای	1303	12.37	2.824	73.54	26.04	0.42	-4	-2.300	-2.8
M13	گراول ماسه‌ای	1240	14.46	1.598	60.36	37.77	1.87	-3	-1.500	-1.8
M14	گراول ماسه‌ای	1216	15.58	2.277	69.09	30.34	0.57	-2	-1.867	-2
M15	گراول ماسه‌ای	1194	16.56	1.896	63.38	33.42	3.21	-2	-1.583	-2.2
M16	گراول ماسه‌ای	1183	17.11	1.012	50.00	49.42	0.58	0	-1.033	-1
M17	گراول ماسه‌ای	1172	17.79	1.367	56.46	41.31	2.23	-2	-0.983	-1.35
M18	گراول ماسه‌ای	1149	18.30	2.667	71.30	26.73	1.96	-3	-1.933	-2.3
M19	گراول ماسه‌ای	1142	18.57	2.009	66.07	32.89	1.04	-3	-1.733	-1.9
M20	گراول ماسه‌ای	1132	18.96	3.865	79.28	20.51	0.21	-2	-2.133	-2.3
M21	گراول	1125	19.48	5.390	83.28	15.45	1.27	-2	-2.500	-2.6
M22	گراول ماسه‌ای	1123	19.59	2.214	68.46	30.92	0.63	-2	-1.667	-1.9

تأثیر قرار داده است. کشیدگی اغلب نمونه‌ها به صورت پهن تا متوسط بوده و در طول رودخانه در تغییر می‌باشد. در نهایت شکل 4F کاهش میزان گراول به ماسه در طول رودخانه را نشان می‌دهد که حاکی از سایش و کاهش انرژی از بالا دست به طرف پایین دست است.

تعیین نسبت گراول به ماسه

در حالت کلی نسبت گراول به ماسه در رودخانه‌های با بستر گراولی از بالا دست به طرف پایین دست کاهش می‌یابد. در رودخانه مطرآباد نیز روند کاهشی مشاهده می‌شود، در محل برداشت نمونه‌های m3، m9 و m21 درصد گراول نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر است، که حاصل ورود آب راهه‌های فرعی، افزایش میزان شیب و در نهایت افزایش میزان انرژی است (جدول 1، شکل 2). رسوبات بر اساس تقسیم‌بندی Folk (1980) نام‌گذاری شده و نسبت گراول به ماسه با توجه به مسافت طی شده آورده شده است (شکل 5A و 4F). کاهش این نسبت نشان دهنده افزایش ذرات دانه ریز از بالا دست به طرف پایین دست حوضه است. در این نمودار افزایش ناگهانی نسبت گراول به ماسه در محل نمونه شماره m3 با افزایش زیاد میزان واریزه‌های واحدهای آذرین ائوسن (شکل 1D)، در اثر شیب تند در بالا دست رودخانه مطرآباد قابل توجیه است.

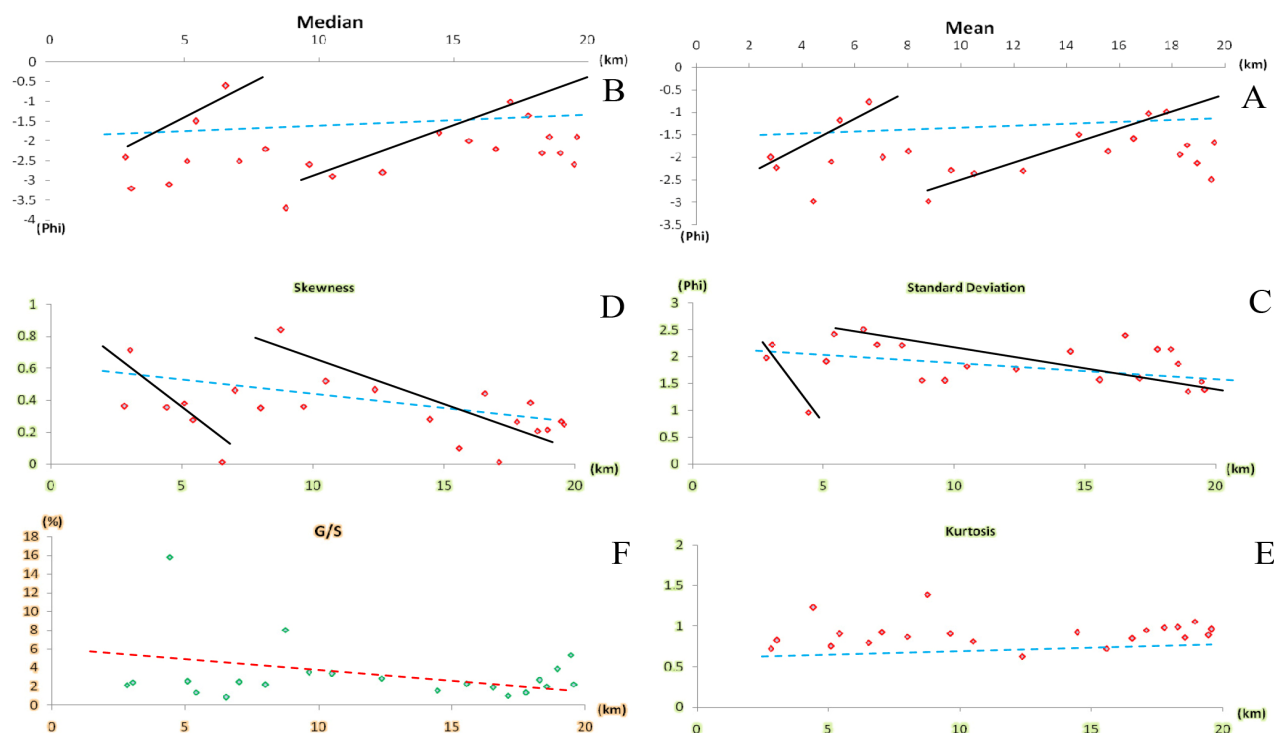
رسوب شناسی رودخانه صلح آباد

رودخانه صلح آباد از ارتفاعات کوه تک مشکوه با روندی شمالی جنوبی به موازات کانال اصلی رودخانه مطرآباد از واحدهای آهکی کرتاسه در جنوب حوضه شروع شده و در ادامه از درون واحدهای آذرین ائوسن عبور می‌نماید (شکل 1D). به منظور مطالعات رسوب شناسی تعداد 17 نمونه رسوب برداشت شده است.

