

بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور: مطالعه موردی رودخانه کارون از گتوند تا فارسیات (۸۲-۱۳۶۹)

صالح ارشد^۱، *سعید مرید^۲ و هادی میرابوالقاسمی^۳

^۱دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، مرکز مطالعات منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ^۲دانشیار مرکز مطالعات منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ^۳آکارشناس ارشد شرکت مهندسی مشاور آب خاک تهران، کرج
تاریخ دریافت: ۸۴/۷/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۱۵

چکیده

اکثر طرح‌های آبی از قبیل سدها، پل‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ که بر روی رودخانه‌ها یا در حاشیه آن احداث می‌گردند، به نوعی متأثر از تغییرات مورفولوژیکی رودخانه هستند. از این رو، بررسی این پدیده از مهمترین بخش مطالعات طرح‌های فوق محسوب می‌شود. با توجه به ابعاد و وسعت این تغییرات استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و امکان پردازش اطلاعات با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در تسریع و تدقیق این مطالعات نقش مؤثری را ایفا کند. در این تحقیق روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون در بازه گتوند تا ایستگاه فارسیات بر اساس چهار سری تصویر ماهواره‌ای Landsat-TM و IRS-LISS-III در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۶۹ مورد بررسی قرار گرفته است و روش افزایش کنتراست به روش بسط خطی اشباع شده به همراه فیلتر گذاری با فیلتر بارز سازی لبه به‌عنوان روشی مناسب در تعیین مرز بین آب و زمین تشخیص داده شد. نتایج نشان می‌دهد که خصوصیات قوس‌ها در طول رودخانه در حال تغییر است و مقدار جابجایی عرضی قوس‌ها در مناطقی به ۱۹۵۰ متر در طول ۱۳ سال می‌رسد. همچنین تراکم و اندازه انحناهای قوس‌ها به سمت پایین دست جابجا شده‌اند. تغییرات زمانی ضریب خمیدگی قوس‌ها در محدوده گتوند تا بند قیر کاملاً مشهود بوده در حالیکه در بازه بند قیر تا فارسیات این تغییرات ناچیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مورفولوژی رودخانه، پیچانرود، پلان رودخانه، سنجش از دور، رودخانه کارون.

مقدمه

فاکتورها مانند شیب آبراهه، میزان جریان، مشخصات مصالح بستر، فرکانس و شدت سیلاب‌ها و... مورفولوژی رودخانه را در بعد مکان و زمان تعیین می‌سازد. در همین راستا لئوپولد و ولمن (۱۹۵۷) از نظر ساختار مورفولوژیکی رودخانه‌ها را به ۳ دسته مستقیم، متاندری (پیچانرود) و چند شاخه تقسیم‌بندی کردند که این الگوها نیز متأثر از همین فاکتورها می‌باشد که در این بین الگوی

خصوصیات مورفولوژی رودخانه بواسطه ویژگی پویای آن، همواره دچار تغییرات هستند و این تغییرات می‌تواند بر مستحدماتی که بر روی رودخانه‌ها و یا حاشیه آنها ساخته می‌گردند، اثرات منفی بگذارد. مجموعه‌ای از

* - مسئول مکاتبه: morid_sa@modares.ac.ir

پیچانرود به دلیل فراوانی آن در طبیعت بیشترین توجه را به خود جلب کرده است (بیدنهارد و همکاران، ۱۹۹۷).

تورن (۲۰۰۲) در یک تحقیق به لزوم مطالعه رفتار مورفولوژیکی رودخانه‌های بزرگ پرداخته و یک چارچوب مطالعاتی در این زمینه ارائه نموده که تأکید آن بر پایش منظم مشخصات مورفولوژیک رودخانه با استفاده از روش‌های نوین می‌باشد. برای رودخانه‌های بزرگ پایش منظم الگوهای آبراهه‌ای و تحلیل تغییرات زمانی پارامترهای هندسی بسیار دشوار است. در سال‌های اخیر تکنیک سنجش از دور (RS) با قابلیت‌های خاص خود برای تهیه تصاویر تکراری در وسعت گسترده، امکان پایش تغییرات زمانی رودخانه‌ها را فراهم آورده و در کنار آن سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پردازش آنها را تسهیل و تسریع ساخته است.

به نقل از رنگزن و همکاران (۲۰۰۲) امکان پایش و ارزیابی کمی تغییرات مسیر رودخانه ایندوس در پاکستان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار دادند. این محققین برای تشخیص خط ساحلی رودخانه، تصویر باندهفت (باند مادون قرمز نزدیک NIR) تصویر MSS ماهواره لندست را مورد پردازش قرار داده و این باند را به عنوان بهترین محدوده طیفی برای جداسازی آب و خاک معرفی نمودند. بر اساس این تحقیقات مسیر رودخانه در دوره زمانی ۱۹۹۰-۱۹۷۲ تغییرات زیادی داشته و عمده این تغییرات ناشی از چهار سیلاب بزرگ رخ داده در این دوره زمانی تشخیص داده شد. به نقل از اورفو و استواکس (۲۰۰۲) تحقیقی با هدف ارزیابی تغییرات مورفولوژی رودخانه در بعد مکان (تأثیر کاربری در حوضه) و زمان طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۷۹ برای بررسی امکان برقراری ارتباط این تغییرات با پارامترهای مدیریتی حوضه، پستی و بلندی و سایر فاکتورهای موجود در محدوده مورد نظر با استفاده از عکس‌های هوایی (۱:۴۰۰۰) همراه با تکنیک RS، GIS و GPS مطالعه‌ای را در ایالت اورگان آمریکا به انجام رساندند. لین و همکاران (۲۰۰۲) نیز با استفاده از

فن‌آوری سنجش از دور، روشی را برای برآورد میزان حجم فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌های بزرگ با بستر شنی ارائه نمودند. شفیع‌فر (۲۰۰۲) الگوی مهاجرت رودخانه زهره را که یکی از رودخانه‌های حوضه خلیج فارس در جنوب ایران می‌باشد، براساس چند سری عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای مورد مطالعه قراردادند. هدف این مطالعات مکان‌یابی ساختگاه مناسب جهت پرورش ماهی در ساحل رودخانه بوده است.

