

بررسی مورفولوژی و الگوی پیچان رودی رودخانه زهره در جلگه ساحلی هندیجان

حمیدرضا معصومی^۱، کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
محمدرضا غریب‌رضا، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
احمد معتمد، استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۲۴

چکیده

خصوصیات هندسی و مورفولوژیکی هر رودخانه از مشخصه‌های اصلی آن به‌شمار می‌آید که به‌واسطه آن‌ها برنامه‌ریزی مدیریتی حوزه و حفظ منابع طبیعی پیرامون آن‌ها و مهندسی رودخانه امکان‌پذیر خواهد بود. از این‌رو مهم‌ترین هدف این تحقیق، بررسی مشخصه‌های هندسی و مورفولوژیکی یکی از رودخانه‌های مهم و دائمی حوزه خلیج فارس به‌نام رودخانه زهره است. رودخانه زهره در پایین‌دست حوزه آبخیز خود به‌طول ۶۴ کیلومتر در دشت ساحلی هندیجان جریان دارد. دبی بیشینه، متوسط و کمینه این رودخانه به‌ترتیب ۱۶۹، ۹۰ و ۱۲ مترمکعب بر ثانیه است. جزر و مد با بیشینه دامنه ۲/۷ متر تا فاصله ۱۷ کیلومتری از مصب آن به‌سمت بالادست نفوذ می‌کند، لیکن بازگشت و انباشت جریان آب رودخانه در کانال آن، تا محدوده شهری هندیجان اثر می‌کند. دشت ساحلی هندیجان در پیرامون این رودخانه کانون فعالیت‌های مهم کشاورزی، شیلاتی، بازرگانی و نظامی بوده و هرگونه تغییر در رژیم و حریم رودخانه زهره، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در شرایط اقتصادی، اجتماعی و امنیتی منطقه خواهد داشت. در این تحقیق با توجه به شرایط ویژه این دشت ساحلی، سعی شده است با استفاده از GIS و پیمایش‌های میدانی، خصوصیات هندسی رودخانه در بازه زمانی حدود ۳۵ سال مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داده که از سال ۱۹۶۷ تا کنون دو مورد قطع‌شدگی (Cut off) کانال رودخانه رخ داده و تعداد پیچش‌ها از ۴۳ به ۴۸ مورد افزایش پیدا کرده است. همچنین ضریب خمیدگی از ۳/۵۹ به ۳/۰۶ کاهش یافته و شعاع انحنای رودخانه و طول موج پیچش‌ها به‌ترتیب ۲۶ و ۰/۰۶ درصد افزایش پیدا کرده است. براساس اندازه زاویه مرکزی به‌دست آمده، این رودخانه طبق رده‌بندی کورینز در رده رودخانه‌های پیچان‌رودی بیش از حد توسعه یافته قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: دبی بیشینه، دلتای هندیجان، زاویه مرکزی، ضریب خمیدگی، قطع‌شدگی

مقدمه

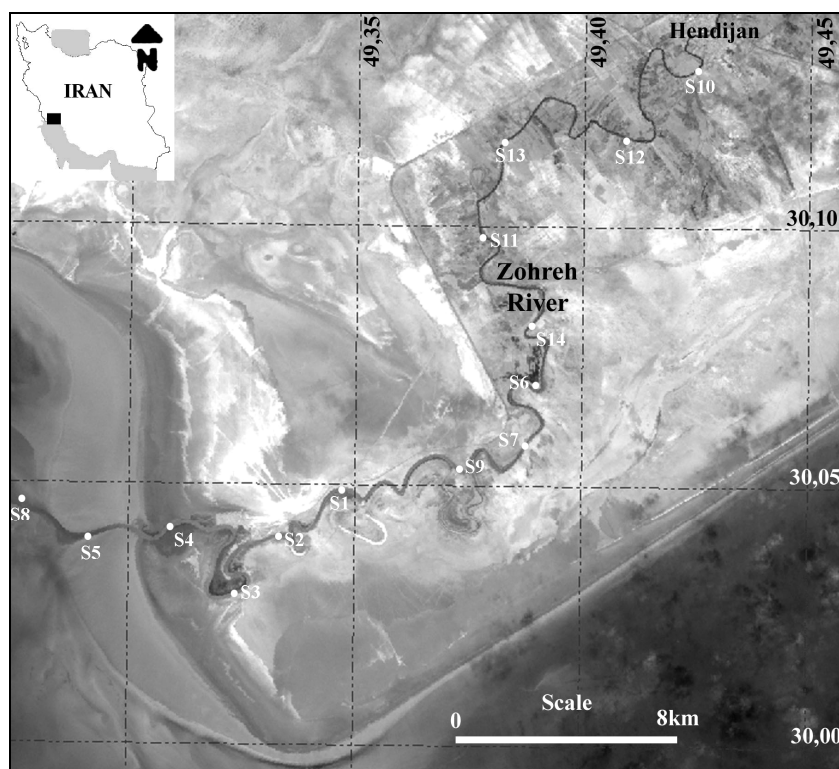
رودخانه زهره یکی از رودخانه‌های استان خوزستان است که از دو شاخه اصلی فهلیان و خیرآباد تشکیل شده و با نام رودخانه زهره در انتهای دشت هندیجان به خلیج فارس می‌ریزد (شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۷۸). منطقه مورد مطالعه دلتای رودخانه زهره در حفاصل شهر هندیجان تا سواحل خلیج فارس با مختصات ۲۶'، ۴۹° تا ۴۸'، ۴۹° طول خاوری و ۰'، ۳۰° تا ۱۵'، ۳۰° عرض شمالی می‌باشد. مساحت این محدوده بالغ بر ۷۶ هزار هکتار بوده و طول رودخانه در این بازه ۶۴ کیلومتر است. متوسط بارندگی منطقه ۲۰۰ میلی‌متر، (ایستگاه هواشناسی دهملا) که بیشینه بارش در دی‌ماه، ۲۱ درصد بارندگی سالانه را شامل می‌شود و کم‌ترین بارش مربوط به تیرماه با ۰/۱ است. بالاترین دما در تیرماه با بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین آن در دی‌ماه است (شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۷۸). دبی بیشینه، متوسط و کمینه به‌ترتیب ۱۶۹، ۹۰ و ۱۲ مترمکعب بر ثانیه است. بیشینه دامنه جزر و مد ۲/۷ متر و تا عمق

^۱ masoumi_hamid@yahoo.com

۱۷ کیلومتری از مصب رودخانه نفوذ می‌کند (غریب‌رضا، ۱۳۸۴). لیکن انباشت آب رودخانه در کانال آن تا هندیجان اثر کرده و به‌خوبی قابل مشاهده بوده و کل محدوده مطالعه متأثر از این پدیده است.