در نمودار شکل 4C با کاهش روند نمودار به سمت پایین دست رودخانه، ضریب جورشدگی افزایش می‌یابد، لذا می‌توان این طور بیان کرد که با تداوم جریان رودخانه ذراتی در اندازه‌های تقریباً مشابه رسوب کرده و جورشدگی نسبتاً بهتر شده است. به طور کلی جورشدگی اغلب نمونه‌ها ضعیف است که علت آن کوتاه بودن زمان حمل، و همچنین کاهش انرژی در هنگام حمل و نقل دانه‌هاست، که با کاهش ناگهانی انرژی جریان، رسوب گذاری صورت گرفته است (Rice & Church, 2010). در رودخانه مطرآباد نیز ورود شاخه‌های فرعی به کانال اصلی رودخانه باعث تغییر در اندازه ذرات می‌شود به ویژه در برخی نقاط که شاخه‌های فرعی به علت تغییر درصد شیب، شدت جریان، رسوبات خود را وارد کانال اصلی رودخانه می‌کنند و جورشدگی از بالا دست به سمت پایین دست را دچار نوسان کرده، که نتیجه آن ایجاد نمودار ناپیوستگی است (Madej et al., 2008).

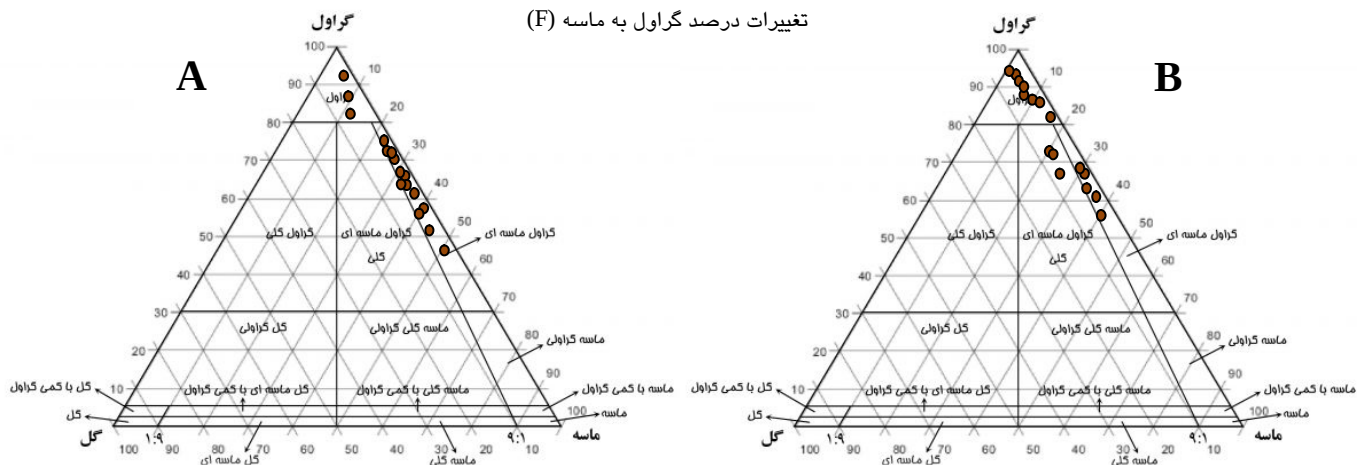
شکل 4D کاهش روند کلی کج شدگی را به سمت پایین دست رودخانه نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری این شاخص از کج شدگی ترسیمی جامع Folk (1980) استفاده شده است. کاهش کج شدگی به سمت پایین دست می‌تواند ناشی از افزایش رسوبات دانه درشت در اثر افزایش شیب، ورود شاخه‌های فرعی و افزایش انرژی باشد. در این رودخانه کج شدگی بسیار مثبت تا متقارن است.

شاخص کشیدگی در رودخانه مطرآباد در حالت کلی روند افزایشی نشان می‌دهد. مقادیر این شاخص از بالا دست به طرف پایین دست در شکل 4E نشان داده شده است. علت نوسانات موجود مربوط به جورشدگیهای متفاوت ذرات در پایین دست و بالا دست رودخانه بوده، که ناشی از ورود آب راهه‌های فرعی و تغییر در نوع رسوبات است و در نهایت جورشدگی، کشیدگی و کج شدگی آنها را تحت



شکل 4: نمودار تغییرات طولی شاخصهای رسوبی در رودخانه مطرآباد: میانگین (A) میانه (B) جورشدگی (C) کج شدگی (D) کشیدگی (E)

تغییرات درصد گراول به ماسه (F)



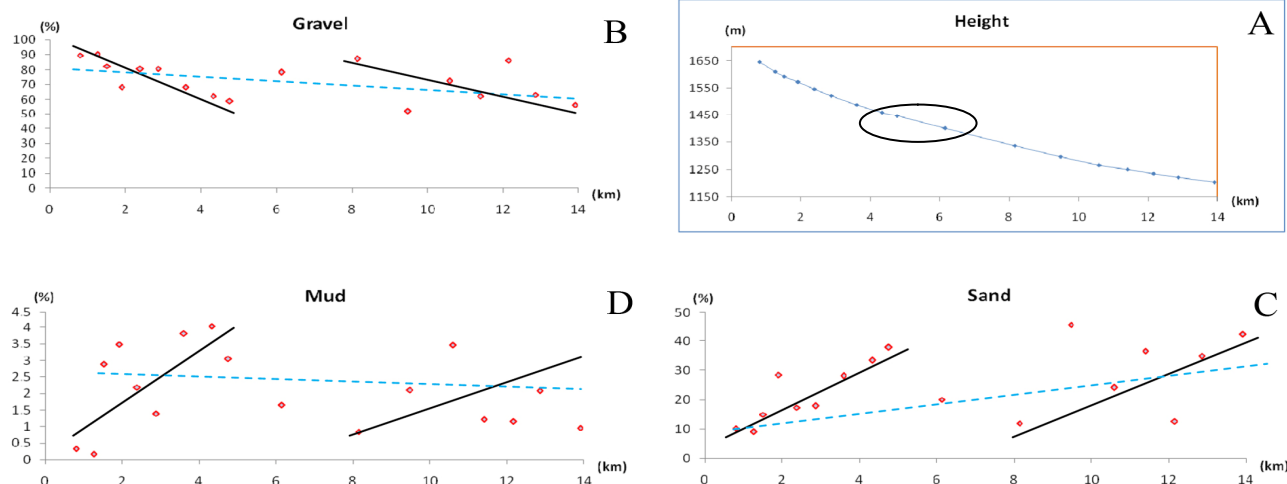
شکل 5: نوع رسوبات رودخانه‌های مطرآباد (A) و صلح آباد (B) بر مبنای تقسیم بندی Folk (1980)

