بررسی تغییرهای پیچان‌رودی و ناپایداری بستر رودها در جلگهٔ شمالی تنگهٔ هرمز

مجتبی یمانی[1*]، هیوا علمی‌زاده[2]، مهران مقصودی[3]، ابراهیم مقیمی[4]، احمد نوحه‌گر[5]

۱- دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران
۲- دانشجوی دکتری جغرافیا، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران
۳- استادیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران
۴- استاد دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران
۵- دانشیار دانشگاه هرمز گان، ایران

دریافت: ۲۱/ ۱۰/ ۸۸ پذیرش: ۱۸/ ۸/ ۸۹

چکیده

پیچان‌رودهای سطوح دلتایی از ناپایدارترین عرصه‌های رودخانه‌ای در حیطهٔ ژئومورفولوژی ساحلی محسوب می‌شوند. در این پژوهش، با مطالعهٔ مورفولوژی رودخانه‌های شمال تنگهٔ هرمز می‌کوشیم دگرگونی‌های ژئومورفولوژیکی و تغییرهای زمانی و مکانی بستر آنها را بررسی و تجزیه و تحلیل کنیم. بدین منظور، نخست مورفولوژی رودخانه‌ها و عرصه‌های تغییرمسیر آنها را درقالب نرم‌افزارهای GIS بررسی می‌کنیم و تغییرهای الگو و صورت‌های مختلف تغییر شکل و جابجایی بستر رودخانه را تعیین می‌کنیم. روش کار بیشتر ازنوع تجربی و میدانی است و طی آن، داده‌های مؤثر بر تغییرهای مورفولوژی پیچان‌رودهای منطقه، تحلیل می‌شود. تکنیک کار نیز مقایسه و تحلیل دگرگونی‌های صورت‌گرفته طی زمان‌های متوالی، با استفاده از ابزارها و روش‌های یادشده است. نتایج نشان می‌دهد که نسبت تغییرها و ضریب‌های پیچان‌رودی درجهت شیب و به‌سمت پایین‌دست دلتا افزایش می‌یابد. با توجه به کم‌شیب بودن سطوح دلتاها و ریزبافت بودن رسوب‌ها، حرکت‌های پیچان‌رودی تشدید شده است و مشخص‌ترین آثار فعالیت دینامیکی رودخانه‌های منطقه، وجود بسترهای درهم، متعدد و متروک این پیچان‌رودهاست. درمجموع، این تغییرها به‌طور مستقیم، پیرو تغییر بافت رسوب و سپس حالت‌های سیلابی رودخانه‌هاست.

واژه‌های کلیدی: ژئومورفولوژی جریانی، دلتا، تغییرمسیر رود، پیچان‌رود، تنگهٔ هرمز.

---

* نویسندهٔ مسئول مقاله: E-mail: myamani@ut.ac.ir

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۱- مقدمه

رودخانه‌ها از مهم‌ترین منظره‌های ژئومورفولوژیکی‌اند و ارتباط بین نظام نیروها و شکل‌های ناهمواری، در آنها به‌وضوح قابل‌درک است؛ زیرا تنها این عوامل در تعیین مورفولوژی آب‌راهه نقش دارند. جریان رودها در سطح جلگه‌ها پایدار نیست و بیشتر،مسیرهایشان تغییر می‌کند. این تغییرمسیرها به لندفرم‌های ویژه‌ای منجر می‌شود که لئوپولد و ولمن[1]، نخستین بار در سال ۱۹۵۷ آنها را پیچان‌رود نامیده‌اند (Biedenharn and Others, 1997: 101)، الگوی جریان در پیچان‌رودها بسیار پیچیده است. علت این پیچیدگی آشفتگی و طبیعت سه‌بعدی جریان، و همچنین توپوگرافی و تغییرهای عمقی می‌باشد (Thorndycraft, 2008: 4). با ورود جریان به قوس رودخانه دراثر اختلاف سرعت خطی جریان در دو ساحل و اعمال نیروی جانب مرکز و اندرکنش آن با دیگر نیروهای حاکم، جریان ثانویه ایجاد می‌گردد و باعث بازتوزیع نیرو در جهت عرضی مقطع می‌شود. این نابرابری نیرو در دو ساحل رود موجب می‌گردد در یک ساحل، کاوش و در ساحل مقابل، رسوب‌گذاری انجام پذیرد؛ بدین ترتیب مسیر رودخانه، پیچ و خم‌دار می‌شود (Scott and Mason, 2007: 97).

ازجمله کسانی که در حوزهٔ پیچان‌رودها پژوهش کرده‌اند، این افراد درخور ذکرند: رودر و اولسن در ۲۰۰۷ با استفاده از دینامیک محاسباتی سیالات، تکامل پیچان‌رود را بررسی کردند؛ لونیتانو و کوللا نیز در ۲۰۰۷ با بررسی دلتای رود سیمیتو[2]، نقش عامل انسانی را در تحولات دلتا مؤثر ارزیابی کردند؛ همچنین باری یونگ و همکاران در ۲۰۰۷ با تجزیه و تحلیل الگوی شبکهٔ زه‌کشی در تایوان، تغییرهای مسیر را متأثر از تکتونیک دانستند و تیرون در ۲۰۰۹ فرایندهای رسوب‌گذاری را در پیچان‌رود دلتای دانوب بررسی کرد؛. از کارهای انجام‌شده در ایران نیز می‌توان «علل تغییرمسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در سواحل شرقی تنگهٔ هرمز» (یمانی، ۱۳۷۸)، «مورفولوژی رود میناب» (نوحه‌گر، ۱۳۸٤)، «بررسی آزمایشگاهی الگوی سه‌بعدی جریان در قوس رودخانهٔ کارون» (سلاجقه و همکاران، ۱۳۸٤) و هیدرودینامیک رودهای بابل و تالار (حسین‌زاده، ۱۳۸۵) را نام برد.