دشت ساحلی هندیجان در پیرامون این رودخانه، کانون فعالیت‌های مهم کشاورزی، شیلاتی، بازرگانی و نظامی بوده و هرگونه تغییر در رژیم و حریم رودخانه زهره، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در شرایط اقتصادی-اجتماعی و امنیتی منطقه خواهد داشت. عموماً مزارع کشاورزی شهر هندیجان و روستاهای پایین‌دست، در حاشیه رودخانه و بر تراس‌های آبرفتی آن واقع شده‌اند. صید و پرورش آبزیان به‌عنوان یکی از مشاغل اصلی ساکنین منطقه محسوب می‌شود و در طول رودخانه چندین جایگاه تخلیه صید سنتی و بندر صیادی-تجاری (سجافی) وجود دارد که رونق خاصی به آن بخشیده است. قابلیت رودخانه از لحاظ عمق و پهنا به‌گونه‌ای است که لنج‌های تجاری و صیادی توانایی رفت و آمد تا شهر هندیجان (با عمق بیش از ۶۰ کیلومتر در مصب) را دارند.

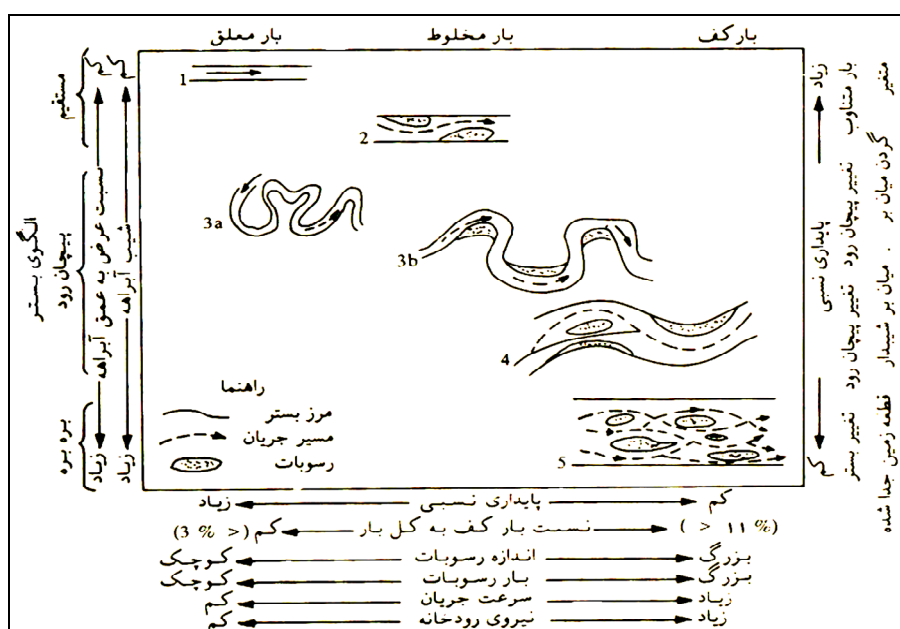
با این وصف بررسی دقیق الگوی پیچان‌رودی و مورفولوژی منطقه به‌عنوان پارامتر مؤثر در کلیه فعالیت‌های یاد شده به‌منظور راه‌های حفظ منابع و سرمایه‌های موجود و با توجه به محرومیت منطقه بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. در این تحقیق با توجه به شرایط ویژه این دشت ساحلی سعی شده است، با استفاده از مطالعات GIS و پیمایش‌های میدانی، خصوصیات هندسی رودخانه در بازه زمانی حدود ۳۵ سال مورد بررسی قرار گیرد. در این بازه زمانی، تغییرات مورفولوژی رودخانه و پیچش‌های آن، با استفاده از پارامترهای طول موج، تعداد پیچش‌ها، زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی مطالعه شده است.



شکل ۱ - دشت ساحلی هندیجان و موقعیت محل‌های نمونه‌برداری (تصویر ماهواره‌ای Landsat TM سال ۱۹۸۹)

ژئومورفولوژی رودخانه، اصطلاحی است که در زمین‌شناسی برای بررسی شکل و سیستم رودخانه به‌کار می‌رود. بستر رودخانه به‌عنوان بخش کوچکی از ناهمواری‌های زمین، متأثر از عوامل زمین‌شناختی، ژئومورفولوژیکی، اقلیمی و هیدرولوژیکی است که شکل رودخانه را ایجاد می‌کنند (Schumm, ۱۹۸۰). در تحقیقات انجام شده مورفولوژی

رودخانه‌ها بر اساس دو پارامتر سدی^۱ و پیچش^۲ تعیین شده است (Rust, ۱۹۷۸). براساس این دو پارامتر، چهار الگوی کانال مستقیم، شریانی^۳ (بریده بریده)، گیسویی^۴ و پیچان‌رود^۵ را برای کانال رودخانه می‌توان در نظر گرفت (موسوی حرمی، ۱۳۷۴). علاوه بر دو پارامتر فوق درجه پایداری بستر و نوع بار رسوبی نیز در شکل‌دهی کانال رودخانه مؤثرند (تلوری، ۱۳۷۱). بسترهای آبرفتی رودخانه خود به دو دسته پایدار و ناپایدار تقسیم می‌شوند. در یک بستر پایدار دیواره‌ها و کف تثبیت شده و در بستر ناپایدار دیواره‌ها و کف در وضعیت ثابتی نبوده و در حال تغییر هستند (Schumm, ۱۹۸۱). نوع بار رسوبی در تشکیل توده‌ها و تراس‌های رسوبی رودخانه عامل تعیین‌کننده‌ای محسوب می‌شود، هرچه ذرات رسوبی ریزدانه‌تر باشند، توده‌های رسوبی کوچک‌تر، ناپایدارتر و به تعداد کم‌تر در کانال و حاشیه رودخانه تشکیل می‌شوند و برعکس با افزایش قطر ذرات رسوبی، تعداد و وسعت این آبرفت‌ها بیش‌تر می‌شود. بدین ترتیب با در نظر گرفتن پارامترهای گوناگون مؤثر در مورفولوژی کانال رودخانه، می‌توان اشکال بینابینی را به‌عنوان حد واسط چهار حالت اصلی در نظر گرفت (شکل ۲). البته این اشکال را می‌توان برای بخش‌های محدودی از مسیر یک رودخانه متصور شد و در طول مسیر رودخانه از سرچشمه تا مصب، همه این حالات ممکن است دیده شوند. رودخانه‌های مستقیم در طبیعت کم‌تر دیده می‌شوند و با کوچک‌ترین تغییری در وضعیت رودخانه در آن، پیچش دیده می‌شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۷۹).