رودخانه کارون از پرآب‌ترین رودخانه‌های کشور می‌باشد که هم‌اکنون طرح‌های بسیار عظیمی بر روی آن احداث، در حال احداث و یا مراحل طراحی خود را سپری می‌کنند که همگی دال بر اهمیت اقتصادی این رودخانه می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر تشخیص روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون از سد گتوند تا فارسیات به طول تقریبی ۲۶۰ کیلومتر در دوره ۸۲-۱۳۶۹ با استفاده از فن سنجش از دور و GIS می‌باشد. واضح است، با استفاده از نتایج این تحقیق امکان توسعه یک سیستم پایش پویا که ابزار مناسبی برای طرح‌ریزی، برنامه‌سازی، اجرا و بهره‌برداری از رودخانه کارون و همچنین ساماندهی آن است، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

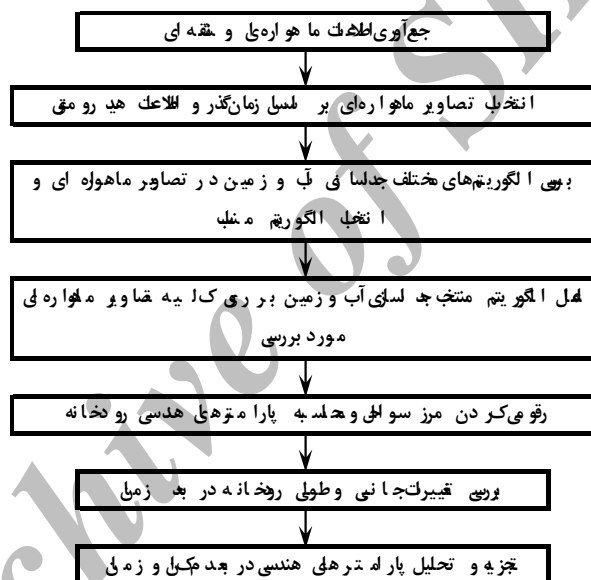
در این بخش جهت مشخص شدن روش تحقیق، روندنمایی از مراحل مختلف آن تهیه گردید که در شکل ۱ ارائه شده است. در ادامه قسمت‌های مختلف این روندنما تشریح می‌گردد.

محدوده مورد مطالعه: رودخانه کارون از ارتفاعات زردکوه بختیاری در رشته کوه زاگرس سرچشمه گرفته و از ناحیه شمال شرقی وارد جلگه خوزستان می‌شود. محدوده‌ای از این رودخانه، حد فاصل گتوند تا فارسیات بزرگ محدوده مطالعاتی این تحقیق می‌باشد که پروژه‌های بسیاری در حاشیه آن واقع شده است. این رودخانه در طول مسیر خود در دشت خوزستان از حوالی سد گتوند تا اهواز دچار تغییرات فراوان، به‌خصوص فرسایش‌های

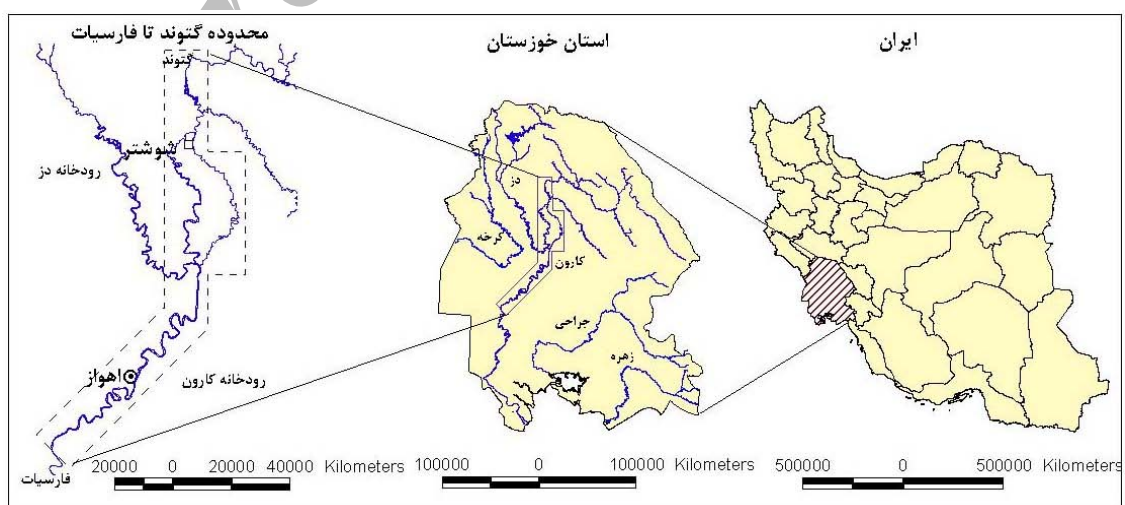
شدید کناری می‌باشد. شکل ۲ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

مسیر رودخانه کارون در محدوده مورد مطالعه در این تحقیق را می‌توان از نظر مورفولوژی به سه بازه مهم تقسیم نمود (میرابوقاسمی، ۱۹۹۴). بازه اول محدوده مابین سد انحرافی گتوند و شهر شوشتر در محلی که رودخانه کارون به دوشاخه شطیط و گرگر تقسیم می‌گردد که دارای طولی معادل ۳۵ کیلومتر و شیب حدود ۱/۲ درصد است. این بخش از رودخانه تقریباً شرایط رودخانه‌های کوهستانی را دارا می‌باشد. بازه دوم محدوده مابین شهر شوشتر و بند قیر محلی که دو شاخه از