1. Leopold, L.B., Wolman, G.M.
2. Simeto

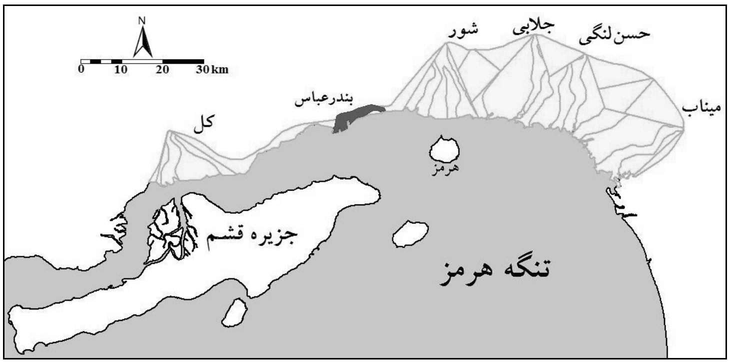
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

در این پژوهش، ناپایداری‌های بستر و تغییرهای پیچان‌رودی در رودهای جلگهٔ شمالی تنگهٔ هرمز را تجزیه و تحلیل کرده‌ایم. رودهای این محدوده بارها تغییرمسیر داده‌اند الگوی این تغییرها در مقایسه با یکدیگر یکسان نیست و به‌نظر می‌رسد تغییرهای متوسط بارش درحوضه‌های بالادست، باعث تغییر دبی رودخانه‌ها و درپی آن، تغییر در میزان قدرت جابجایی و حمل رودخانه و درنهایت تناوبی از رفتار فرسایشی ـ ترسیبی در بستر رودخانه‌ها شده است. این عوامل درمجموع به تغییرمسیر رودخانه‌های مورد مطالعه منجر شده است. تغییرها و ناپایداری بستر، تعداد تغییرمسیرها و سطوح تحت پوشش حرکات پیچان‌رودی در این منطقهٔ در مقایسه با دیگر نقاط ایران تنوع و گستردگی زیادی دارد. و این موضوع، مسئلهٔ اصلی تحقیق است. بررسی‌های اولیه و مطالعه‌های میدانی و تطبیق آنها با داده‌های زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی، نشان‌دهندهٔ یکنواختی بافت رسوب و ریزدانه بودن آن در سطح جلگهٔ ساحلی است. این مسئله، فرضیهٔ پژوهش است. به‌نظر می‌رسد تپه‌های ماسه‌ای نقش زیادی در تغییرهای بستر پیچان‌رودها در منطقهٔ مورد مطالعه ایفا می‌کنند.

٢- محدودهٔ مورد مطالعه

پهنهٔ ساحلی مورد مطالعه در این پژوهش، در جلگهٔ ساحلی شمال تنگهٔ هرمز با مختصات جغرافیایی ٢٦ درجه و ٥٨ دقیقه تا ٢٧ درجه و ٢٣ دقیقهٔ عرض شمالی، و ٥٥ درجه و ٤١ دقیقه تا ٥٧ درجه و شش دقیقه طول شرقی واقع شده است. در این محدوده رودهای میناب، حسن‌لنگی، جلابی، شور و کل به تنگهٔ هرمز می‌ریزند و درمجاورت دریا با رسوب‌گذاری خود دلتاهای نسبتا بزرگی را به‌وجود می‌آورند. دراثر اتصال این دلتاها، جلگهٔ ساحلی ایجاد می‌شود (شکل ١). بارش سالیانهٔ منطقه، ١٩٢/٧ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه در آنجا ٢٧ درجهٔ سانتی‌گراد است؛ بنابراین ،آب و هوای منطقه ازنوع گرم و خشک می‌باشد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]



شکل ۱ محدودهٔ دلتاهای مورد مطالعه در شمال تنگهٔ هرمز

۳- داده‌ها و روش‌ها

هدف از این تحقیق، تجزیه و تحلیل تغییرهای زمانی و مکانی بستر و تکامل پیچان‌رودی رودخانه‌های ساحل شمالی تنگهٔ هرمز می‌باشد. متغیرهای هندسی کانال، مورفومتری دلتاها و ویژگی‌های رسوب‌ها رودخانه‌ها، داده‌های پژوهش را تشکیل می‌دهند. در این راستا، با تجزیه و تحلیل تغییرها در الگوی رودخانه‌ها، عرصه‌های تغییرمسیر ازنظر شکل و الگو تقسیم‌بندی شده و سپس تغییرهای الگو درطول زمان با روش‌های تغییرهای زمانی و مکانی و همچنین روش میدانی بررسی شده است. بدین منظور، تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM و نرم‌افزارهای GIS (ArcGIS & Ilwis) و نیز نقشه‌های مختلف به‌عنوان ابزارهای اصلی به‌کار گرفته شده‌اند؛ علاوه بر این، از روش‌های آزمایشگاهی ازجمله روش‌های دانه‌سنجی برای تجزیه و تحلیل نمونه‌های رسوب استفاده شده است. در این راستا، موقعیت‌های اندازه‌گیری‌شده ازطریق کارهای میدانی با GPS ثبت شده، بر روی نقشه‌ها انتقال یافته و دوباره بررسی شده‌اند. تکنیک کار، مقایسهٔ دگرگونی‌های انجام‌گرفته طی زمان‌های متوالی و کمّی‌سازی هریک از متغیرهای مؤثر در تغییرمسیر و ناپایداری بستر است. با تجزیه و تحلیل داده‌های دبی و رسوب و نیز بررسی ارتباط آنها با تغییرهای الگو، اشکال مختلف تغییر شکل و جابجایی بستر رودهای منطقه تعیین شده و سرانجام، عرصه‌های تغییرمسیر رود ها با توجه به دامنهٔ تغییرها پهنه‌بندی و انطباق داده شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱- تغییرهای پیچان‌رودی رودخانه‌های منطقه