روند کاهشی داشته، به طوری که در بالادست رودخانه میزان گراول 89/51 درصد است، در صورتی که در انتهای رودخانه این میزان به 56/53 درصد می‌رسد (شکل 6B). ورود آب راه‌های فرعی و تغییر میزان شیب از عوامل مؤثر محسوب می‌گردند، که این خود باعث بروز ناپیوستگی رسوبی شده است. در این نمودار دو پیوستگی رسوبی شناسایی شده است که توسط یک ناپیوستگی از هم جدا

جهت شناخت عوامل مؤثر در فرسایش و تولید رسوب در زیر حوضه این کانال، لازم است که وضعیت توپوگرافی، و تغییرات میزان شیب آن مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور در شکل 6A نیم رخ طولی کانال نشان داده شده است. با توجه به شکل 6 چگونگی تغییر درصد وزنی گروههای اصلی رسوبات در طول رودخانه صلح آباد نشان داده شده است. در این رودخانه، در حالت کلی گراول یک

شناسی، همانند اختلاف در سختی واحدهای سنگی، شرایط زمین ریخت شناسی و ورود آب راه‌های فرعی و تکتونیک منطقه است (شکل 1D)، اما به طور کلی روند تقریباً ثابتی را نشان می‌دهد. کمبود یا نبود رسوبات گلی در این رودخانه حاکی از وجود انرژی بالا که نتیجه افزایش انرژی به سبب ورود آب راه‌های فرعی و تغییر شیب است می‌باشد، که باعث خروج گل از محیط شده است (Tena et al., 2011).

شده‌اند. هر یک از پیوستگی‌های رسوبی به سمت پایین دست روند کاهشی اندازه ذرات را نشان می‌دهند. روند تغییرات رسوبات ماسه‌ای برخلاف گراولها بوده و از 10/15 درصد در بالادست به 42/51 درصد در پایین دست رودخانه رسیده است (شکل 6C). تغییرات مربوط به رسوبات گلی، همان طور که در شکل 6D مشاهده می‌شود، بین 0/17 تا 4/03 در نوسان است، که این تغییرات نتیجه تنوع سنگ



شکل 6: نمایش چگونگی تغییر روند کلی گروه‌های اصلی ذرات رسوبی در رودخانه صلح آباد (ناپیوستگی‌های رسوب در روی نمودارها مشخص است): (A) نیمرخ توپوگرافی رودخانه (بیضی مکان تغییر شیب را نشان می‌دهد)، (B) گراول، (C) ماسه، (D) گل

جدول 2: آنالیز اندازه دانه در نمونه‌های برداشت شده از رودخانه صلح آباد

شماره نمونه	نام رسوب (Folk, 1980)	ارتفاع (متر)	فاصله نمونه از مبدأ (کیلومتر)	نسبت گراول به ماسه (درصد)	گراول (درصد)	ماسه (درصد)	گل (درصد)	مد (فی)	میانگین (فی)	میان (فی)
S1	گراول	1646	0.81	8.819	89.51	10.15	0.33	-4	-3.200	-3.7
S2	گراول	1610	1.26	9.833	90.46	9.20	0.17	-3	-3.100	-3.3
S3	گراول	1592	1.52	5.521	82.21	14.89	2.90	-4	-2.700	-3.2
S4	گراول ماسه ای گلی	1573	1.92	2.400	68.13	28.39	3.48	-3	-1.767	-2.3
S5	گراول	1546	2.39	4.637	80.46	17.35	2.19	-4	-2.667	-3.6
S6	گراول	1522	2.87	4.503	80.69	17.92	1.39	-4	-2.567	-3.2
S7	گراول ماسه ای گلی	1488	3.60	2.420	68.07	28.13	3.81	-3	-1.917	-3
S8	گراول ماسه ای گلی	1460	4.33	1.867	62.50	33.47	4.03	-3	-1.617	-2.1
S9	گراول ماسه ای	1446	4.76	1.558	59.06	37.90	3.04	-2	-1.200	-1.5
S10	گراول ماسه ای	1399	6.14	3.913	78.33	20.02	1.65	-4	-2.617	-3.75
S11	گراول	1337	8.15	7.246	87.17	12.03	0.84	-3	-2.717	-2.9
S12	گراول ماسه ای	1296	9.48	1.148	52.31	45.58	2.10	-2	-0.967	-1.2
S13	گراول ماسه ای گلی	1266	10.59	3.004	72.42	24.11	3.47	-4	-2.233	-3.6
S14	گراول ماسه ای	1250	11.41	1.698	62.18	36.61	1.21	-2	-1.417	-1.7
S15	گراول	1235	12.16	6.740	86.07	12.77	1.16	-2	-2.467	-2.5
S16	گراول ماسه ای	1222	12.87	1.813	63.11	34.81	2.08	-3	-1.567	-2.2
S17	گراول ماسه ای	1203	13.91	1.330	56.53	42.51	0.96	-2	-1.017	-1.3

به طرف پایین دست را می‌توان بر اثر افزایش شدت جریان در اثر ورود شاخه‌های فرعی و افزایش میزان شیب دانست. با توجه به شکل 7E شاخص کشیدگی در رودخانه صلح‌آباد با یک روند کلی کاهش از بالا دست به طرف پایین دست مشاهده می‌شود. با ورود آب راهه‌های فرعی و تغییر در نوع رسوبات، میزان جورشدگی، کشیدگی و کج شدگی آنها نیز تغییر می‌کند. همان‌طور که مشاهده می‌شود کشیدگی اغلب نمونه‌ها به صورت پهن تا کشیده‌اند، که حاکی از تنوع نوع رسوب در اثر ورود رسوبات از طریق کانالهای فرعی، به طور عمده است.