رودخانه به نام‌های شطیط و گرگر با رودخانه دز پیوند می‌خورند که دارای طولی معادل ۸۰ کیلومتر و شیبی در حدود ۰/۳ تا ۰/۶ درصد می‌باشد. این بخش از رودخانه کارون بجز قسمت ابتدایی دارای الگوی پیچانرودی توسعه یافته و همواره دچار تغییرات نسبتاً شدید بوده است. بازه سوم از محل بند قیر شروع شده و تا محل روستای فارسیات ادامه داشته و طولی معادل ۱۴۰ کیلومتر و شیبی در حدود ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ دارد. بخش سوم رودخانه کارون دارای کانالی عریض و عمیق می‌باشد و به صورت یک رودخانه کاملاً دشتی رفتار می‌کند (آل یاسین، ۱۹۹۸).



شکل ۱- روندنمای بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور.



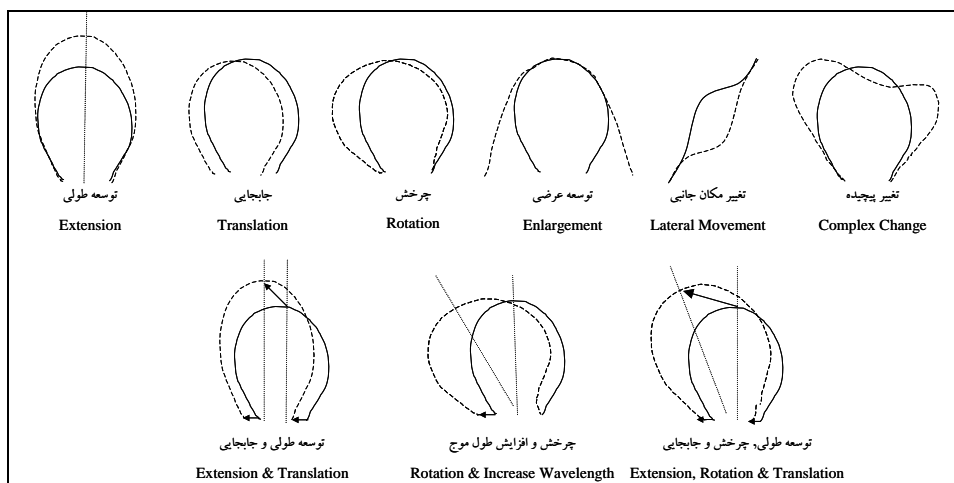
شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

الگوهای آبراهه‌ای در رودخانه‌ها: همانطور که اشاره شد، اغلب تحقیقات در زمینه فرآیند تغییرات مورفولوژی بر روی رودخانه‌ها با الگوی پیچانرود صورت گرفته است و دلیل آن می‌تواند فراوانی این الگو نسبت به دیگر الگوها باشد. پیچانرودها دارای اشکال مختلفی هستند و به صورت‌های مختلف دچار تغییر شکل می‌گردند. شکل ۳ اغلب حالاتی را که یک قوس پیچانرود به خود می‌گیرد، را نشان می‌دهد (گرگوری، ۱۹۷۷). جهت توصیف الگوی آبراهه‌های پیچانرود یکسری پارامترهای هندسی مرتبط با پلان رودخانه تعریف شده که با تجزیه و تحلیل فراوانی و اندازه این خصوصیات هندسی در طول رودخانه و در زمان‌های مختلف روند تغییرات رودخانه در بعد مکان و زمان قابل بررسی خواهد بود (بیدنهارد و همکاران، ۱۹۹۷؛ لنکستر، ۱۹۹۸).

پیش‌پردازش و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای: تعداد ۶ تصویر مربوط به تاریخ‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۰، ۱۳۷۲، ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ (جدول ۱) برای این تحقیق در اختیار بود که از بین آنها استفاده از تصویر سال ۱۳۷۲ امکان‌پذیر نبوده که علت آن وقوع سیل در هنگام تصویربرداری بوده

است. همچنین تصویر ۱۳۸۱ نیز به دلیل نزدیکی زمانی به تصویر ۱۳۸۲ و کمی تغییرات در این بازه زمانی حذف گردید. بدین ترتیب تحلیل‌های انجام شده بر مبنای چهار سری تصویر مربوط به تاریخ‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۰، ۱۳۷۷ از ماهواره لندست و تصویر سال ۱۳۸۲ از ماهواره IRS و همچنین نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح بوده است.

ابتدا با انجام پیش‌پردازش بر روی تصاویر، واضح سازی مکانی و رادیومتری صورت گرفت و با بررسی هر باند به تنهایی و همچنین ترکیب باندها مختلف بهترین باند یا بهترین ترکیب برای تشخیص و تعیین نقاط کنترل زمینی انتخاب گردید. سپس با مشخص کردن نقاط متناظر به تعداد ۳۵ مورد روی تصاویر و نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ اقدام به زمین-مرجع کردن^۱ و اصلاح هندسی تصاویر شد. کمترین و بیشترین خطا RMS در عملیات زمین مرجع کردن به ترتیب برابر با ۱/۲ و ۹/۸ متر برآورد گردید که در حد قابل قبول (اندازه یک پیکسل) می‌باشد (ریچارد و ژیا، ۱۹۹۸). در این مرحله برای تصاویر TM از باند پنجم و برای تصاویر LISS-III از باند چهارم استفاده گردید.



شکل ۳- انواع تغییر شکل‌های یک پیچانرود در رودخانه (گرگوری، ۱۹۷۷).