رودخانه‌های طبیعی و تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف همواره ازنظر ابعاد، شکل، راستا و الگو درحال تغییر هستند و به‌ندرت پایدار باقی می‌مانند. رودهای موجود در محدودهٔ مورد مطالعه نیز از این قاعده مستثنی نیستند؛ حتّی در مقیاس زمانی نسبتاً کوتاه نیز روند فرسایش و رسوب‌گذاری در هر رودخانه، تابع هماهنگی عوامل کنترل‌کننده (متغیرهای وابسته و مستقل) آن می‌باشد؛ در این صورت، هرگونه تغییر در سیستم رودخانه، تعادل آن را برهم می‌زند و با واکنش رودخانه درجهت ایجاد هماهنگی جدید روبرو می‌گردد (Hudson et.al, 2008: 216). مورفولوژی رودخانه‌ها با استفاده از ضریب پیچش[1] تعیین می‌شود. این ضریب از نسبت طول کانال به فاصلهٔ مستقیم همان مسیر به‌دست می‌آید. چنانچه ضریب از پانزده بیشتر باشد، رودخانه ازنوع پیچان‌رودی است و اگر از پانزده کمتر باشد، رودخانه با پیچش کم شناخته می‌شود (Charles, 1998: 23)؛ همچنین با افرایش و فرونشست‌های بستر رود که نشیب درهٔ رودخانه را تغییر می‌دهد، سینوزیتهٔ رود برای حفظ تعادل نشیب کانال تغییر می‌کند (Zamoly and Others, 2009: 5). مطابق بررسی‌ها، میزان سینوزیتهٔ رودخانه‌ها[2] از ١/٢٦ تا ١/٣٨ تغییر می‌کند؛ به این ترتیبT رودخانه‌های منطقه پیچش کمی دارند (جدول١)؛ همچنین با توجه به گسل‌های متعدد پیرامون محدودهٔ مورد مطالعه (شکل ٢)، به‌نظر می‌رسد کانال‌های رودخانه‌های منطقi تا حدی از حرکت‌های نئوتکتونیکی تأثیر پذیرفته باشند؛ البته این مسئله نیازمند انجام مطالعات تفصیلی است، علاوه بر این، وجود بسترهای متعدد و درهم (شکل ٣)، به‌ویژه در قسمت‌های پایین‌دست تمامی رودهای مورد مطالعه، که به حالت پیچان‌رودی نزدیک است، مشخص‌ترین آثار فعالیت دینامیکی رودخانه‌های منطقهٔ می‌باشد.

1. Sinuosity

۲. اندازه‌گیری مسیر رودخانه از حد کانال‌های جزر و مدی تا خط تغییر شیب پای کوهستان (رأس دلتا) انجام گرفته است؛ علاوه براین، برای رودهایی که تغییرمسیر داده‌اند، میانگین اندازه‌ها محاسبه شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

جدول۱ داده‌های مورفومتری رودها در محدودهٔ مورد مطالعه

نام رود	شیب (٪)	طول آب‌راهه (متر)	طول خطی (متر)	ضریب پیچش	تعداد تغییرمسیر
رود میناب	۰/۰۵٤	۳٦۷۰۳	٢٦٥٩٦	۱/۳۸	۱۸
حسن‌لنگی	۰/۰٦۳	۳۱۷۹۳	۲۳۲۰٦	۱/۳۷	۱۰
جلابی	۰/۰۵	۳۸۲٦۰	۲۷۵۲۵	۱/۳۵	١٤
رود شور	۰/۰۸	٢٤٦۹۳	۱۹٤٤۳	۱/۲۷	۱۷
رود کل	۰/۰۷	۱٦۸۰۳	۱۰۳۰۸	۱/٢٦	۱۲
کل شبکه‌ها	۰/۰٦	١٤٨٢٥٢	۱۰۷۰۷۸	۱/۳۳	۷۱

شکل ۲ نقشهٔ گسل‌های منطقهٔ شمال تنگهٔ هرمز (منبع: نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ منطقه، سازمان زمین‌شناسی)

۲-۴- هیدرودینامیک رودخانه‌ها

دبی و بار رسوبی با تغییر و ناپایداری آب‌راهه و مشخّصات هندسی آن، از متغیرهای مؤثر در تعیین اندازه و ویژگی‌های شکل آب‌راهه‌ها می‌باشند (Phillips and Slattery, 2007: 295). اگر بار رسوبی یا مقدار تخلیه‌ای که آب‌راهه انجام می‌دهد، کم شود، رسوب‌گذاری یا فرسایش در آب‌راهه اتفاق می‌افتد و به این ترتیب، آب‌راهه ناپایدار می‌گردد. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته، در قسمت‌های بالایی محدودهٔ مورد مطالعه رابطهٔ زیر صدق می‌کند:

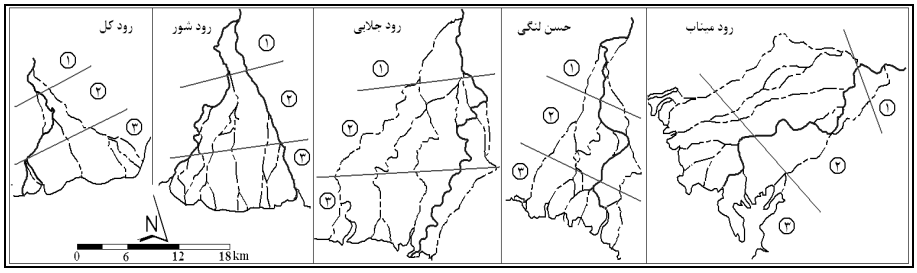
$$Q^{+} Q_{sb}^{+} \rightarrow w^{+}, d^{\pm}, (w/d)^{+}, \lambda^{+}, S^{-}, s^{\pm}$$ رابطهٔ (۱)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

مطابق این رابطه، Q دبی، Q_{sb} بار بستر، w پهنای‌کانال، d عمق، w/d نسبت عرض به عمق، λ طول‌موج ماندری، S ضریب پیچش، s شیب رودخانه و(+ –) افزایش یا کاهش در هریک از متغیرهای ذکرشده می‌باشد.

در این بخش، با کاهش ناگهانی شیب، به‌دلیل وجود سازندهای سست با افزایش میزان دبی و بار رسوبی روبروهستیم؛ درنتیجه با افزایش عرض و عمق کانال، سینوزیته کاهش می‌یابد. کاهش نسبی سرعت جریان در بخش‌های پایین‌دست، به سرریز شدن آنها و کاهش بار رسوبی منجر می‌گردد؛ درنتیجه شیب کم می‌شود، حرکت‌های پیچان‌رودی گسترش می‌یابد و تغییرها در مسیر به بیشترین حد می‌رسد. در این قسمت‌ها، که قابل تعمیم به تمام محدوده‌اند، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$Q^{+}\, Q_{sb}^{-} \quad \rightarrow \quad w^{\pm},\ d^{+},\ (w/d)^{\pm},\ \lambda^{\pm},\ S^{+},\ s^{-} \qquad \text{رابطهٔ (۲)}$$



شکل۳ تغییرمسیر رودهای منطقه در بخش‌های بالایی، میانی و انتهایی که با شماره‌های ۱تا۳ مشخص شده‌اند.