شکل ۲- طبقه‌بندی اشکال کانال رودخانه براساس پایداری نسبی، نوع بار رسوبی و الگوی بستر (Schumm, ۱۹۸۱)

هم‌چنین اگر پارامتر سدی کم‌تر از یک و پیچش بیش از ۱/۵ باشد در آن صورت مورفولوژی پیچان‌رود شکل خواهد گرفت (Leopold و Wolman, ۱۹۵۷). برای بیان کمی میزان پیچان‌رودی در کانال رودخانه‌ها، با استفاده از زاویه مرکزی^۶ نوعی تقسیم‌بندی که شامل شش گونه کانال از مستقیم تا شاخ‌گای^۷ می‌باشد، انجام شده است (جدول ۱). برای انواع رودخانه‌های پیچان‌رود با زوایای مرکزی متفاوت نیز می‌توان با در نظر گرفتن متغیرهایی مانند قدرت جریان، متوسط اندازه ذرات رسوبی، محیط رسوبی و زاویه بستر با سطح افق اشکال تبدیلی را در نظر گرفت (شکل ۳).

¹ Braiding

² Sinuosity

³ Braided

⁴ Anastomosing

⁵ Meander

⁶ Central angle

⁷ Ox bow

جدول ۱- انواع پیچان رودی در رودخانه‌ها براساس زاویه مرکزی (کورینز در سال ۱۹۸۰، به نقل از تلوری، ۱۳۷۱).

شکل کانال	کانال مستقیم	شبه پیچان رود	پیچان رود توسعه نیافته	پیچان رود توسعه یافته	پیچان رود بیش از حد توسعه یافته	کانال شاخ گاوی
زاویه مرکزی (درجه)	-	۰-۴۱	۴۱-۸۵	۸۵-۱۵۸	۱۵۸-۲۹۶	بیش از ۲۹۶

چگونگی ایجاد پیچان رودی در یک سیستم رودخانه‌ای و تفاوت‌های آن‌ها یکی از نکات مهم مورفولوژی و مهندسی رودخانه است. براساس نظریه یالین در سال ۱۹۸۲، هنگامی که میزان تخلیه در رودخانه از حد آستانه خارج شود، در پایین‌دست جریان حوضچه‌ها و برآمدگی‌های کوچکی پدید می‌آید که هرکدام از آن‌ها به صورت پی در پی فاصله‌ای به اندازه $2\pi\bar{w}$ با هم دارند ($\bar{w}$ عرض متوسط کانال و $\pi = 3/14$). در هنگام تخلیه زیاد در آبراهه‌ها، گرداب‌های چرخنده‌ای درون آب به وجود می‌آید که سبب کاهش و افزایش پی در پی شدت جریان می‌شود. تحت این شرایط جریان تندتر سبب فرسایش حوضچه‌ها شده و موجب کاهش سرعت متوسط جریان در آن‌ها می‌شود. با کم شدن شدت جریان، رسوب‌گذاری نسبی روی می‌دهد. با تکرار این پدیده نوسان‌های جانبی جریان توسعه یافته و سبب گسترش پیچ و خم رودخانه می‌شود (معتمد و مقیمی، ۱۳۷۹). جریان در پیچ‌ها تحت اثر متقابل اصطکاک، نیروی ثقل، نیروی گریز از مرکز و نیروهای فشار و اینرسی در مایع در حال عبور می‌باشد. سرعت آب در نزدیک بستر به دلیل مقاومت و اصطکاک کم می‌شود، ولی در سطح، سرعت زیادتر و ذرات مایع، دارای اینرسی بیشتری می‌باشند. در نتیجه این توزیع سرعت در جهت‌های مختلف، یک جریان مارپیچ با شرایط ماندگار و زیر بحرانی ایجاد می‌کند (حبیبی و همکاران، ۱۳۷۹).