تعیین نسبت گراول به ماسه

نسبت گراول به ماسه در رودخانه صلح‌آباد روندی کاهشی را نشان می‌دهد (شکل 7F). اما در بخشهایی از کانال اصلی تغییرات زیادی دیده می‌شود. این تغییرات به دلیل افزایش گراول نسبت به سایر نمونه‌هاست، که با توجه به ورود آب راهه‌های فرعی با میزان بار رسوبی بالا قابل توجیه است (Schumm, 1977). در این نمودار دو پیوستگی رسوبی مشاهده می‌شود که هر دو روندی کاهشی را نشان می‌دهند. کاهش این نسبت ارتباط مستقیم با حالت ریزشوندگی ذرات دارد. نسبت گراول به ماسه در نمونه‌های برداشت شده رودخانه صلح‌آباد در جدول 2 مشخص شده است. در جدول فوق رسوبات بر اساس تقسیم بندی Folk (1980) نام‌گذاری شده‌اند (شکل 5B).

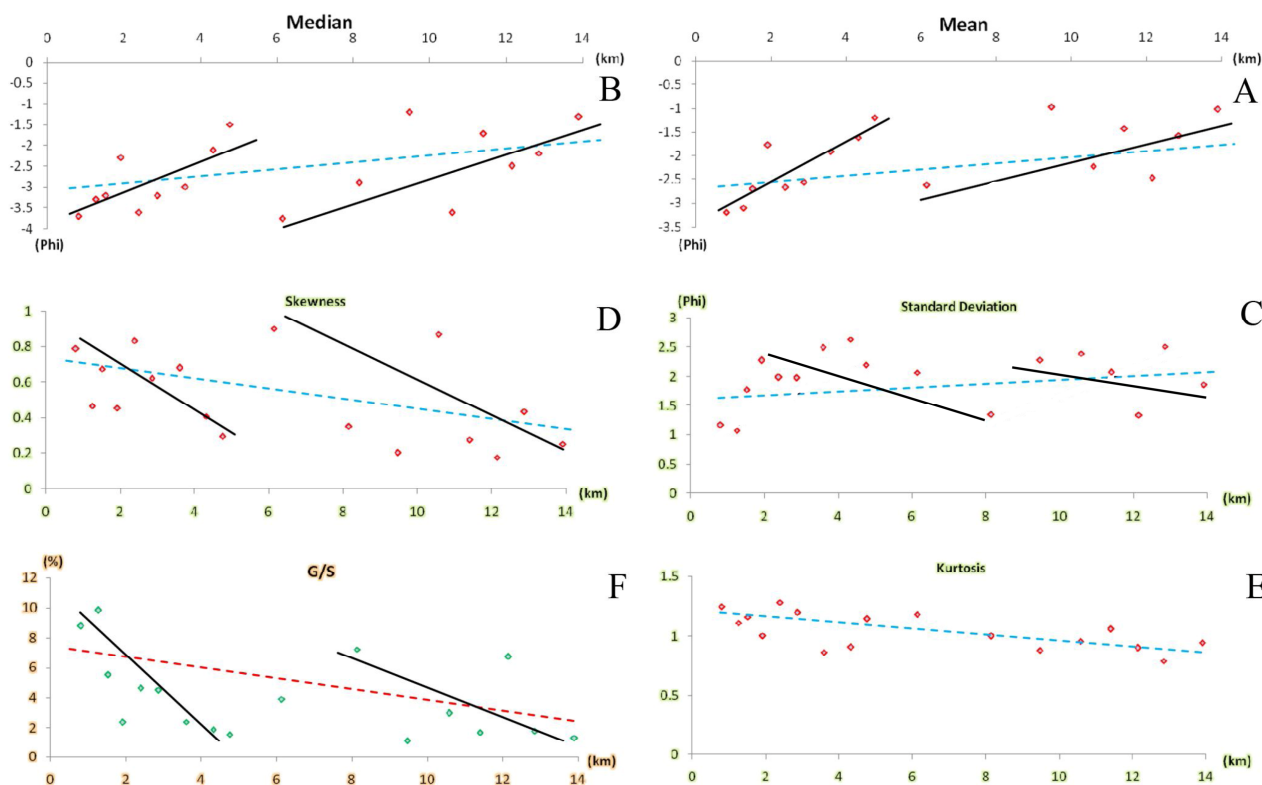
رخساره‌های رسوبی

در حوضه آبریز نوبهار دو دسته رخساره گراولی (Gmm)، Gmg، Gcm و Gci) و ماسه‌ای (Sp و Sh) و سه عنصر ساختاری (LA، SB و SG) شناسایی شده و بر اساس تقسیم بندی Miall (2000) نام‌گذاری شده‌اند که در زیر به توصیف و تفسیر هر یک پرداخته می‌شود (شکل 8).

با آنالیز رسوبات رودخانه صلح‌آباد، شاخصهای مختلف همچون میانگین و میانه تغییراتی را نشان می‌دهند که در شکل 7A-B نشان داده شده‌اند. روند کلی میانگین اندازه ذرات و میانه تغییرات زیادی را نشان می‌دهند، که در زیر به عوامل مؤثر بر آنها پرداخته شده است. میانگین و میانه از بالا دست به طرف پایین رودخانه کاهش داشته، که نشان دهنده کاهش میزان ذرات دانه درشت در حد گراول بوده و از طرفی افزایش ذرات دانه ریزتر در حد ماسه را نشان می‌دهد. از عوامل مؤثر در این تغییرات، می‌توان به کاهش شدت انرژی جریان، افزایش عرض بستر و کاهش شیب توپوگرافی کانال اصلی به طرف پایین دست حوضه اشاره کرد (Wohl & Merritt, 2008). به علت این که اغلب نمونه‌ها نامتقارن مثبت می‌باشند در این حالت نما یا مد کمتر از میانه و میانه کمتر از میانگین (بر حسب فی) است.

همان‌طور که شکل 7C نشان می‌دهد، با افزایش انحراف معیار ضریب جورشدگی به سمت پایین دست رودخانه کاهش می‌یابد، که بیان‌کننده حضور ذرات در اندازه‌های مختلف می‌باشد (Gomez et al., 2001). از عواملی که مؤثر در ایجاد ناپیوستگی تغییر اندازه ذرات در طول مسیر، کاهش میزان شیب، تغییر شدت جریان و ورود آب راهه‌های فرعی به کانال اصلی است. هر دو پیوستگی در کانال اصلی کاهش جورشدگی به سمت پایین دست را نشان می‌دهند.