رودهای مورد مطالعه، به‌طور مستمر دربرابر تغییرهای خارجی مختلف همچون بار رسوبی یا مقدار تخلیه واکنش نشان می‌دهند؛ به‌طوری که با افزایش یا کاهش دبی، ابعاد و شیب آب‌راهه تغییر می‌کند. ذگرگونی بار مواد بستری نه‌تنها ابعاد آب‌راهه را عوض می‌کند، بلکه شکل آن را نیز تغییر می‌دهد و در تغییر میزان پیچ و خم‌دار بودن آن نیز مؤثّر است. این مسئله در تعداد تغییرمسیرهای رودخانه‌های مورد مطالعه نیز(بیش از هفتاد تغییرمسیر) نمایان است (شکل ۳). مورفومتری و تعداد تغییرمسیرها در رودهای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است؛

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

همچنین در جدول ۲، میزان دبی رودهای مورد مطالعه که دارای آمار هستند، نگاشته شده است. داده‌های این جدول، نشانگر وجود وضع مناسب و تغییرپذیری زیاد می‌باشد.

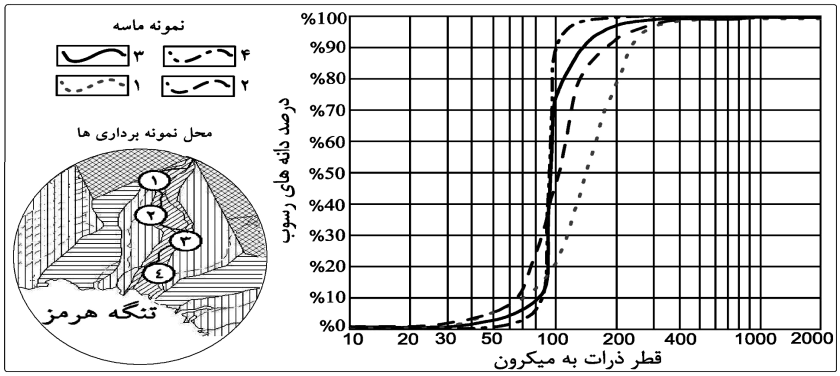
۳-۴- نقش تغییرهای بافت رسوب و رسوب‌گذاری در ناپایداری بستر

کاهش سریع اندازهٔ دانه‌های رسوب درجهت پایین‌دست رودخانه، از ویژگی‌های شاخص رسوب‌ها در بستر رودخانه‌های دلتایی است. این ویژگی در دلتاهای مورد مطالعه به‌خوبی دیده می‌شود و به‌نظر می‌رسد علت اصلی افزایش تعداد تغییرمسیرها تحت تأثیر کاهش قطر رسوب‌ها تا حد سیلت ریز در پایین‌دست دلتاها که میزان شیب کاهش می‌یابد، بیشتر می‌شود (جدول ۲). در شکل ٤، نمونه‌های رسوب سطح دلتای مرکب رود جلابی- حسن‌لنگی، به‌ترتیب از رأس تا قاعدهٔ آن نشان داده شده است. نکتهٔ مهم آن است که از فاصلهٔ حدود بیست کیلومتری خط ساحلی، بافت رسوب یک‌باره و با کاهش شیب کاملا مشخص، ریزدانه می‌شود؛ مهم‌تر آنکه درنتیجهٔ مقایسهٔ قطر ذره‌های رسوب با تغییرمسیرهای رودخانه‌ها مشخص می‌گردد که تغییرمسیرها و ضریب پیچان‌رودی رودخانه‌های منطقه، با این تغییر ناگهانی بافت برازش نشان می‌دهند. جدول ۲ آمار دبی و رسوب ایستگاه‌های اصلی منطقه را نشان می‌دهد.

جدول۷ همبستگی دبی و بار رسوبی در رودهای مورد مطالعه (منبع: سازمان آب منطقه‌ای، ۱۳۵۷- ۱۳۸۷)

رودخانه	آب‌دهی سالانه (مترمکعب در ثانیه)	متوسط سالانه وزن مواد رسوبی (مجموع بار معلق و بار کف به تن)	رسوب ویژه (تن در کیلومتر مربع در سال)
میناب	۱۰/۹۹	۵۹۲۰۰۰۰	۵۸۰
حسن‌لنگی	۲/۸۸	۹۲۰۰۰۰	۵۳۷
جلابی	۲/۸۸	۵۸۰۰۰۰	۵۵۴
رود کل	۱۲/۸۴۸	۱۰۹۶۵۰۰۰	۲۱۵/۷

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]



شکل ۴ نمودار دانه‌سنجی ذره‌های رسوب درطول رودخانهٔ جلابی

بررسی‌های رسوب‌شناسی نشانگر آن است که بافت رسوب‌های سطح دلتاها به‌طور یکنواخت از رأس دلتاها به‌سوی خط ساحلی تغییر می‌کند و به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای ریزدانه می‌شود. از علت‌های عمدهٔ این مسئله، وجود سازندهای سست مارن و ماسه‌سنگی در حوضه-های منتهی به جلگهٔ ساحلی و همچنین گستردگی و شیب بسیار کم این جلگه است. همین ویژگی باعث شده است رودخانه‌ها از پایداری چندانی برخوردار نباشند و در زمان‌های کوتاه‌تری تغییرمسیر دهند (شکل ۵). و از آنجا که شیب دلتاها انعکاس متوسط دانه‌بندی و قطر ذره‌های رسوب دلتا می‌باشد، مورفودینامیک رودخانه‌ها در منطقهٔ تحت بررسی بیشتر پیرو ویژگی‌های بافت و تناوب سیلابی بودن آنها است.