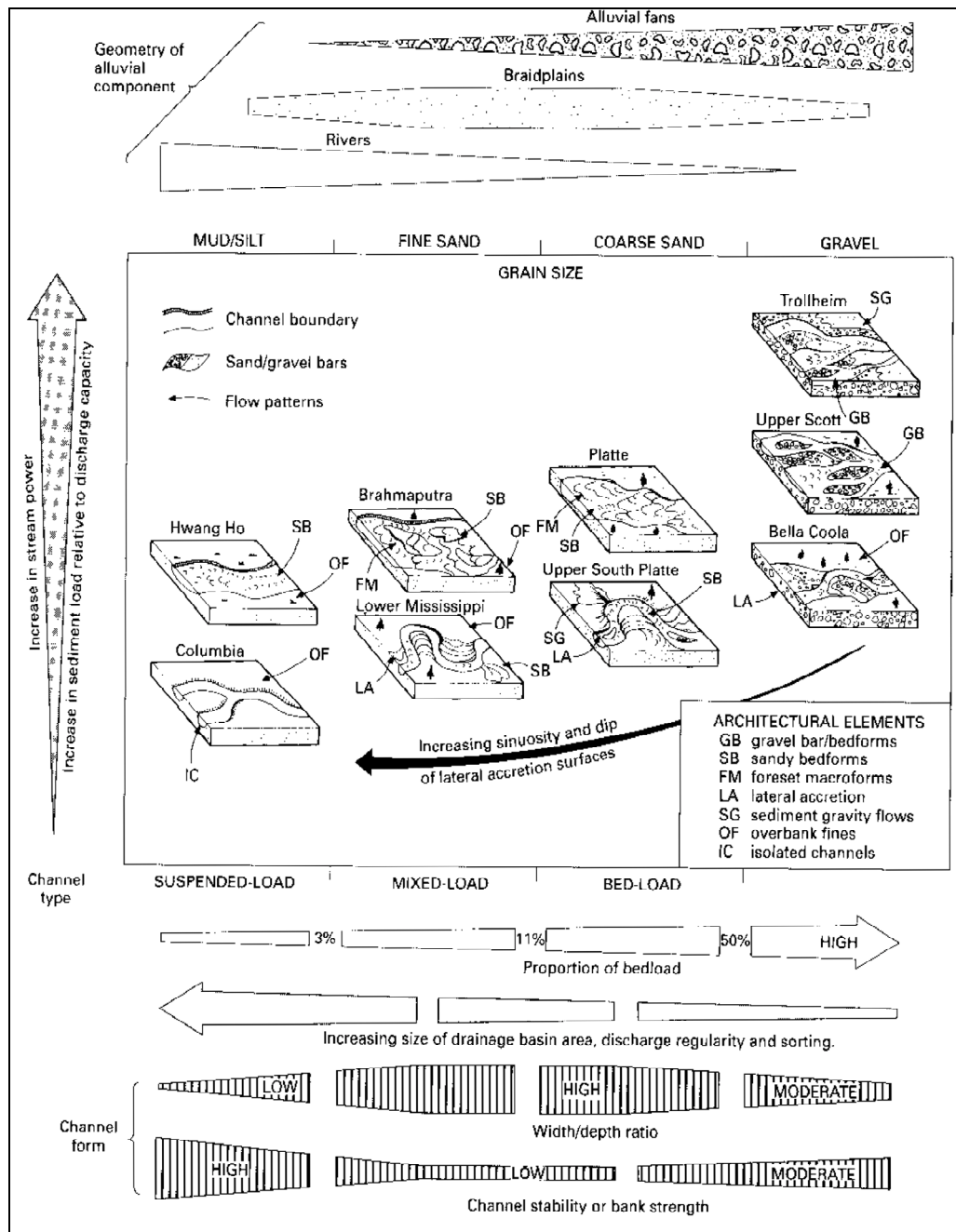
مواد و روش‌ها

در این تحقیق مورفولوژی و الگوی پیچان رودی رودخانه زهره در دشت ساحلی هندیدجان با استفاده از ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی و با در نظر گرفتن نوع بار و اندازه ذرات رسوبی و همچنین محیط رسوبی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از اطلاعات پایه مانند عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰ سال ۱۹۶۷، تصاویر ماهواره‌ای Landsat TM سال ۱۹۸۹ و Landsat ETM⁺ سال ۲۰۰۲، برای تفسیر و ترسیم مسیر رودخانه و تغییرات آن در محیط GIS (نرم افزار Ilwis)، آمار و اطلاعات جاماب و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور، پیمایش‌های میدانی به منظور مطالعات رسوب شناختی در جهت بررسی اثر بافت رسوبات حاشیه و تراس‌های رودخانه بر الگوی پیچان رودی رودخانه و مطالعات GIS برای تهیه نقشه‌های مختلف در بازه زمانی مورد نظر، برازش آن‌ها و محاسبه تغییرات الگوی پیچان رودی رودخانه زهره استفاده شده است. در مطالعات GIS ابتدا ترکیب رنگی طبیعی^۱ از باندهای تصاویر ماهواره‌ای ایجاد شد. همچنین با استفاده از نرم افزار Photoshop پس از انجام اصلاحات تکنیکی از قبیل رفع اعوجاج و تفاوت مقیاس، فتوموزاییک عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰ سال ۱۹۶۷ تهیه شده و در محیط نرم‌افزار Ilwis کلیه فتوموزاییک‌ها به کمک نقشه توپوگرافی و مختصات متریک^۲ تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۲ با استفاده از نقاط مرجع و خطای کم‌تر از ۱ (حدود ۰/۷)، زمین مرجع‌سازی^۳ شده‌اند. سپس مسیر رودخانه در دوره‌های مختلف از عکس نقشه‌ها استخراج شده و با یک‌دیگر برازش داده شده‌اند. در نهایت با استفاده از نرم افزار Auto Cad به صورت گرافیکی پارامترهای هندسی رودخانه زهره محاسبه شده است (جدول ۲).

^۱ True color

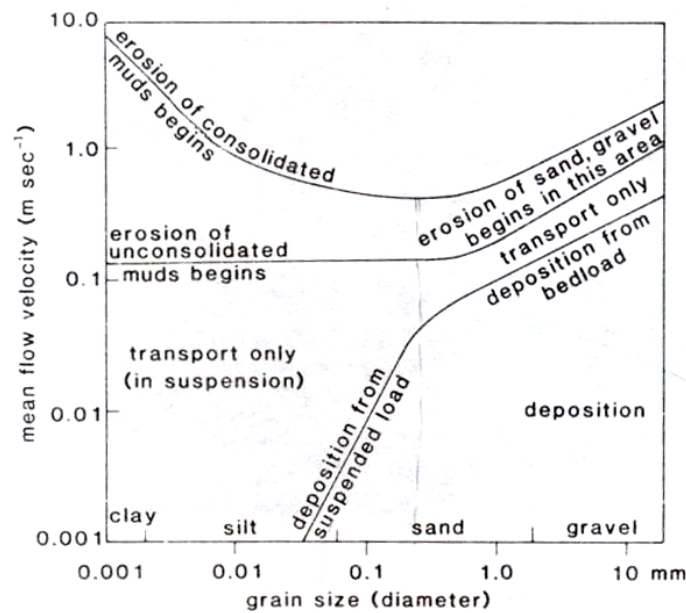
^۲ UTM

^۳ Georeference



شکل ۳- اشکال مختلف کانال رودخانه، مراحل تبدیلی، نوع و اندازه رسوبات، قدرت جریان و الگوی بستر (Reading, ۱۹۹۶)