1- Georeference
2- Root-Mean-Square

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای از محدوده مورد مطالعه.

ردیف	ماهواره	سنجنده	اندازه پیکسل (متر)	تعداد باند	تاریخ تصویر برداری
۱	لندست	TM	۳۰	۷	۶۹/۱/۲۱
۲	لندست	TM	۳۰	۷	۷۰/۱/۷
۳	لندست	TM	۳۰	۷	۷۲/۱/۴
۴	لندست	TM	۳۰	۷	۷۷/۲/۱۹
۵	لندست	ETM ⁺	۳۰	۸	۸۱/۳/۷
۶	IRS-1D	LISS-III	۲۰	۴	۸۲/۱/۱۴

پردازش تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های جداسازی آب و زمین در تصاویر ماهواره‌ای: این بخش نقش مهمی در تحلیل‌های مراحل بعدی داشت و دقت زیادی برای آن به کار رفت که هدف آن ارائه بهترین الگوریتم جهت تفکیک و تشخیص خط ساحلی رودخانه‌ها در تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. بهترین محدوده از امواج الکترومغناطیس برای جداسازی آب از زمین بخش مادون قرمز می‌باشد. جذب تابش امواج مادون قرمز توسط آب و بازتابش زیاد آن توسط پوشش گیاهی و تاحدودی خاک، کنتراست خوبی بین آب و زمین ایجاد می‌کند (ویلسون، ۱۹۹۷). تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و LISSIII-IRS-1D به دلیل دارا بودن باندهای مجزا در محدوده‌های مرئی و مادون قرمز، امکانات خوبی برای این منظور در اختیار می‌گذارند. با بررسی پروفیل مکانی در باندهای مختلف TM، نتیجه می‌شود که در باندهای مربوط به طول موج مرئی (باند ۱، ۲ و ۳) و مادون قرمز حرارتی (باند ۶) اختلاف محسوسی بین آب و پدیده‌های دیگر وجود ندارد، اما باندهای ۵ و ۷ دارای بیشترین مغایرت می‌باشند و برای ادامه مطالعات در تحلیل‌های تک باندی از این باندها استفاده می‌شود. استفاده از باند ۵ و ۷ نیز بدین منظور توسط محققین مختلف توصیه شده است.

پس از انتخاب باندهای مناسب برای جدا سازی آب و خاک از روش‌های مختلفی استفاده شد که در ادامه تشریح می‌شوند:

بهبود کنتراست: اگر حد گام‌های خاکستری به صورتی تغییر داده شود که در تمامی محور سیاه و سفید گسترده گردد، وضعیتی پیش می‌آید که توزیع نسبی گام‌های

خاکستری حفظ شده و کنتراست بین نواحی تاریک و روشن نیز افزایش می‌یابد (نجفی دیسفانی، ۱۹۹۸). نتایج حاصل از روش‌های مختلف نشان داد، بسط کنتراست به روش خطی به دلیل وجود دامنه کامل درجه روشنایی پیکسل‌ها (۰-۲۵۵) در تصویر خام باندهای ۵ و ۷ تأثیر چندانی در وضوح تصاویر نداشته است ولی بسط خطی اشباع شده کنتراست با درجه اشباع پنج درصد برای باند پنج بسیار کارساز بوده و مغایرت بین آب و سواحل به خوبی بوجود آمده است. همچنین با استفاده از بسط کنتراست به روش تعدیل هیستوگرام وضوح لازم در تصاویر ایجاد نگردید. با توجه به این نتایج، بین روش‌های واضح سازی، افزایش کنتراست به روش بسط خطی اشباع شده در واضح سازی تصاویر مؤثرتر عمل می‌نماید و همچنین باند پنج نسبت به باند هفت بطور مطلوب‌تری در جداسازی مرزها کارآیی دارد.

آشکارسازی مکانی تصاویر^۱ یا روش‌های فیلتری: عملیات جداسازی و تفکیک برخی از مؤلفه‌های تصاویر رقومی از قسمت‌های دیگر را آشکارسازی مکانی تصویر یا فیلترگذاری گویند. با اعمال فیلتر بالاگذر^۲ بر روی تصویر، اطلاعات با فرکانس زیاد به ما این اجازه را می‌دهد که یا جزئیات محلی را ایزوله نموده و یا اینکه تشدید کند (ریچاردز و ژیا، ۱۹۹۸). از مجموع فیلترهای بالا گذر در نرم افزار ER-DAS، فیلترهایی چون بالا گذر و بارز سازی لبه با پنجره ۳×۳ مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از کاربرد این دو فیلتر بر روی باند ۵ در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است. همچنان که مشخص

1- Convolution Filtering
2- High pass filter

$$WI = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{B_4 + B_5 + B_7} \quad (2)$$

در رابطه (۱) *NIR*، تشعشع ثبت شده در باند مربوط به مادون قرمز نزدیک و *Red* تشعشع ثبت شده در باند مربوط به مادون قرمز است. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و -۱ می‌باشد. همچنین در رابطه *WI*، B_i باند شماره *i* از تصویر *TM* می‌باشد. شکل ۱۰ شاخص *NDVI* از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد و شکل ۱۱ شاخص آب از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این شاخص توده‌های آب را به خوبی جدا می‌سازد. ولی همانند شاخص *NDVI* وجود اراضی پست و مرطوب ساحلی و همچنین ابر در تصویر مشکلاتی را برای تشخیص مرز واقعی آب ایجاد می‌نماید (ویلسون، ۱۹۹۷؛ کالم و هوک، ۱۹۹۵).