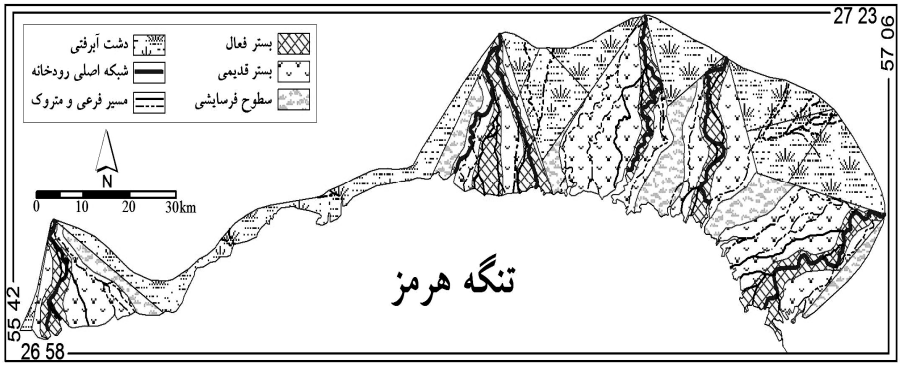
۴-۴- ارتباط شیب و ناپایداری بستر و تحول پیچان‌رودها

با توجه به شیب بسیار کم دلتاها (حدود ۰/۰۸ درصد و با دامنهٔ بین ۰/۰۷ تا ۰/۱)، بستر اصلی رود بر روی آن تقسیم می‌شود و به‌صورت شبکه‌های زه‌کشی واگرا در می‌آید. به‌طور کلی تغییر شکل کانال رودها بر روی دلتاهای منطقه، در کاهش یا افزایش شیب کانال و انحراف مسیر یا رسوب‌گذاری جلوه‌گر می‌شود. حجم جریان در کانال اصلی رودخانه‌های منطقه رو به پایین‌دست رود افزایش می‌یابد؛ به این ترتیب، عرصه‌های تغییرمسیر در سطح دلتاها به‌وجود

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

می‌آیند. این عرصه‌ها باعث پدید آمدن بسترهایی قدیمی می‌شوند که بر مسیرهای قبلی جریان منطبق‌اند (شکل ۵).

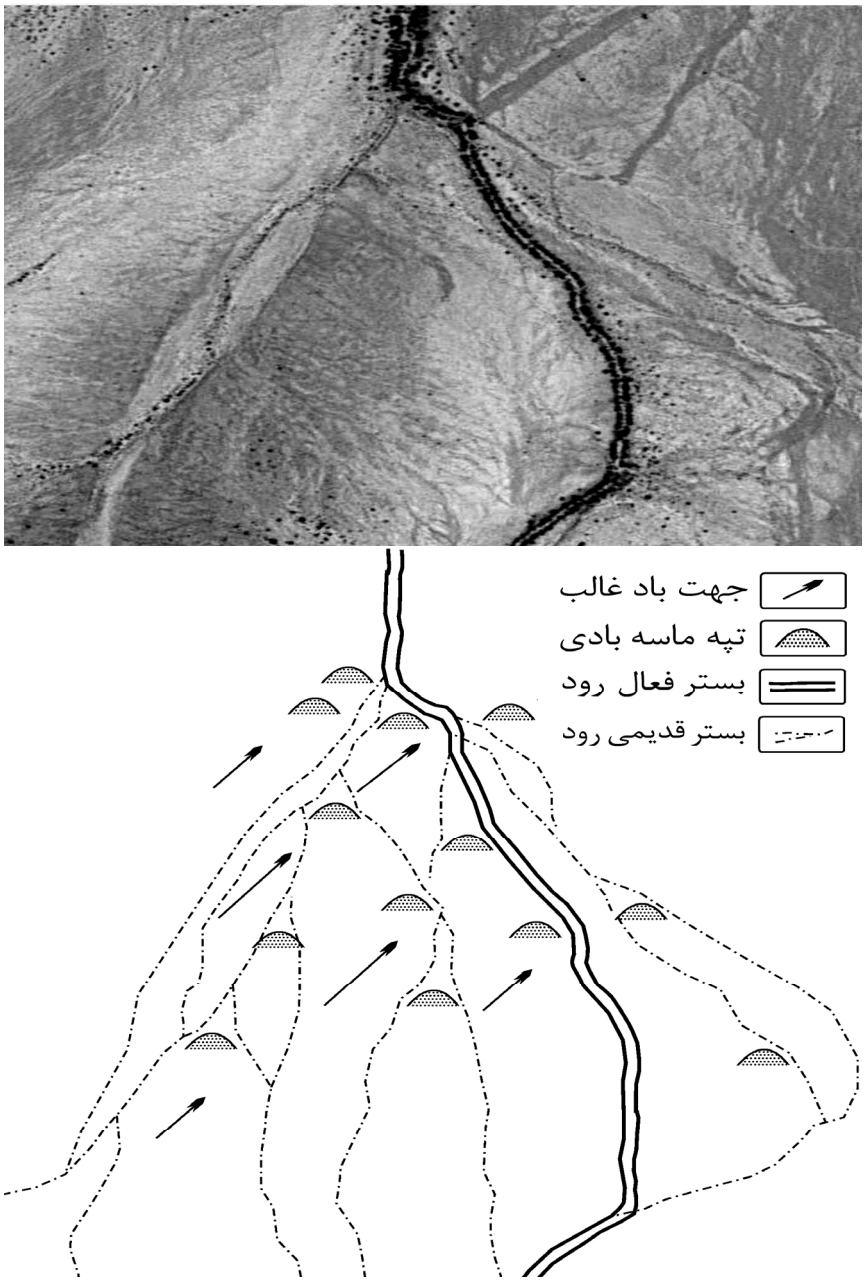
با توجه به شیب بسیار کم سطوح دلتاها، پایداری مسیر جریان، پیرو عوامل دیگری همچون نوع و تراکم پوشش‌گیاهی یا بی‌نظمی‌های موجود در مقطع آب‌راهه می‌باشد. در حالت سیلابی، جریان آب، برجستگی‌های ماسه‌ای[1] را گسترش می‌دهد. جریان ماسه و تراکم آن در سطوح و مسیر شبکه‌های زه‌کشی موجب اختلاف سطح در پهنهٔ دلتاها می‌گردد و این اختلاف سطح (۰/۳۵ تا ۰/۵متر در کیلومتر)، باعث تغییرمسیر و انحراف شبکه‌های زه‌کشی می‌شود؛ بنابراین، کافی است در این مسافت، قشری از ماسه به همین ضخامت متراکم گردد تا جهت‌های شیب و به‌دنبال آن، مسیر شبکه تغییرکند (شکل٦). نمونهٔ این فرایند، بسترهای متروک رودخانه‌های موجود می‌باشد. جریان ماسه و تراکم آن در بستر رودخانه‌ها در دورهٔ خشک‌سال، موجب مسطح شدن آنها و ازبین رفتن اختلاف ارتفاع میان بستر و زمین‌های پیرامون می‌شود. با توجه به شکل ۳ و جدول ۱، در پایین‌دست رودخانه‌ها که میزان شیب به کمترین حد می‌رسد، تغییرمسیرها بیشتر می‌شود و تا میزان چهاربرابر قسمت‌های بالارود افزایش می‌یابد.