روند کلی کج شدگی در شکل 7D کاهش را به سمت پایین دست رودخانه صلح‌آباد از خود نشان می‌دهد، یعنی از کج شدگی بسیار مثبت به مثبت است که این خود نشان دهنده افزایش درصد ذرات درشت تر نسبت به نمونه‌های بالا دست می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، نمونه‌های این کانال کج شدگی بسیار مثبت تا مثبت را نشان می‌دهند که دارای دو پیوستگی در طول کانال است. افزایش کج شدگی



شکل 7: نمودار تغییرات طولی شاخصهای رسوبی، و نمایش پیوستگیهای رسوبی در رودخانه صلح آباد: میانگین (A) میانه (B) جورشدگی (C) کج شدگی (D) کشیدگی (E) تغییرات درصد گراول به ماسه (F)

رخساره‌های گراولی

رخساره Gmm (گراول با لایه بندی توده‌ای، با ماتریکس فراوان)

این رخساره نمایش دهنده طبقات ضخیمی است که حالت توده‌ای داشته و به دلیل نزدیکی به منشأ کاملاً زاویه دار بوده و گراولهایی در اندازه‌های بسیار درشت تا ریز را شامل می‌شود، و به طور عمده از ماتریکس تشکیل شده است. در این رخساره، رسوبات دانه ریز ماسه‌ای و گلی فضای بین دانه‌های گراولی را پر کرده‌اند. این رسوبات فاقد لایه بندی بوده و طبقه بندی تدریجی نیز در آنها دیده نمی‌شود. دارای جورشدگی بسیار ضعیف و ساختمان به هم ریخته‌اند که نشان دهنده حمل و نقل کوتاه و نزدیکی به منشأ رسوبی می‌باشد (Blair & McPherson, 1999; Kostic et al., 2005; Bertoldi et al., 2008). در این کانال ضخامت این

رخساره در حدود یک متر و در برخی قسمت‌ها بیشتر است. رسوبات به دلیل ته نشست ناگهانی و نزدیکی به منشأ کاملاً زاویه دار بوده و گراولهایی از اندازه‌های بسیار درشت تا ریز رسوب می‌کنند. این رخساره در بخشهای اولیه کانال صلح آباد که نزدیک به منشأ است شناسایی شده است (شکل A-8C-D).

رخساره Gmg (گراول با طبقه بندی تدریجی، با ماتریکس فراوان)

این رخساره نسبت به رخساره Gmm دارای اختلافاتی به شرح زیر است: 1- وجود طبقه بندی تدریجی (به علت کم شدن انرژی)؛ 2- وجود درصد ماسه بیشتر؛ 3- گرد شدگی در این رخساره بهبود یافته و ذرات تقریباً نیمه گرد شده هستند. این رخساره در شرایطی مشابه با رخساره Gmm

این رخساره معرف طبقه‌ای است که بخش اصلی آن را گراولها همراه با قطعات فراوان تشکیل داده و دارای طبقه بندی معکوسند (Kostic et al., 2005; Deynoux et al., 2005). این طبقات حاصل جریانهای خرده‌ای غنی از ذرات، با شدت جریان بالا می‌باشند. این رخساره در بخشهای بالای کانالهای اصلی که دارای انرژی بالاست شناسایی شده است.

رخساره‌های ماسه‌ای

این نوع رخساره‌ها در سیستمهای رودخانه‌ای حاصل حمل و نقل توسط جریانهای کشتی و به فرم تناوبی و نیز تعلیقی به فرم جهش می‌باشند (Miall, 1996-2006; Gani & Alam, 2004). از رخساره‌های ماسه‌ای شناسایی شده، Sh و Sp از مهمترین آنهاست.

رخساره Sh (ماسه با لامینه‌های افقی)

در رخساره Sh دانه‌های در اندازه گراول به خوبی گردشده-اند و از جورشدگی بهتری نسبت به رخساره‌های قبلی برخوردارند، ولی به طور کلی دارای جورشدگی ضعیف است (Deynoux et al., 2005; Siddiqui & Robert, 2010). از دلایل این اختصاصات می‌توان به مسافت حمل بیشتر رسوبات این رخساره سنگی نسبت به دیگر رخساره-های سنگی نوع گراولی اشاره کرد. معمولاً پیل در این رسوبات به ندرت دیده می‌شود و ممکن است توسط ماسه‌ها احاطه شده باشد. از اختصاصات اصلی این رخساره می‌توان به افقی بودن لایه‌ها و وجود جدایش خطی در سطح لامیناسیون نیز اشاره کرد (Fisher, 1971; Kostic et al., 2005). این رخساره سنگی در مرحله حدواسط و ابتدایی با بالا بودن رژیم جریانهای تشکیل شده است و در بخشهای میانی رودخانه‌ها شناسایی شده است (شکل 8B).

رخساره Sp (ماسه با لایه بندی مورب مسطح)

اندازه دانه‌ها در این رخساره از ماسه خیلی ریز تا درشت و به طور پراکنده در اندازه پیل می‌باشد. سطوح بالایی و زیرین

تشکیل می‌شود و تفاوت آنها در قدرت جریان است. Deynoux et al. (2005) با مطالعات خود در حوضه اسپار تا ترکیه عنوان می‌کنند که رخساره Gmg حاوی طبقه بندی تدریجی و معکوس است و علت آن را پایین بودن قدرت جریان حمل رسوبات، نسبت به رخساره Gmm می‌دانند. بدین ترتیب رخساره Gmm در حوضه آبریز نوبهار در جریانی سریعتر بر جای گذاشته شده و به همین علت توده‌ای است، در صورتی که رخساره Gmg به خاطر قدرت پایین تر دارای طبقه بندی تدریجی عادی یا معکوس می‌باشد. مکان تشخیص این رخساره نسبت به رخساره Gmm از منشأ دورتر می‌باشد (شکل 8A-C).