انتخاب روش جداسازی آب و زمین: براساس نتایج به دست آمده از بین روش‌های واضح سازی، افزایش کنتراست به روش بسط خطی اشباع شده در واضح سازی تصاویر مؤثرتر عمل می‌نماید و همچنین باند پنج نسبت به باند هفت بطور مطلوب‌تری در جداسازی مرزها کارایی دارند اما چون این روش تنها واضح سازی طیفی را پوشش می‌دهد لازم دیده شد تا جهت استخراج مطلوب‌تر مرز بین آب و خاک با روش‌های دیگر به صورت تکمیل‌کننده به کار رود که واضح سازی مکانی از روش‌های معمول است. بدین منظور از روش‌های فیلتر گذاری متفاوتی استفاده شد که فیلتر بارزساز لبه بروی باندهای پنج نتایج بهتری را نسبت به بقیه ارائه داد. همچنین به این دلیل که فیلتر مذکور پدیده‌های موجود در تصویر را به مقدار کمی تحت تأثیر قرار می‌دهد، استخراج مرز بین آب و زمین و حتی اراضی پست مرطوب و آب به خصوص برای باند پنج بسیار مطلوب‌تر انجام شده است و در پردازش بقیه تصاویر از روش افزایش کنتراست به روش بسط خطی اشباع شده به همراه فیلترگذاری با فیلتر بارزساز لبه بروی باند پنج *TM* به دلیل سهولت و سرعت کاربرد آن و ارائه نتایج بهتر استفاده شدند.

می‌باشد، تصاویر حاصل از فیلتر بارز سازی لبه نسبت به فیلتر بالا گذر دارای وضوح بیشتری هستند.

تحلیل مولفه‌های اصلی^۱(PCA): برای تصاویر منطقه مورد مطالعه مؤلفه‌های اصلی با تبدیل *PCA* محاسبه شد و مؤلفه اصلی سوم آن که نشان‌دهنده توده‌های آبی در تصویر می‌باشد در شکل ۷ ارائه شده است. همچنین ترکیب رنگی مجازی (*RGB, 123*) از سه مؤلفه اصلی در شکل ۸ نشان داده شده است. این تصویر با اینکه مناطق پوشش گیاهی، خاک و آب را با رنگ‌های مختلف نشان داده است ولی همانطور که مشاهده می‌شود، مرز بین آب و زمین با دقت کافی مشخص نیست. **تبدیل تسلدکپ^۲:** بر اساس تحقیقات ارائه شده توسط نجفی دیسفانی (۱۹۹۸) تبدیل تسلدکپ روی تصاویر *TM* منطقه مورد مطالعه اعمال گردید و شاخص‌های روشنایی، سبزی و نمناکی تهیه شد و ترکیب رنگی مجازی (*RGB, 123*) از شاخص‌های روشنایی، سبزی و نمناکی تهیه گردید که در شکل ۹ ارائه شده است. در این ترکیب شاخص روشنایی به جای رنگ قرمز، شاخص سبزی به جای رنگ سبز و شاخص نمناکی به جای رنگ آبی قرار گرفته‌اند. ترکیب رنگی مجازی تبدیل تسلدکپ نسبت به ترکیب رنگی مجازی حاصل از مؤلفه‌های اصلی *PCA* تصاویر، مرز بین آب و زمین را واضح‌تر نشان می‌دهد، ولی در مناطقی که زمین‌های پست و مرطوب در مجاورت رودخانه وجود داشته باشد، تبدیل تسلدکپ نتایج خوبی ارائه نمی‌دهد.

شاخص‌های تصاویر ماهواره‌ای: با توجه به خصوصیات انعکاس طیفی پوشش رویه سطحی زمین، یکسری مدل‌هایی جهت ارزیابی پدیده‌های سطح زمین طراحی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به شاخص پوشش گیاهی اختلاف نرمال شده^۳ (*NDVI*) و شاخص آب^۴ (*WI*) اشاره نمود (ویلسون، ۱۹۹۷). محاسبه این دو شاخص با روابط زیر صورت می‌گیرد:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

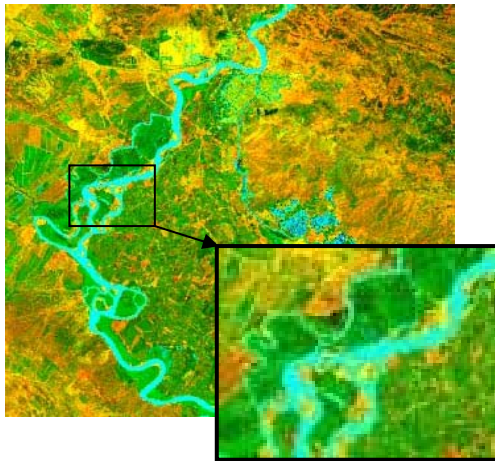
- 1- Principle Component Analysis
- 2- Tasseled Cap Transformation
- 3- Normalized Difference Vegetation Index
- 4- Water Index



شکل ۶- تصویر بارزسازی تصویر باند پنج ماهواره لندست TM با استفاده از فیلتر بارز سازی لبه.



شکل ۵- تصویر بارزسازی تصویر باند پنج ماهواره لندست TM با استفاده از فیلتر بالا گذر.



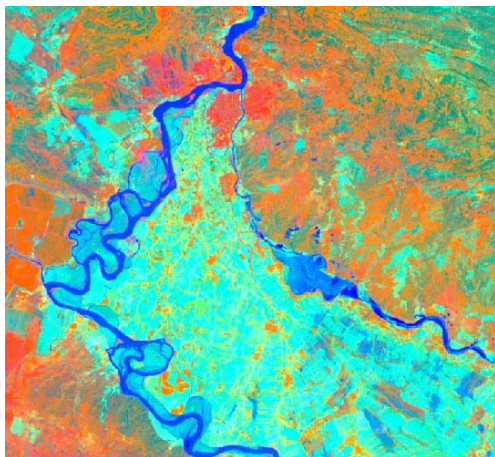
شکل ۸- ترکیب رنگی مجازی (RGB, 123) از مولفه‌های اصلی تصاویر TM منطقه مورد مطالعه.