شکل ۵ عرصه‌های تغییرمسیر رودخانه‌های تحت بررسی

1. Antidunes

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

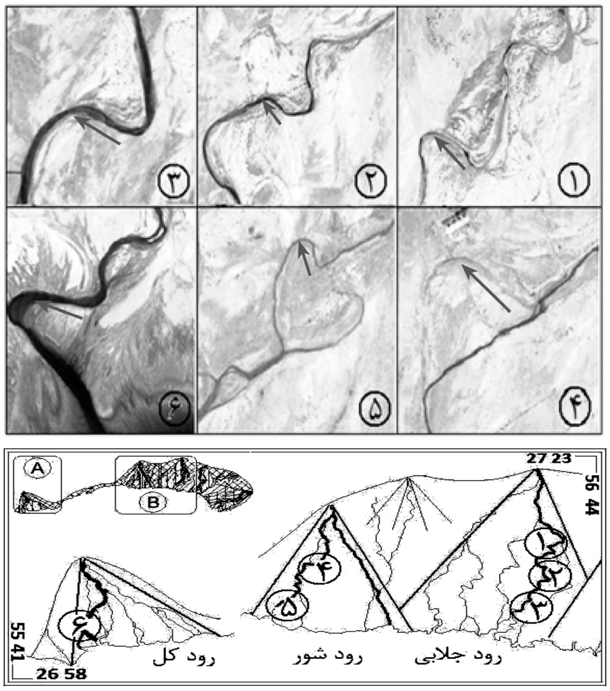


شکل۶ تصویر بخشی از رود شور که انباشت ماسه‌های بادی در تغییرمسیر آن تأثیرگذار بوده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۵-۴- تکامل پیچان‌رودها

آب‌راهه‌های محدودهٔ مورد مطالعه از سازندهای فرسایش‌پذیر تشکیل شده‌اند و فشار واردشده به‌علت نیروی جریانی آب، یش از مقاومت رسوب‌های دربرگیرندهٔ آن است؛ بنابراین، بستر و دیوارهٔ آب‌راهه‌ها به‌طور طبیعی درطول زمان تغییر می‌کنند. مسیر رودخانه، نخست مستقیم و بر خطوط میزان عمود است؛ سپس به‌طور مایل با خطوط میزان حرکت می‌کند و به‌تدریج با آن موازی می‌شود؛ سر انجام، درراستای عمود بر شیب دلتا از خطوط منحنی‌های میزان عبور می‌کند و شکل می‌گیرد (شکل ۷). گفتنی است که پیچان‌رودهای متروک[1]، حاصل خشک‌شدن و ترک این مسیر توسط شبکهٔ زه‌کشی می‌باشد (شکل ۸).

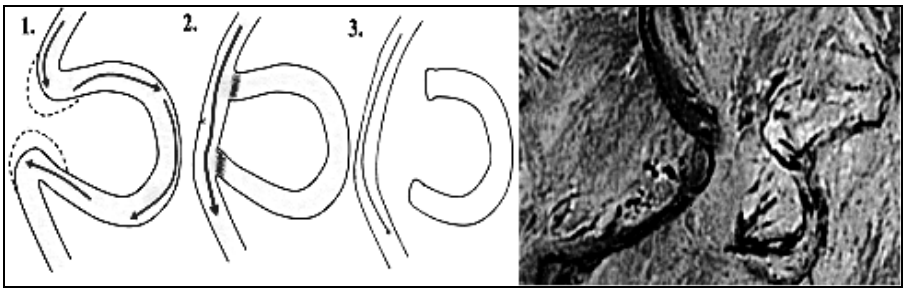


شکل۷ تکامل و گسترش حلقه‌های پیچان‌رودی در جهت مخالف شیب. در زیر شکل نیز موقعیت حلقه‌های یک تا شش نشان داده شده است (تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث: ۲۰۰۸).

1. Ox Bow lake

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

تکامل پیچان‌رودها و مهاجرت آنها بیشتر به‌سوی پایین‌دست و درجهت شیب رودخانه صورت می‌گیرد؛ از طرفی با افزایش دبی، طول قوس پیچان‌رودها نیز سریع‌تر تکامل می‌یابد. در این میان، قوس بالادست پیچان‌رود به‌تدریج به‌سمت بالادست و برخلاف شیب سطح دلتا کامل می‌شود. این ویژگی در بخش‌های میانی و انتهایی رودهای مورد مطالعه، به‌خوبی دیده می‌شود (شکل ۷). در این حالت، مسیرهای متروک رودخانه‌ها در دوره‌های کوتاه‌مدت به‌سبب شستشوی هرزآب‌ها و ماسه‌های بادی پر می‌شود و تشخیص آنها در روی زمین، به‌سادگی ممکن نیست؛ زیرا اختلاف‌سطح چندانی ندارند.



شکل۸ در سمت راست، تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث بخش پایین‌دست رود جلابی و حلقهٔ متروک[1] یک پیچان‌رود قرار گرفته و در سمت چپ، مراحل تکاملی این پیچان‌رود، بازسازی شده است.