رخساره Gcm (گراول با لایه بندی توده‌ای، با قطعات فراوان)

این رخساره معرف طبقه‌ای است که بخش اصلی آن را گراولها تشکیل داده و بیشتر فضای بین آنها از ذرات ریز تر تشکیل شده است. این رخساره دارای ذرات نیمه زاویه دار بوده و جورشدگی ضعیفی از خود نشان می‌دهد. مطالعات Kostic et al. (2005) در جنوب غرب آلمان نشان داد که این رخساره نشان دهنده انرژی بالای محیط در هنگام رسوب گذاری است و از ته نشست ذرات ریز جلوگیری می‌نماید. لذا طبقات به علت تشکیل در انرژی بالا و شرایط جریان آشفته حالت توده‌ای دارند. این رخساره مربوط به کف کانال یا پایین ترین بخش سدهای رسوبی است و معمولاً در رودخانه‌های بریده با بستر گراولی تشکیل می‌گردد (Deynoux et al., 2005; Siddiqui & Robert, 2010; Kostic et al., 2005). این رخساره در طول کانالهای حوضه آبریز نوبهار که دارای شرایط مناسب بوده ته نشست نموده است، و بیانگر انرژی نسبتاً بالا بوده که حاصل تأثیرات وضعیت فیزیوگرافی حوضه همانند شیب بالا و افزایش شدت جریان است (شکل 8A-B-C-D).

رخساره Gci (گراول با قطعات فراوان)

شده باشد. رسوب گذاری عمدتاً تحت تأثیر فرآیندهای گرانشی و به فرم جریانهای خرده دار بر جای گذاشته شده است (Miall, 1996). این عنصر ساختاری در بخشهای بالادست رودخانه‌های مورد مطالعه شناسایی شده است.

عنصر ساختاری LA

شکل هندسی ساختارهای داخلی و رخساره‌های این عنصر ساختاری، متغیر بوده و به شکل هندسی و بار رسوبی کانال بستگی دارد و دارای قطعات گراولی به همراه ماسه است. این عنصر ساختاری شامل رخساره Sp بوده، و در قسمتهای میانی کانالهای حوضه شناسایی شده است.

عنصر ساختاری SB

این عنصر ساختاری به شکل ورقه‌ای و نیز پهن و گسترده دیده می‌شود که عمدتاً از رخساره‌های سنگی ماسه‌ای نوع Sh تشکیل شده است. عنصر مذکور معمولاً به فرم رسوبات پرکننده کانال بوده و در بخشهای پایین دست تشکیل شده است.

مدل رسوبی

در این قسمت با توجه به رخساره‌های رسوبی و عناصر ساختاری شناسایی شده و با در نظر گرفتن شرایط ریخت شناسی حوضه مدل رسوبی با در نظر گرفتن تقسیم بندی Miall (1996) به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد (جدول 3).

رودخانه بریده بریده گراولی با رسوبات جریانهای ثقلی

این رسوبات عمدتاً تحت تأثیر جریانهای گراویته‌ای برجای گذاشته می‌شوند. عنصر ساختاری اصلی در این رودخانه‌ها SG است که نشان دهنده انرژی بالا بوده و معمولاً این نوع رودخانه‌ها در قسمتهای بالادست شناسایی شده است. در این جا به دلیل جریانهای ثقلی رخساره‌های Gmm و Gmg حاوی ماتریکس بیشتری در زمینه می‌باشند.

رودخانه ماندری با بار گراولی

در قسمتهای میانی رودخانه‌ها، کانالها دارای شیب کم و پیچش بیشتر بوده و به طور عمده از نوع ماندری با بار

این رخساره تقریباً مسطح و احتمال وجود شواهد فرسایشی در آن بسیار ناچیز است. به طور معمول در رسوبات رودخانه‌ای با ضخامت 0/5 تا 1/5 متر در تغییر است. این رخساره نتیجه رسوب گذاری در جریاناتی با قدرت حمل کمتر می‌باشند (Miall, 2000). رخساره Sp به طور عمده در بخشهای پایین دست کانالها شناسایی شده‌اند که حاکی از کاهش قدرت جریان است. گرچه در برخی قسمتهای کانالهای اصلی که ورود کانالهای فرعی است رخساره‌های گراولی به ندرت به چشم می‌خورد (شکل 8C).

عناصر ساختاری

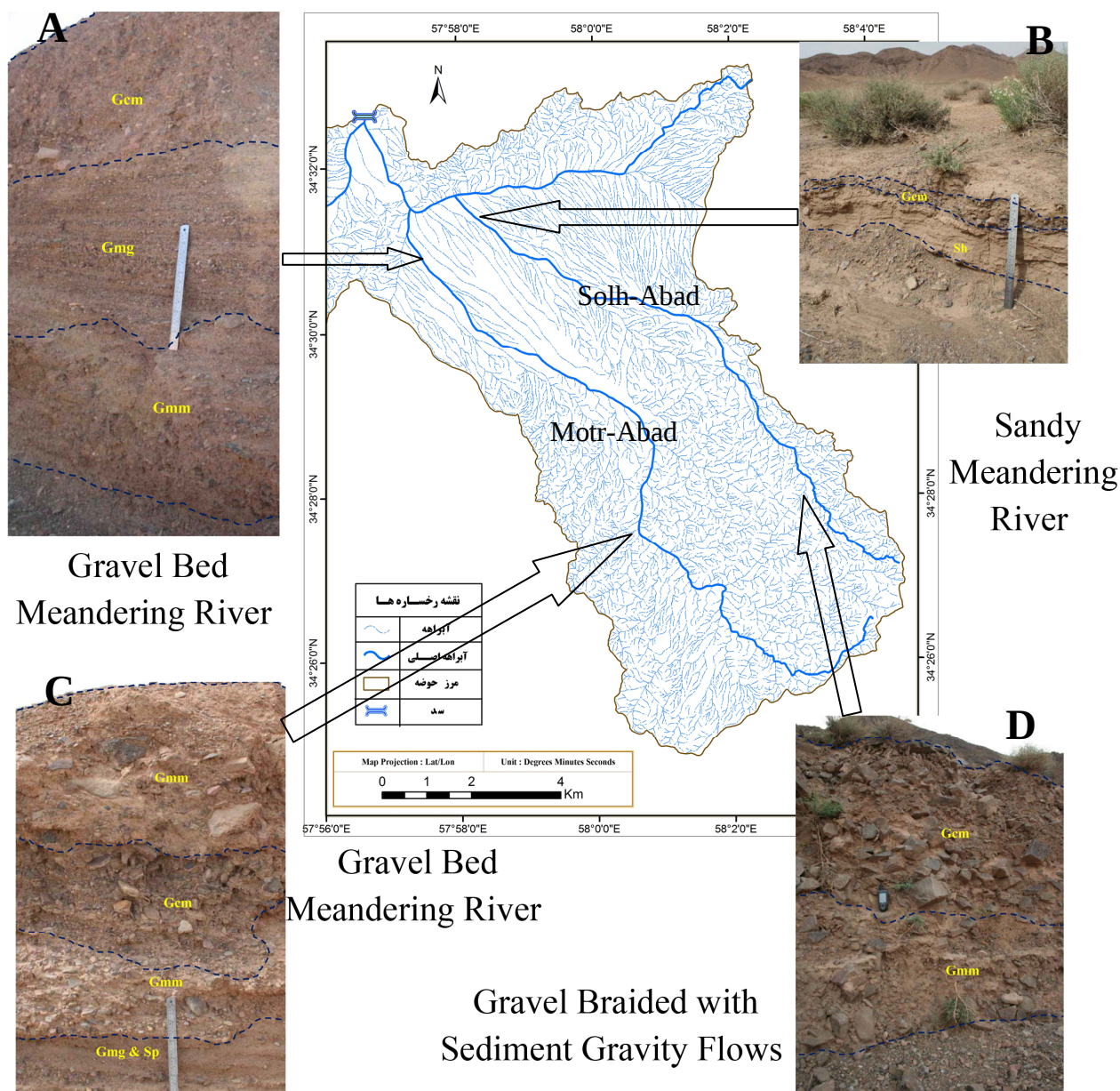
کانالها و سدهای رسوبی، اجزای اصلی فرآیندهای رسوب گذاری در محیطهای رودخانه‌ای هستند که به عنوان عناصر ساختاری شناخته شده و در تشکیل رخساره‌ها نقش دارند. این عناصر بر اساس اختصاصاتی از جمله: 1- سنگ شناسی رسوبات داخل و خارج از رودخانه؛ 2- مرز بالا و پایین لایه؛ 3- شکل هندسی داخلی و خارجی مجموعه رخساره‌ها؛ 4- ضخامت؛ 5- جهت حرکت رسوبات، شناسایی و تفکیک می‌شوند. Miall (1996) براساس مجموعه‌ای از رخساره‌ها، عناصر ساختاری را در رودخانه‌ها شناسایی و دسته بندی کرده است؛ با استناد به آنها 16 مدل رسوبی برای رودخانه‌ها ارائه شده است.