در پیمایش‌های میدانی نیز تعداد ۱۴ نمونه رسوبی به منظور دانه‌بندی و تعیین نوع بار رسوبی در طول مسیر رودخانه، حفاصل شهر هندیجان تا مصب، از بستر و تراس‌های رودخانه برداشت شده است (شکل ۱). آنالیزهای دانه‌بندی رسوبات به روش الک خشک و تر، مطابق با استاندارد ASTM انجام گرفته و نمونه‌های رسوبی طبق طبقه‌بندی فولک نام‌گذاری شده‌اند (جدول ۳). غریب‌رضا (۱۳۸۴)، متوسط سرعت جریان آب رودخانه را در دو زمان جزر و مد به وسیله جریان سنج EFM308 به ترتیب $1/1 \text{ m/s}$ و $0/65 \text{ m/s}$ اندازه‌گیری شده است. با استفاده از نمودار هیلستروم (شکل ۴)، براساس نتایج دانه‌بندی نمونه‌های رسوبی، فرآیندهای تخریب، حمل و رسوب‌گذاری، مورد بررسی قرار گرفته و با سرعت جریان رودخانه تحلیل شده است. همچنین پایداری کانال رودخانه و اثر بافت رسوبات بر پیچان رودی مطابق با الگوهای ارائه شده توسط Schumm (۱۹۸۱)، Reading (۱۹۹۶) با توجه به مکانیزم تخریب، حمل و رسوب‌گذاری تعیین شده است.



شکل ۴- نمودار فرسایش، حمل و رسوب گذاری بر اساس سرعت جریان و اندازه ذرات رسوب (Tucker, ۱۹۹۱)

نتایج و بحث

بررسی تغییرات زمانی مورفولوژی رودخانه نشان داده که تعداد پیچش‌ها در محدوده مورد مطالعه از ۴۳ عدد در سال ۱۹۶۷ به ۴۸ عدد در سال ۱۹۸۹ افزایش یافته، در حالی که تعداد پیچش‌ها از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۰۲ تغییری نداشته است. لیکن طی این مدت، دو مورد قطع شدگی کانال رودخانه رخ داده، همچنین نقشه پیچش‌ها و زوایای مرکزی پیچش‌ها برای دوره‌های مطالعه شده تهیه گردیده است (شکل ۷). در این نقشه، دوایر مماسی پیچش‌ها و زوایای مرکزی آن‌ها از شهر هندیجان تا مصب رودخانه زهره ترسیم و شماره گذاری شده‌اند. با استفاده از پارامترهای هندسی محاسبه شده، نمودار خطی ضریب خمیدگی و زوایای مرکزی سه دوره زمانی ترسیم شده و کمیت تغییرات هر یک از این پارامترها در هر پیچش به صورت ترسیمی نشان داده شده است (شکل‌های ۵ و ۶).

سرعت جریان آب رودخانه باعث می‌شود که در هنگام جزر، رسوباتی که در اندازه سیلت هستند، قابل فرسایش و حمل بوده، لیکن در هنگام مد، رسوبات سیلتی، تخریب نشده و رسوبات با بافت ماسه قابل فرسایش می‌باشند.

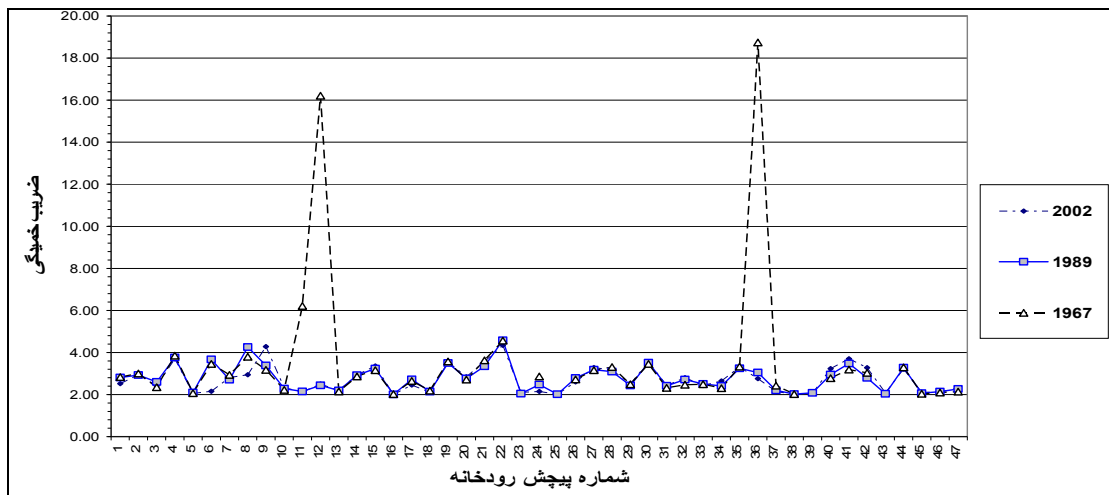
جدول ۲- مقادیر پارامترهای محاسبه شده برای سه دوره زمانی رودخانه زهره

سال	میانگین ضریب خمیدگی	میانگین طول قوس (متر)	میانگین زاویه مرکزی (درجه)	میانگین نیم طول موج (متر)	میانگین شعاع انحنا (متر)
۱۹۶۷	۳/۵۹	۱۲۸۱/۶۶	۱۸۶/۳	۸۵۹/۷۲	۳۷۱/۲۲
۱۹۸۹	۳/۰۶	۱۲۳۶/۷۴	۱۸۰/۰۹	۹۲۹/۷	۴۸۵/۵۲
۲۰۰۲	۳/۰۶	۱۲۲۵/۸۸	۱۸۳/۶۳	۹۱۸/۷	۴۷۱/۹۱