شایان ذکر است که حرکت‌های نئوتکتونیک، دگرگونی‌های عمده‌ای در فرایندهای شکل‌زایی حاکم بر پهنهٔ ساحلی، به‌ویژه در ارتباط با شبکهٔ آب‌های جاری ایجاد کرده است[2]. حفر دلتاهای عمیق و نهشته‌های آب‌رفتی و تغییرمسیرهای متعدد شبکهٔ آب‌ها بر سطح آنها و پیدایش پیچان‌رودهایی که به‌طور عمیقی در امتداد رودهای میناب، حسن‌لنگی، جلابی و شور ایجاد شده و شکل کلی امتداد رودخانهٔ کل در غرب محدوده، ناشی از تأثیر بالاآمدن زمین دراثر تکتونیک می‌باشد. طبق اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، میزان این بالاآمدگی از غرب به شرق افزایش پیدا می‌کند؛ به‌طوری که در بندرعباس به ۱/۵ میلی‌متر در سال و در حوالی روستای توجک به ۲/۵ میلی‌متر در

1. Ox bow lake

۲. به‌دلیل همپوشانی، تفکیک اثرهای ناشی از نئوتکتونیک از تغییرات دبی رود و اختصاصات بار رسوبی‌آن برروی مورفولوژی کانال‌ها دشوار است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

سال می‌رسد (نوحه‌گر و یمانی، ۱۳۸۵: ۱٦۱). این مسئله می‌تواند تا حدی نظریهٔ ویتافینزی[1] را دربارهٔ نقش تکتونیک در تغییرمسیرها تأیید کند (Vita Finzi, 1997: 46).

۵- نتیجه‌گیری

معمولاً بار بستر رودخانه‌ها را حدود سی درصد بار معلق درنظر می‌گیرند (علیزاده، ۱۳۸۱: ٦۵۱)؛ اما بررسی‌های میدانی و داده‌های رسوب نشان می‌دهد که به‌علت سیلابی‌بودن رودهای مورد مطالعه و سست‌بودن بیشترسازندهای حوضه‌ها، نسبت بار رسوبی از حد عادی بیشتر است و از آنجا که سازندها در حوضه‌های منتهی به جلگهٔ ساحلی مورد مطالعه، بیشتر از مارن و ماسه‌سنگ سست (سازند فلیش) تشکیل شده، حجم مواد رسوبی ریزدانه، بخش عمدهٔ بار رسوبی رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد. در جریان‌های سیلابی (جریان‌های بزرگ‌تر از بیست مترمکعب بر ثانیه در محدودهٔ مورد مطالعه) نسبت بار کف به بار معلق، به‌طور متوسط از۱/۵ تا ٤ متغیر و معادل ۲/۲ می‌باشد. این نسبت بسیار بیشتر از رودخانه‌های دارای مواد بستری ریزدانه می‌باشد. در جریان‌های سیلابی، سهم بار کف از بار رسوبی کل (بدون احتساب بار شسته) از۰/۵ تا ۰/۸ متغیر است و به‌طور متوسط معادل ۰/۵۷ محاسبه شده است. با افزایش شدت جریان، نسبت بار کف به بار معلق و بار کل نیز کاهش می‌یابد. در جریان‌های سیلابی، نسبت حجمی بار رسوبی به جریان آب، به‌طور متوسط ۰/۲۲٪ می‌باشد. این نسبت با دورهٔ برگشت بیشتر از پنج سال، افزایش می‌یابد و نیازمند ارزیابی صحرایی است؛ بنابراین، ریزبافت بودن رسوب دلتاها، به‌ویژه در بخش میانی تا قاعدهٔ آنها، موجب تشدید فرسایش جانبی و کناری آب‌راهه‌ها می‌شود و درنتیجه، پیچان‌رودها با سرعت بیشتری تکامل می‌یابند. همچنین مقایسهٔ تغییرهای بستر رودهای منطقه در سطوح دلتاها طی نیم‌قرن اخیر، بر کوتاه بودن فاصلهٔ زمانی تغییر دلالت می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که طی دوره‌های طولانی‌تر، تغییرمسیرهای جدیدتر در سطح دلتای مرکب رودخانه‌های حسن‌لنگی و جلابی، در مقایسه با دیگر دلتاها کمتر است، جابجایی مسیر تنها شامل حرکت‌های پیچان‌رودی بمی شود و مسیر کلی آنها تغییر نمی کند؛ در حالی‌که مسیر رود میناب، دست‌خوش تغییرهای کلی و گسترده‌ای شده است.

1. Vita Finzi,C.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

تغییرمسیر رود کل نیز بیشتر در نزدیکی مصب و در حاشیهٔ تالاب‌های جزرومدی روی داده است؛ حال آنکه تغییرمسیر رود شور در بخش بالای دلتا که آب‌راههٔ اصلی به دو بخش تقریبا مساوی تقسیم شده، محدود می‌گردد. از طرفی شیب بسیار کم سطوح دلتاها و ریزدانه بودن بافت رسوب‌ها، تکامل سریع‌تر پیچان‌رودها را به‌دنبال دارد و سرانجام، سرریزشدن جریان دراثنای سیلاب‌ها، تغییرمسیر آب‌راههٔ اصلی را تشدید می‌کند. مقایسهٔ دوره‌ای عکس‌های هوایی نشان می‌دهد که تکامل قوس‌های کاو پیچان‌رودها به‌سوی بالادست دلتا، موجب کاهش شدید شیب بستر در این قوس‌ها شده و درنهایت، سرریزشدن جریان، مقدمات تغییرمسیر را فراهم آورده است؛ به این ترتیب، نتایج اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات دوره‌ای نشان می‌دهد که سرعت تکامل پیچان‌رودها در درجهٔ اول به شیب و بافت ریزدانه و منفصل رسوب‌ها و سپس دینامیک جریان وابسته است.