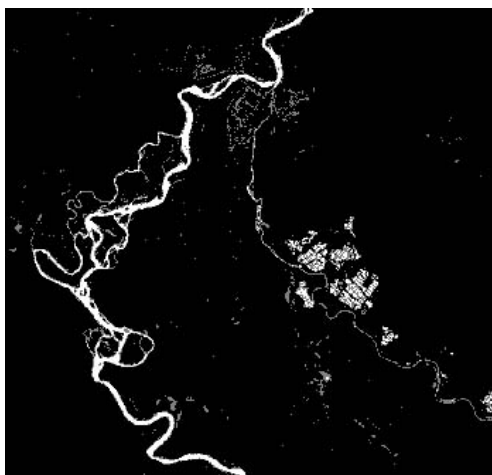
شکل ۷- سومین مؤلفه اصلی از تصاویر TM منطقه مورد مطالعه.



شکل ۱۰- شاخص NDVI از منطقه مورد مطالعه.



شکل ۹- ترکیب رنگی مجازی (RGB, 123) از شاخص‌های تبدیل تسلدکپ.



شکل ۱۱ - شاخص WI از منطقه مورد مطالعه.

تغییرات جانبی و طولی رودخانه: براساس نتایج به دست آمده، رودخانه کارون در بازه‌های سه‌گانه رفتار متفاوتی از نظر تغییرات جانبی و طولی از خود نشان داده‌اند.

بازه اول: رودخانه کارون از سد گتوند تا شوشتر به طول ۳۵ کیلومتر در بستر شریانی جریان دارد که جابجایی این مسیر در بستر کبیر رودخانه که از انباشته شدن رسوبات قدیم خود تشکیل شده است، صورت می‌گیرد به طوری که خارج از بستر کبیر رودخانه بستر غیرفرسایشی و سنگی می‌باشد.

بازه دوم: رودخانه شطیپ از شوشتر تا چم‌ترخان علیا در تشکیلات خاک‌های بسیار فرسایشی به طول ۲۳ کیلومتر جریان می‌یابد و مسیر بسیار ناپایداری دارد. شطیپ از چم‌ترخان تا بند قیر در یک مسیر پیچانرود با تغییر مکان‌های متعدد طولی و عرضی مواجه است به طوری که از مقایسه تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ به اندازه ۱۱۰۰ متر بر طول رودخانه شطیپ افزوده شده است. به عبارت دیگر، شطیپ در طول مسیر خود ناگزیر بوده برای دستیابی به تعادل نسبی، انرژی اضافی خود را توسط فرسایش، تغییر مکان و کاهش شیب طولی مستهلک نماید.

بازه سوم: رودخانه کارون از بند قیر تا ویس به طول حدود ۱۸ کیلومتر، در یک مسیر مستقیم جریان می‌یابد که وجود محدوده‌ای مستقیم با این طول در یک رودخانه پیچانرود پدیده‌ای بسیار نادر می‌باشد (شکل ۱۲). با توجه

استخراج اطلاعات پارامترهای هندسی از تصاویر: پس از پردازش تصاویر، فایل‌های رقومی حاصل به محیط نرم‌افزار ArcView وارد و خط ساحلی رودخانه و جزیره‌های داخلی رودخانه به صورت لایه‌های رقومی مستقل استخراج شدند. مرحله بعدی کار استخراج مختصات کلیه نقاط مسیر خط مرکزی رودخانه و تعیین پارامترهای هندسی مورد نیاز مانند شعاع قوس، زاویه مرکزی قوس و طول قوس، ضریب خمیدگی، طول موج قوس، فاصله وسط قوس تا بالا دست، جهت قوس و مختصات نقاط عطف قوس بود که نرم افزارهای موجود فاقد آن بودند و حجم کار سنگینی را طلب می‌کرد. بدین منظور نرم‌افزار خاصی Riv-Geo برای این تحقیق در محیط Visual C++ توسعه یافت که کلیه پارامترهای هندسی مورد نیاز را محاسبه می‌کند. ورودی این برنامه فایل مختصات نقاط خط مرکزی رودخانه که در محیط GIS استخراج گردیده و بصورت فایل ASCII¹ می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از پردازش تصاویر ۱۳۶۹، ۱۳۷۰، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۲ جهت بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه کارون حد فاصل سد گتوند تا فارسیات به قرار زیر می‌باشد:

1- Amsterdam Subversive Center for Information Interchange

به شکل آثار مسیر قدیمی رودخانه دز و کارون در حدود شش کیلومتری از غرب مسیر مستقیم کنونی با پیچ و خم بسیار زیاد قابل تشخیص است. این دو مسیر در محل ویس به هم متصل می‌شوند. تغییر موقعیت رودخانه از مسیر قدیمی به مسیر مستقیم کنونی که یک پدیده نادر تلقی می‌شود، در مدارک علمی و تاریخی رودخانه کارون که در دسترس نویسندگان بوده، مورد بحث قرار نگرفته است. اما می‌توان به دلیل دست ساز بودن شاخه گرگر (دوره ساسانیان) و هم امتداد بودن این شاخه با زیربازه بند قیر- ویس، امکان تغییر مسیر رودخانه به صورت مصنوعی در مسیر مستقیم فعلی قابل بحث و بررسی باشد (آل یاسین، ۱۹۹۸).