عناصر ساختاری رودخانه صلح آباد

با در نظر گرفتن رخساره‌های رسوبی شناسایی شده عناصر ساختاری نیز به تفکیک از بالادست به طرف پایین دست حوضه شامل SG، LA و SB می‌باشند (جدول 3).

عنصر ساختاری SG

این عنصر ساختاری شامل رخساره‌های Gmm، Gmg، Gci و Gcm می‌باشد که به فرم باریک، کشیده و زبانه‌ای شکل است، و ممکن است از چندین چرخه رسوبی تشکیل



شکل 5: مدل‌های رسوبی شناسایی شده در حوضه آب ریز نوبهار؛ حدود رخساره‌های رسوبی شناسایی شده در این حوضه نیز نشان داده شده است (توضیح این که هر یک از رخساره‌ها نیز در مناطق مشابه از رودخانه دیگر نیز شناسایی گردیده است.)

جدول 3: انواع عناصر ساختاری و مدل‌های رسوبی شناسایی شده حوضه آب ریز نوبهار بر مبنای طبقه بندی (Miall, 1996)

نوع رودخانه	پیچش رودخانه	انرژی حمل رسوبات	نوع رسوبات	نوع رخساره	عناصر ساختاری
رودخانه‌های بریده بریده با رسوبات جریانهای ثقلی	کم	زیاد	گراول با مقدار کمی ماسه	Gmm, Gmg, Gcm, Gci	SG (Sediment Gravity flow)
رودخانه ماندری با بار گراولی	متوسط تا زیاد	متوسط	گراول با کمی ماسه و ذرات ریز	Sp	LA (Lateral Accretion macroform)
رودخانه ماندری با بار ماسه‌ای	زیاد	متوسط تا پایین	ماسه با کمی ذرات ریزدانه	Sh	SB (Sandy Bedforms)

کانالهای دیگر و یا ورود آب راهه‌های فرعی دچار ناپیوستگی می‌گردد. از طرفی افزایش میزان گل به ورود رسوبات دانه ریز و کاهش انرژی نسبت داده می‌شود، گر چه وجود ناپیوستگیها دلیل بر افزایش انرژی در اثر ورود رودخانه‌های فرعی و شسته شدن رسوبات دانه ریز است.

میانگین و میانه در رودخانه‌های اصلی حوضه نوبهار به دلیل افزایش درصد وزنی ذرات دانه ریز روندی کاهشی (بر حسب فی) را نشان می‌دهند. از طرفی حضور واحدهای سنگی مقاوم باعث افزایش مقدار میانگین و میانه گردیده‌اند. جورشدگی و کشیدگی رسوبات رودخانه‌های صلح آباد و مطر آباد از یکدیگر تبعیت می‌نمایند. عمده نمونه‌ها دارای کج شدگی بسیار مثبت، کشیدگی متوسط و جورشدگی بد می‌باشند، که نتیجه حمل و نقل در مسافتی کوتاه و طغیانی و سیلابی بودن این رودخانه‌هاست. با توجه به مطالعات انجام شده، رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز نوبهار دارای کانالهایی از نوع بریده بریده می‌باشد. این مطلب نشان دهنده شیب زیاد، قدرت بالای جریان و سیلابهای کوتاه مدت با توجه به نوع بارندگی است که باعث شده رخساره‌های گلی در کانالهای اصلی تشکیل نگردد.

رخساره‌های شناسایی شده شامل چهار رخساره گراولی G_{mm} ، G_{mg} ، G_{cm} و G_{ci} و دو رخساره ماسه‌ای Sh و Sp می‌باشد. سه مدل رسوبی برای کانالهای مطالعه شده پیشنهاد شده است که شامل رودخانه بریده بریده گراولی با رسوبات جریانهای ثقلی، رودخانه مآندری با بار گراولی و رودخانه مآندری با بار ماسه‌ای می‌باشد.

گراولی می‌باشند. ریزشدگی ذرات به سمت پایین دست، در این بخش از رودخانه به خوبی مشاهده می‌شود، که نشان دهنده بار معلق زیاد رودخانه است. از رخساره‌های رسوبی شناسایی شده می‌توان به Sp اشاره نمود. همچنین LA از عناصر ساختاری این بخش است.