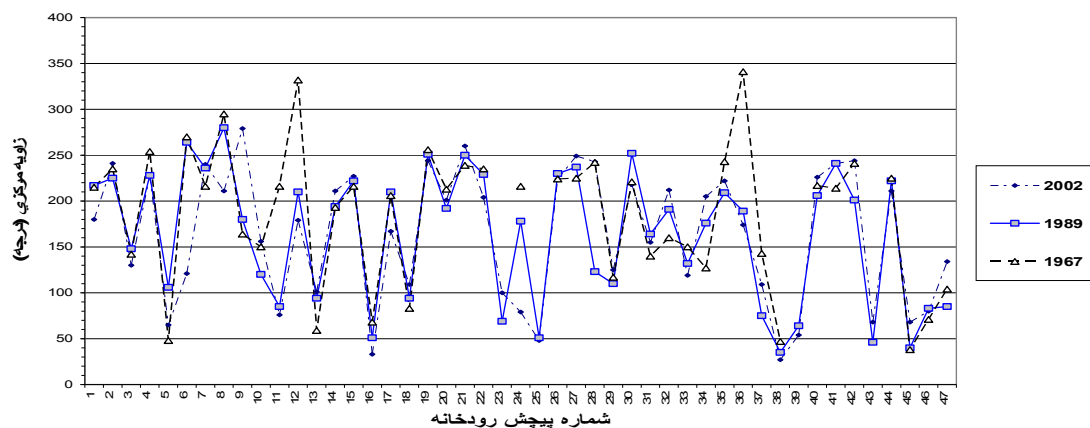
نتایج حاصل از دانه‌بندی (جدول ۳)، نشان می‌دهد که متوسط اندازه ذرات حمل شده توسط رودخانه از شهر هندیجان تا مصب رودخانه از ۲۰۰ میکرون به ۸ میکرون کاهش می‌یابد. محیط رسوبی محدوده مورد مطالعه نیز محیط دلتایی بوده که از آبرفت‌های در اندازه ماسه بسیار ریز تا سیلت ریز ساخته شده است. تراس‌های رودخانه در حوالی شهر هندیجان بافت ماسه‌ای داشته و به سمت مصب رودخانه از اندازه ذرات کاسته می‌شود، به طوری که در مصب رودخانه و بخش مغروق دلتا، رسوبات در اندازه سیلت‌های بسیار ریز و رس نهشته شده‌اند.

جدول ۳- درصد وزنی رده‌های اندازه ذرات رسوبی و طبقه‌بندی نمونه‌ها به روش فولک

نمونه	ماسه %	سیلت %	رس %	نام نمونه	نمونه	ماسه %	سیلت %	رس %	نام نمونه
S1	47	41	12	Sandy Silt	S8	4	70	27	Silt
S2	39	47	13	Sandy Silt	S9	22	59	19	Sandy Silt
S3	48	39	13	Sandy Silt	S10	60	28	12	Silty Sand
S4	33	53	14	Sandy Silt	S11	35	51	14	Sandy Silt
S5	10	63	27	Silt	S12	64	28	9	Silty Sand
S6	13	61	26	Sandy Silt	S13	85	11	4	Silty Sand
S7	17	61	22	Sandy Silt	S14	15	65	21	Sandy Silt



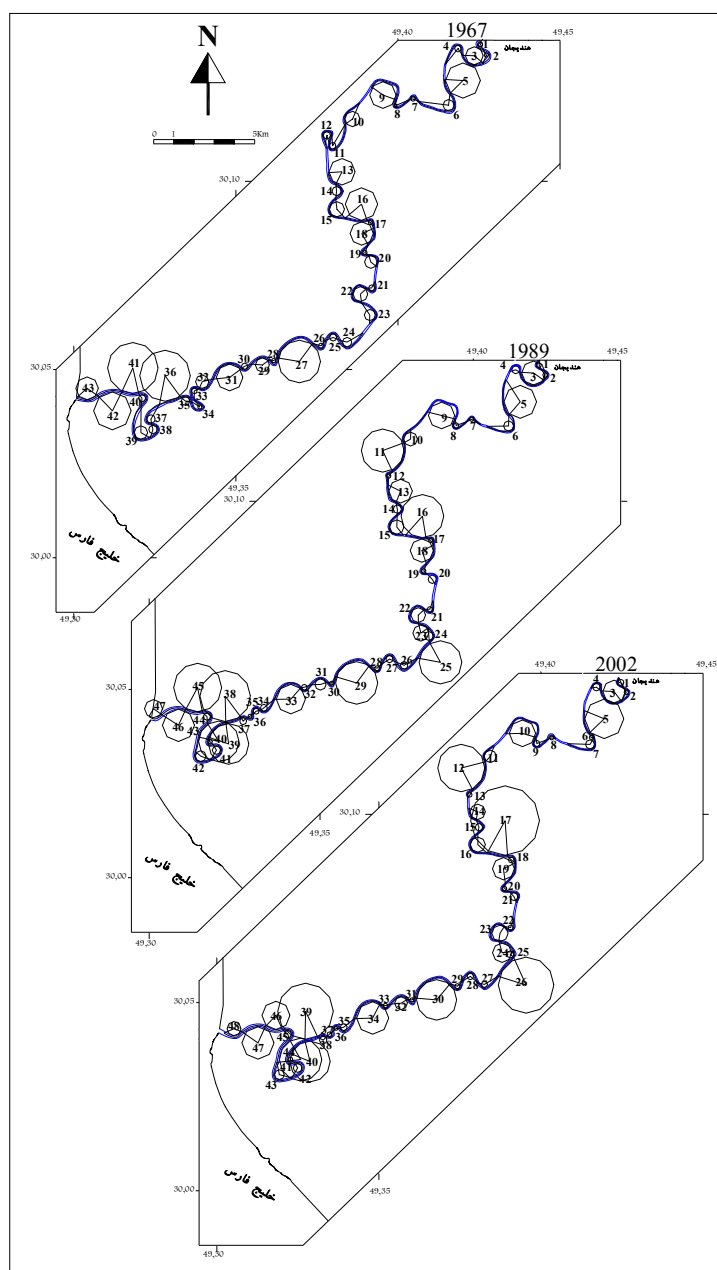
شکل ۵- مقادیر ضرب خمیدگی پیش‌های رودخانه زهره در سه دوره زمانی



شکل ۶- مقادیر زاویه مرکزی پیش‌های رودخانه زهره در سه دوره زمانی

اندازه ضرب خمیدگی برای هر پیش در هر دوره بر اساس فرمول $S = L/\lambda/2$ محاسبه شده است (L طول قوس و λ طول موج). میانگین عددی ضرب خمیدگی از $3/59$ به $3/06$ کاهش یافته که ناشی از قطع شدگی‌های رخ داده در کانال رودخانه و تغییر در سایر پیش‌ها است. دو مورد قطع شدگی در پیش‌های ۱۱ و ۳۵ اتفاق افتاده و در سایر پیش‌ها تغییرات مثبت و منفی در مقدار ضرب خمیدگی صورت گرفته است (شکل ۷)، به‌طوری که در $40/42$ درصد پیش‌ها بین سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۸۹ کاهش ضرب خمیدگی و در $59/58$ درصد پیش‌ها بین سال‌های

۱۹۶۷ و ۱۹۸۹ افزایش ضریب خمیدگی رخ داده است. بین سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ نیز در ۴۶/۸۱ درصد پیچش‌ها کاهش ضریب خمیدگی و در ۱۹/۵۳ درصد پیچش‌ها افزایش ضریب خمیدگی به وقوع پیوسته است.