رودهای مورد مطالعه دارای حوضه‌های آب‌خیز کوچک‌اند و طول آب‌راههٔ کوتاه‌تری دارند؛ بنابراین، زمان تمرکز در آنها بسیار طولانی است و سیلاب‌ها (به‌ویژه سیلاب‌های ناشی از بارش‌های بهاری و موسمی‌های تابستانه) از شدت بیشتری برخوردارند. تغییرهای دوره‌ای دبی رودخانه‌ها و بالابودن نقطه‌اوج سالانه در مقایسه با میانگین سالانه، موجب افزایش شدت جریان در یک دورهٔ کوتاه‌مدت می‌شود. این پدیده کاوش مقطعی و شدید سواحل رودخانه و تشدید حرکت‌های پیچان‌رودی را به‌دنبال دارد. دربارهٔ این موضوع می‌توان الگوریتم زیر را به‌عنوان بهترین رابطه برای تعمیم به کل محدوده به‌دست داد:

$$Q^{+}\, Q_{sb}^{-} \quad \longrightarrow \quad w^{\pm},\ d^{+},\ (w/d)^{\pm},\ \lambda^{\pm},\ S^{+},\ s^{-} \qquad \text{رابط۳)}$$

ضریب‌های دبی، گستردگی حوضه و حجم رسوب با تغییرمسیرشبکه در سطوح دلتایی آنها همخوانی دارد؛ به عبارت دیگر، بیشترین تغییرمسیر متعلق به رودخانه‌هایی است که هریک از متغیرهای این رابطه در آنها قوی‌ترعمل می‌کند؛ از این رو، بیشترتغییرمسیرها با وضع سیلابی، دبی رودخانه‌ها و تراکم پوشش‌گیاهی پیرامون شبکه رابطه‌ای مستقیم دارد؛ به‌طوری که تقریباً تمامی تغییرمسیرها در زمان بارش‌های سیلابی منطقه روی داده‌اند. این مسئله گویای آن است

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

که وضع هیدرودینامیک رودخانه‌ها و نیز متوسط دبی و حجم رسوب حمل‌شده، با تغییرمسیرها همبستگی کامل دارد.

۶- منابع

- سلاجقه، علی و همکاران (۱۳۸٤). «بررسی آزمایشگاهی الگوی سه‌بعدی جریان در قوس رودخانه». ***مجلهٔ منابع طبیعی ایران*** .ش ۱. صص ۲۵-۳۳.
- علیزاده، امین (۱۳۸۱). ***هیدرولوژی کاربردی.*** آستان قدس رضوی. مشهد.
- نوحه‌گر، احمد و مجتبی یمانی (۱۳۸٤). «بررسی ژئومورفولوژیکی پیچان‌رود و نقش آن در فرسایش رود میناب». ***پژوهش‌های جغرافیایی.*** ش ۵۱. صص ٦۵-۸٤.
- ویتافنزی. ک (۱۳۵۸). ***زمین‌شناسی کوارترنر جنوب ایران.*** سازمان تحقیقات زمین‌شناسی ایران.
- یمانی، مجتبی (۱۳۷۸). «علل تغییرمسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در دلتاهای شرق جلگهٔ ساحلی مکران». ***پژوهش‌های جغرافیایی.*** ش ۳۵. صص ۳٤ تا ۵٦.
- یمانی، مجتبی و مهدی حسین‌زاده، (۱۳۸۵). «هیدرودینامیک رودخانه‌های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییر مشخّصات هندسی آنها». ***پژوهش‌های جغرافیایی***،.ش ۵۵. صص ۱۵-۳۳.
- Barry Yang Ch, et, al. (2007). «Dctive deformation Front Delineated by Drainage Pattern Analysis and Vertical Movement Rates». Journal of *Asian Earth Sciences*. Volume 31. Issue 3. PP 251-264.
- Biedenharn D.S., C.M. Elliot and Watson C.C. (1997). *The WES Stream Investigation and Stream Bank Stabilization Handbook*. U.S. Army Engineering.
- Brookes. Ian A (2003). «Palaeofluvial Estimates from Exhumed Meander Scrolls. Taref Formation (Turonian). Western Desert». *Cretaceous Research*. Volume 24. Issue 2. PP 97-104.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

- Charles Smith, E. (1998). «Modeling High Sinuosity Meanders in a Small Flume». *Geomorphology*. (25).pp19–30.
- Grenfell. S.E, et.al (2009). « Geomorphology and Dynamics of the Mfolozi River Floodplain, KwaZulu-Natal, South Africa». *Geomorphology*. Volume 107. Issues 3-4. 15, PP 226-240.
- Hudson. P. F, et.al (2008). «Flood Management Along the Lower Mississippi and Rhine Rivers (The Netherlands)». *Geomorphology*. Volume 101. Issues 1-2. PP 209-236.
- Leopold, L.B., and G.M Wolman (1957). «River Channel Patterns: Braided Meandering and Straight». Geol. Surv. Prof. Paper 282: 39-85
- Longhitano, S. and A. Colella (2007). «Geomorphology of the Anthropogenically Modified Simeto River Delta System». *Sedimentary Geology*. Volume 194. Issues 3-4, 1, PP 195-221.
- Phillips. J. D and M. C Slattery (2007). «Downstream Trends in Discharge, Slope, and Stream Power in a Lower Coastal Plain River». *Journal of Hydrology*. Volume 334. Issues 1-2. PP 290-303.
- Rüther, N and N.R.B Olsen (2007). «Modelling Freeforming Meander Evolution in a Laboratory Channel Using Three-Dimensional Computational Fluid Dynamics». *Geomorphology*. Volume 89. Issues 3-4. PP 308-319.
- Scott, T.R and DC Mason (2007). «Data Assimilation for a Coastal Area Morphodynamic Model: Morecambe Bay». *Coastal Engineering*. Volume 54. Issue 2. February 2007. PP 91-109.
- Thorndycraft, V.R, et.al (2008). «Fluvial Geomorphology: A Perspective on Current Status and Methods». Geomorphology. Volume 98. Issues 1-2. PP 2-12.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]

- Tiron, L. J, et.al (2009). «Flow and Sediment Processes in a Cutoff Meander of the Danube Delta during Episodic Flooding». *Geomorphology*. Volume 106.Issues 3-4.PP 186-197.
- Vita Finzi, C. (1979). «Contributions to the Quaternary Geology of Southern Iran». *Geological and Mineral Survey of Iran*. Report (47).PP30-47.
- Zámolyi, A, B. Székely, E. Draganits and G. Timár (2009). «Neotectonic Control on River Sinuosity at the Western Margin of the Little Hungarian Plain». *Geomorphology*. In Press. Corrected Proof. Available online. Pages1-13.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-20]