رودخانه مآندری با بار ماسه‌ای

از نظر شکل و فرم عمومی مشابه رودخانه‌های مآندر با بار معلق هستند. در رودخانه صلح آباد در انتهای حوضه قبل از به هم پیوستن دو کانال اصلی این مدل رسوبی پیشنهاد می‌گردد. بار رسوبی آن بیشتر در اندازه ماسه بوده که احتمالاً در اثر فرسایش و رسوب گذاری مجدد ایجاد شده است. رخساره رسوبی شناسایی شده Sh می‌باشد. از عناصر ساختاری که در این مدل شناسایی شده می‌توان به SB اشاره کرد.

نتیجه گیری

تقریباً در تمام طول کانالهای مطرآباد و صلح آباد نسبت فراوانی گراولها به دیگر رسوبات بیشتر است که نتیجه نوع سنگ شناسی، عرض کم کانالها در بالا دست و از طرفی ورود آب راهه‌های فرعی به کانال اصلی است. با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که روند تغییرات درصد وزنی ذرات در سه رده گراول، ماسه و گل با یکدیگر متفاوت است. ذرات در اندازه گراول به دلیل کاهش انرژی و افزایش عرض کانال روندی کاهشی را دنبال می‌کنند و ذرات در اندازه ماسه در حالت کلی با یک روند افزایشی دیده می‌شوند. این ذرات در محل تقاطع با

منابع

- آقائباتی، ع.، 1385. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم، 586 ص.
- عاشوری، ع.، کریم پور، م.ح.، سعادت، س.، 1386. نقشه زمین شناسی 1:100000 بجستان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- عاشوری، ع.، کریم پور، م.ح.، سعادت، س.، 1387. نقشه زمین شناسی 1:100000 طاهرآباد. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- موسوی حرمی، ر.، 1383. رسوب شناسی. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ نهم، 474 ص.
- Bertoldi, W., Ashmore, P., & Tubino. M., 2008. A method for estimating the mean bed load flux in braided rivers. *Geomorphology*, 93: 45-57.
- Blair, T.C., & McPherson, J.G., 1999. Grain size textural classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 69: 6-19.
- Deynoux, M., Iner, C.A., Mondoc, O., Karab, A., VyVkoglu, M., & Manatschala, G., 2005. Sevim Tuzeu Facies architecture and depositional evolution of alluvial fan to fan-delta complexes in the tectonically active Miocene, ay basin, Isparta Angle, Turkey. *Sedimentary Geology*, 173: 315 – 343.
- Eftekharneshad, J., Nabavi, M.H., Alavi, M., & Ruttner, A., 1977. Geological map of Ferdows, 1:250000, *Ministry of Industry and Mine, Geological Survey of Iran*.
- Fisher, R.V., 1971. Features of coarse-grained, high – concentration fluids and their deposits. *J. Sediment. Petrol*, 41: 916-927.
- Folk, R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. *Hemphill Publishing Co.*, Austin, Texas, 182 p.
- Gani, M.R., & Alam, M., 2004. Fluvial facies architecture in small- scale river systems in the Upper Dupi Tila formation, northeast Bengal Basin, Bangladesh. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24: 225-236.
- Gomez, B., Rosser, B. J., Peacock, D. H., & Hick, D.M., 2001. Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. *Water Resources Research*, 37: 1813-1823.
- Kostic, B., Becht, A., & Aigner, T., 2005. 3D Sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implications for hydrostratigraphy. *Sedimentary Geology*, 181: 143-171.
- Madej, M.A., Sutherland, D.G., Lisle, T.E., & Pryor, B., 2008. Channel responses to varying sediment input: A flume experiment modeled after Rewood Creek, California. *Geomorphology*, 94: 111-125.
- Miall, A.D., 1996. The geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. *Springer- Verlag*, Berlin, 583 p.
- Miall, A.D., 2000. Principle of Sedimentary Basin Analysis. *Springer-Verlag*, 668 p.
- Miall, A.D., 2006. The Geology of Fluvial Deposits-Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. *Springer-Verlag*, Berlin, 4th printing, 582 p.
- Rice, S.P., & Church, M., 2010. Grain-size sorting within river basin relation to downstream fining along a wandering channel. *Sedimentology*, 57: 232-251.
- Schumm, S.A., 1977. The Fluvial System. John Wiley & Sons, New York, 338 p.
- Siddiqui, A., & Robert, A., 2010. Thresholds of erosion and sediment movement in bedrock channels. *Geomorphology*, 118: 301-313.
- Strenberg, H., 1875. Untersuchungen uber langen-und Quersprofil geschienbefu hrender fluss. *Zeitschrit fur Bauwesen*, 25: 483-506.

- Tena, A., Batalla, R.J., Vericat, D., & Lopez-Tarazon, J.A., 2011. Suspended sediment dynamics in a large regulated river over a 10-year period (the lower Ebro, NE Iberian Peninsula). *Geomorphology*, 125: 73-84.
- Wohl, E., & Merritt, D.M., 2008. Reach-scale channel geometry of mountain streams. *Geomorphology*, 93: 168-185.
- Xu, J., Yang, J., & Yan, Y., 2005. Erosion and Sediment yield as influenced eolian and fluvial processes: The Yellow River, China. *Geomorphology*, 73: 1-15.

Sedimentological study of Motr-Abad and Solh-Abad rivers, No-Bahar watershed, Central Iran

Poursoltani, M.R.^{1*}, Moeeni Saleh, M.²

1-Assistant Professor, Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

2- Ms.C. Student in Sedimentology, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

***E-mail: poursoltani1852@mshdiau.ac.ir**

Abstract

No-Bahar watershed is located, south of Khorasan Razavi Province. Geologically, the study area is a part of Central Iran zone. The rock units are Late Mesozoic and Cenozoic in age in this watershed. No-Babhar watershed includes several channels, which among them, only two main channels, Motr-Abad and Solh-Abad, have been studied. These rivers are mostly, braided channel in style, with high gradient and power flow, and short time flash flooding. Totally, two sedimentary facies associated, includes four gravely facies (Gmg, Gmm, Gci, Gcm), two sandy facies (Sh, Sp) and three structural elements (SG, LA, SB) have been identified. Based on recognized sedimentary facies and structural elements, three sedimentary models which consist, Gravel Braided with Sediment Gravity Flows, Gravel Bed Meandering River and Sandy Meandering River are suggested.

Keywords: No-Bahar watershed, sedimentary facies, structural elements, Central Iran.