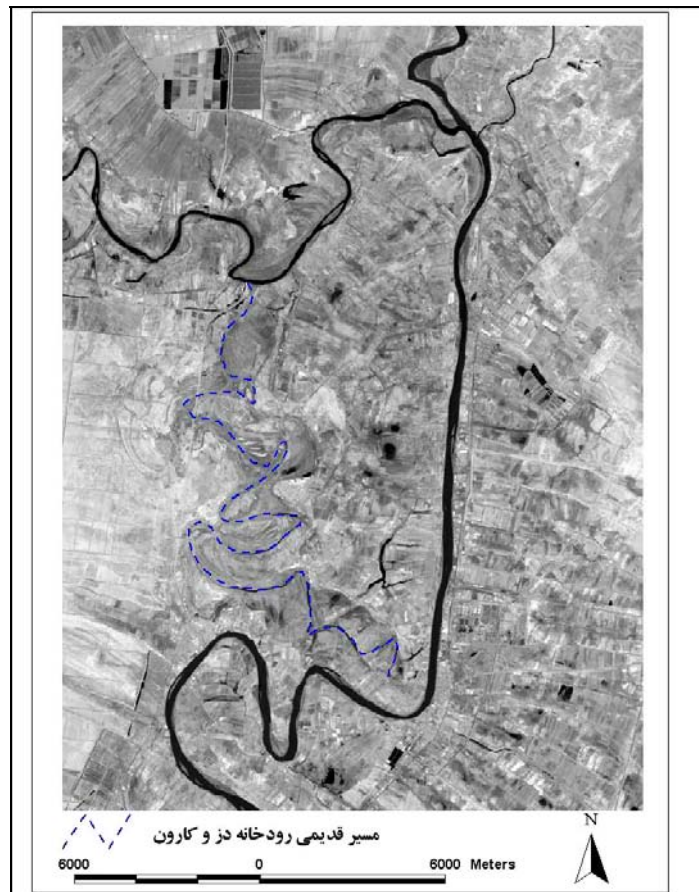
از ویس تا اهواز رودخانه دوباره وارد مسیر پیچانورد نسبتاً منظم‌تری می‌شود که تغییرات آن با توجه به تصاویر ماهواره‌ای در این دوره زمانی مانند شاخه شطیط فاحش نبوده است. از اهواز تا جنگیه به علت وجود طاق‌دیس اهواز و تلاقی آن با کارون، رودخانه دوباره مسیر نسبتاً مستقیمی که دارای یک پیچانورد بسیار ملایم با ضریب خمیدگی $1/02$ است را طی می‌کند. از جنگیه تا فارسیات رودخانه دوباره در یک مسیر پیچانورد جریان می‌یابد. هرچند فرسایش و تغییر مکان جانبی این محدوده چندان قابل توجه نمی‌باشد، تصاویر ماهواره‌ای تغییر مکان‌هایی را به صورت موضعی در مسیر رودخانه نشان می‌دهند.

تجزیه و تحلیل پارامترهای هندسی رودخانه: روند تغییرات پارامترهای هندسی در طول مسیر رودخانه و در دوره‌های زمانی مختلف در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این خصوص بنا به توصیه‌های انجام شده به جای استفاده مستقیم از فاصله، نسبت فاصله نرمال شده از مبدأ (نسبت فاصله از مبدأ به متوسط عرض رودخانه) بکار رفته است (لنکستر، ۱۹۹۸).

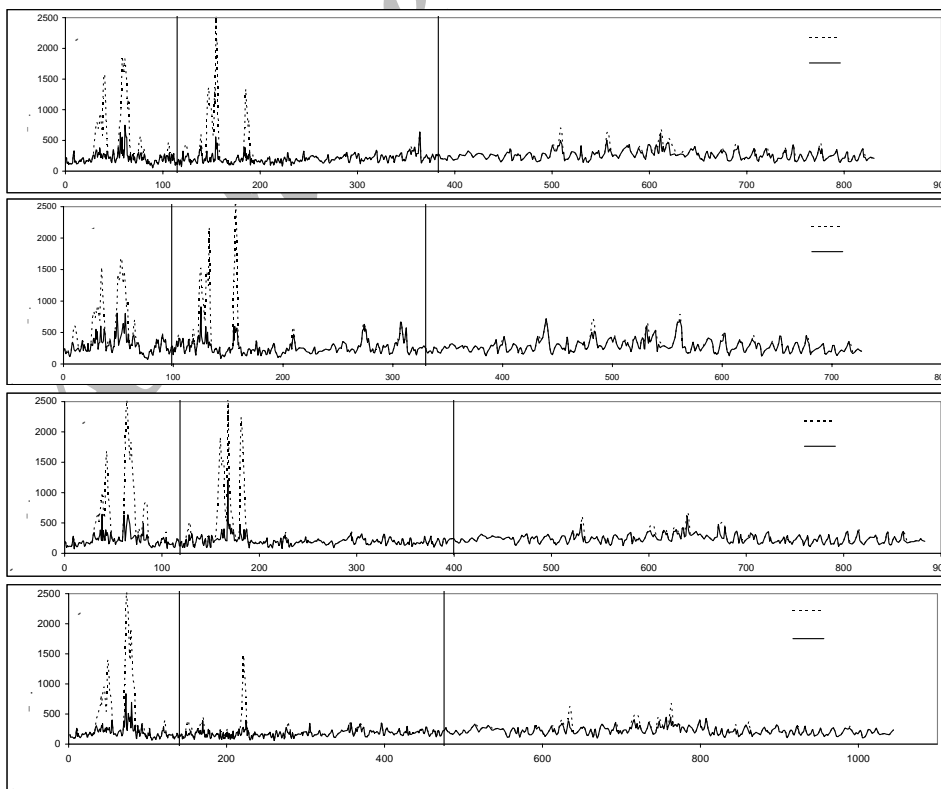
تغییرات عرضی رودخانه: شکل ۱۳ (الف-د) تغییرات عرض کل رودخانه (فاصله دو ساحل) و عرض جریان (عرض مفید جریان بدون در نظر گرفتن جزایر) را برای چهار دوره از تصاویر نشان می‌دهد و براساس آن می‌توان در خصوص تغییر الگوی آبراهه‌ای رودخانه قضاوت