شکل ۷- پیچش‌های رودخانه زهره در دشت ساحلی همدان در سال‌های ۱۹۶۷، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ میلادی

میانگین عددی اندازه زوایای مرکزی، تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهد (جدول ۲) و در محدوده ۱۸۰ تا ۱۸۷ درجه متغیر است. لیکن در هر سه دوره زمانی براساس طبقه‌بندی ارائه شده در جدول ۱، رودخانه پیچان‌رود، بیش از حد توسعه یافته محسوب می‌شود. در ۴۶/۹ درصد پیچش‌ها بین سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۸۹ کاهش ضریب خمیدگی و در ۵۳/۱ درصد پیچش‌ها بین سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۸۹ افزایش زاویه مرکزی رخ داده است. بین سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ نیز در ۴۸/۸۸ درصد پیچش‌ها کاهش زاویه مرکزی و در ۵۱/۱۲ درصد پیچش‌ها افزایش زاویه مرکزی مشاهده می‌شود (شکل ۶).

در مجموع از لحاظ آماری زاویه مرکزی در رودخانه زهره افزایش داشته است. در سال ۱۹۶۷، براساس اندازه زوایای مرکزی، ۶۰/۵ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود بیش از حد توسعه یافته، ۱۸/۶ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود توسعه یافته، ۱۴ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود توسعه نیافته، ۲/۳ درصد پیچش‌ها درحد شبه پیچان‌رود و ۴/۷ درصد پیچش‌ها در حد کانال شاخ گاوی هستند. در سال ۱۹۸۹، براساس اندازه زوایای مرکزی، ۶۵/۱ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود بیش از حد توسعه یافته، ۲۳/۳ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود توسعه یافته، ۱۸/۶ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود توسعه نیافته، ۲/۳ درصد پیچش‌ها درحد شبه پیچان‌رود بوده و هیچ پیچشی در حد کانال شاخ گاوی دیده نمی‌شود. در سال ۲۰۰۲، براساس اندازه زوایای مرکزی، ۶۵/۱ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود بیش از حد توسعه یافته، ۲۵/۶ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود توسعه یافته، ۱۶/۳ درصد پیچش‌ها در حد پیچان‌رود توسعه نیافته، ۲/۳ درصد پیچش‌ها درحد شبه پیچان‌رود بوده و هیچ پیچشی در حد کانال شاخ گاوی دیده نمی‌شود. همچنین طول موج پیچش‌ها به ترتیب ۲۶ و ۰/۰۶ درصد افزایش پیدا کرده‌اند که با افزایش آماری ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی مطابقت دارد.

با استفاده از نمودار هیلستروم (Tucker, ۱۹۹۱) و با در نظر گرفتن اندازه ذرات رسوبی و سرعت جریان‌های جزر و مدی، این جریان‌ها قادر به فرسایش و حمل رسوبات ریزدانه چسبنده تراس و بستر رودخانه زهره هستند و آن‌ها را به صورت بار معلق حمل می‌کنند. در نتیجه بر اثر عمل‌کرد این جریان‌ها در کانال رودخانه، همواره عمل فرسایش دیواره‌ها رخ می‌دهد و جریان رودخانه‌ای علاوه بر افزودن عمل فرسایش، با رسوب‌گذاری در سدهای حاشیه‌ای^۱ و مناطق کم‌سرعت، نقش شکل دهنده را ایفا می‌کند.

با توجه به بافت رسوبات منطقه و توان فرساینده‌ی جریان رودخانه در هنگام جزر، در اثر همراهی جریان‌های جزری و آب رودخانه، جریان سطحی دیواره خارجی پیچش‌ها را دچار فرسایش می‌کند. در هنگام مد جریان‌های مدی در جهت مخالف جریان رودخانه وارد کانال می‌شوند. عمل‌کرد این دو جریان به گونه‌ای است که جریان رودخانه‌ای از ساحل شمالی پیچش‌ها و جریان مدی از ساحل جنوبی پیچش‌ها عبور می‌نمایند (غریب‌رضا، ۱۳۸۴). این پدیده سبب فرسایش در دیواره خارجی پیچش‌ها در زمان مد و شدت یافتن پیچان‌رودی به خصوص در قسمت‌هایی که بیش‌تر تحت تاثیر جزرومد قرار می‌گیرند، خواهد شد.

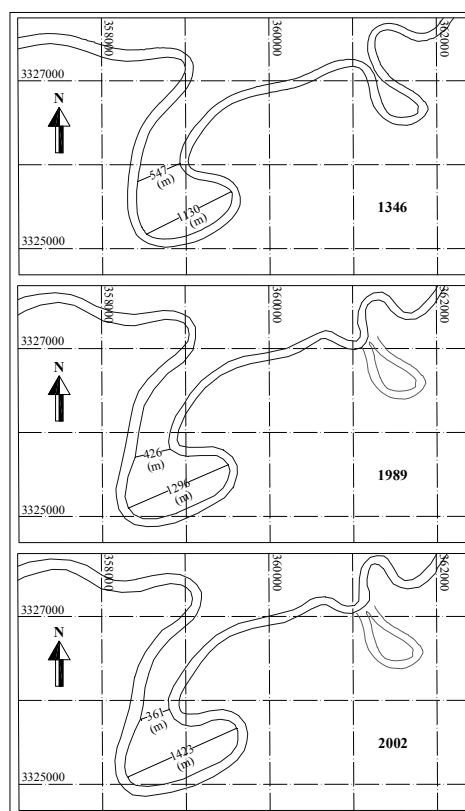
براساس مطالعات قبلی (غریب‌رضا، ۱۳۸۴)، مشخص شده که جریان خروجی از مصب رودخانه زهره، همواره تمایل به حرکت به سمت شمال باختر را داشته که می‌توان این پدیده را با اثر نیروی کوریولیس توجیه نمود. این مسئله را در طول کانال رودخانه به صورت میل عمومی مسیر به سمت شمال می‌توان مشاهده نمود. شاهد این پدیده فرسایش در رأس پیچش‌های رو به شمال و طول قوس کوچک‌تر آن‌ها بوده و در بازه زمانی ۳۵ ساله این تغییر مسیر قابل تشخیص است. به همین علت کاهش ضریب خمیدگی در بازه زمانی، بیش‌تر در این پیچش‌ها صورت گرفته است. در مقابل پیچش‌های رو به جنوب با افزایش ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی و طول قوس همراه بوده‌اند. شدت این پدیده از مصب رودخانه به سمت بالادست کاهش می‌یابد، زیرا در نواحی پایین‌دست اثر تخریبی جریان‌ات جزر و مدی از شدت بیش‌تری برخوردار است. این مسئله در پیچش‌های رو به جنوب با عمل فرسایشی جریان‌ات جزر و مدی تقویت شده، به طوری که در اثر جابه‌جایی کانال رودخانه، زمین‌های زراعی و نخلستان‌ها تخریب شده‌اند (شکل ۸). بیش‌ترین فرسایش را می‌توان در پیچش‌های ۳۷، ۳۸ و ۳۹ مشاهده نمود، به طوری که در دوره زمانی ۳۵ ساله، تقریباً ۱۷۰ تا ۳۹۰ متر جا به جایی داشته است و انتظار می‌رود با ادامه این روند، قطع شدن کانال، طی ۴۰ سال آینده روی دهد و این سه پیچش، به صورت کانال متروک^۲ از مسیر اصلی جریان جدا شوند (شکل ۹). با توجه به بافت رسوبات، مکانیزم حمل معلق آن‌ها و درجه پیچان‌رودی بیش از حد توسعه یافته رودخانه، مطابق با الگوهای ارائه شده توسط Schumm (۱۹۸۱) و Reading (۱۹۹۶)، کانال رودخانه نسبتاً ناپایدار بوده و امکان تغییر مسیر و وقوع قطع شدگی در آن بالا است.

¹ Point bar

² Abounded channel



شکل ۸- تخریب نخلستان در اثر فرسایش ساحل جنوبی در پیچش شماره ۴۲



شکل ۱۰- تغییرات مسیر و پیشرفت پیچان رودی کانال رودخانه از پیچش ۳۵ تا ۴۷ در دوره زمانی مورد مطالعه (سیستم مختصات: UTM WGS84)

منابع مورد استفاده

۱. تلوری، ع. ۱۳۷۱. شناخت فرسایش کناری رودخانه در دشت‌های رسوبی. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۹ صفحه.
۲. حبیبی، م.، ا. حق‌آبی و ح.ر. پیروان. ۱۳۷۹. بررسی عوامل هیدرولیکی مؤثر بر فرسایش، رسوب‌گذاری و سینوسی شدن رودخانه قزل اوزن سفلی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، ۲۱۴ صفحه.
۳. شرکت مهندسین مشاور جاماب. ۱۳۷۸. طرح جامع آب کشور، حوزه آبریز زهره. وزارت نیرو، ۳۶۴ صفحه.
۴. غریب‌رضا، م.ر. ۱۳۸۴. طبقه‌بندی هیدرودینامیکی خور هندیجان. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، کرمان، صفحه ۸۰۱-۸۰۶.
۵. معتمد، ا. و. ا. مقیمی. ۱۳۷۹. ژئومورفولوژی. انتشارات سمت، ۳۷۰ صفحه.
۶. موسوی‌حرمی، ر. ۱۳۷۴. رسوب‌شناسی. انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۸۰ صفحه.

7. Leopold, L.B. and M.G. Wolman. 1957. river meanders, Geol. Soc America Bull. V71.
8. Reading, H.G. 1996. Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy. 3rd ed. Blackwell Science. 688.
9. Rust, B.R. 1978. A classification of alluvial channel system, fluvial sedimentology: Can. Soc. Petroleum Geol. P198.
10. Schumm, S.A. 1980. Plan form of alluvial rivers. Proceeding of the international workshop on alluvial river problems. India. Sarita Prakashan Meerut, New Delhi.
11. Schumm, S.A. 1981. Evolution and response of the fluvial system, sedimentological implications, Society of economic paleontologists and mineralogists special publication 31.
12. Tucker, M. E. 1991. Sedimentary petrology, an introduction. Blackwell Science. 252p.

Investigation of Meandering and Morphology Pattern of Hendijan River in Delta Plain Area

Hamid Reza Masoomi¹, MSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Mohammad Reza Gharibreza, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Ahmad Motamed, Professor, Department of Geology, Tehran Shomal Unit, Islamic Azad University, Iran

Received: 15 October 2010

Accepted: 07 February 2011

Abstract

Geometrical parameters and river morphology are the main properties of each river which are used for river training, management and protection projects. So approaches to estimate these characteristics of Zohreh River are the main scopes of this research. Zohreh River as one of the permanent river of Persian Gulf basin has 64 km length in Hendijan delta and 169, 90 and 12 m³/s as maximum, average and minimum discharges respectively. Mean High High Water (MHHW) level is 2.7 m that penetrates 17 km from river mouth upstream. Zohreh River banks are consisting urban, industrial, commerce and fishery activities which are sensitive to any changes on river regime and morphology parameters. Necessity of determining Zohreh River morphology and its changes led us to do research using GIS and field observations methods. Aerial photos (1967), satellite images (TM, 1989 and ETM+, 2002), topography map, previous studies and Ilwis and AutoCAD softwares were the materials used in this research. Results have shown two river cut offs which occurred since 1967 and channel meandering increased from 43 meanders to 48. Also sinuosity coefficient decreased from 3.59 to 3.06 and mean radius curvature and wave length increased 26% and 0.06% respectively. According to Korins classification and mean central angle of Zohreh River, it is fallen in extreme developed meanders morphology category.

Key words: Central angle, Hendijan delta, Maximum discharge, River cut, Sinuosity coefficient

¹ masoumi_hamid@yahoo.com