داشت به طوری که در قسمتی از شکل که بین منحنی عرض کل و عرض جریان در رودخانه فاصله وجود داشته باشد، حاکی از وجود جزایری در رودخانه و الگوی شریانی می‌باشد. با توجه به شکل ۱۳ (الف-د) تفاوت منحنی‌های عرض کل و عرض جریان رودخانه در بازه‌های ۱ و ۲ کاملاً آشکار می‌باشد که دلیل آن چند شاخه‌ای بودن رودخانه در این مقاطع است (الگوی شریانی) ولی در بازه ۳ به دلیل شیب نسبتاً کم آن، الگوی آبراهه‌ای پیچانوردی حاکم می‌باشد. با مقایسه این نمودارها در زمان‌های مختلف مربوط به تصاویر، تغییرات سیستم شریانی در بازه‌های سه گانه مشهود می‌گردد. تفاوت عرض کل و عرض جریان در رودخانه در بازه ۱ از حدود ۱۱۰۰ متر در سال ۱۳۶۹، به حدود ۱۳۳۰ متر در سال ۱۳۷۰، ۱۸۵۰ متر در سال ۱۳۷۷ و ۱۶۵۰ متر در سال ۱۳۸۲ رسیده است. همچنین با توجه به شکل در دوره‌های مختلف به خصوص در سال ۱۳۸۲ (شکل ۱۳-د) الگوی شکل حالت شریانی در بازه ۲ کاملاً تغییر یافته ولی در بازه ۳ تغییرات چندانی در عرض و الگوی رودخانه ایجاد نشده است.

تغییرات انحنای نرمال شده رودخانه: تغییرات انحنای نرمال شده رودخانه (نسبت انحنای هر نقطه از رودخانه به انحنای حداکثر) در شکل ۱۴ (الف-د) برای سال‌های مطالعاتی آمده است. دامنه بالاتر نوسانات این منحنی در حول محور افقی مبین وجود قوس‌های فشرده می‌باشد (بیدنهارد و همکاران، ۱۹۹۷؛ لنکستر، ۱۹۹۸)، مانند آنچه برای بازه ۱ در شکل آمده است. بر عکس، دامنه کم نوسانات در این منحنی نشان‌دهنده وجود قوس‌های باز و بزرگ شدن شعاع آنها است، مانند وضعیتی که در بازه ۳ مشاهده می‌شود. شکل نشان می‌دهد که تواتر قوس‌ها در بازه ۱ و ۲ خیلی زیاد است در حالی که در بازه سوم تواتر کاهش می‌یابد. مقایسه این شکل‌ها نشان می‌دهد که در چهار دوره مورد بررسی، خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر است و تراکم قوس‌ها و اندازه انحنای آنها به سمت پایین دست در حال جابجایی است.



شکل ۱۲- آثار مسیر قدیمی رودخانه دز و کارون.

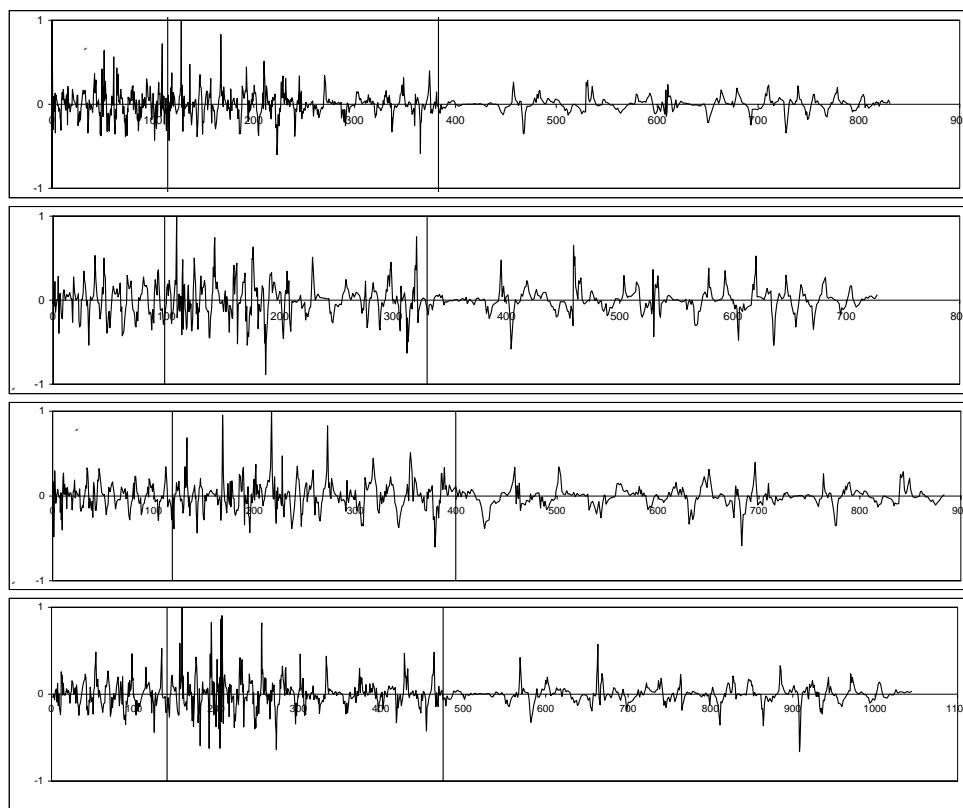


شکل ۱۳- تغییرات عرض رودخانه در طول سه بازه رودخانه بر اساس تصاویر مربوط به سالهای (الف) ۱۳۶۹، (ب) ۱۳۷۰، (ج) ۱۳۷۷ و (د) ۱۳۸۲.

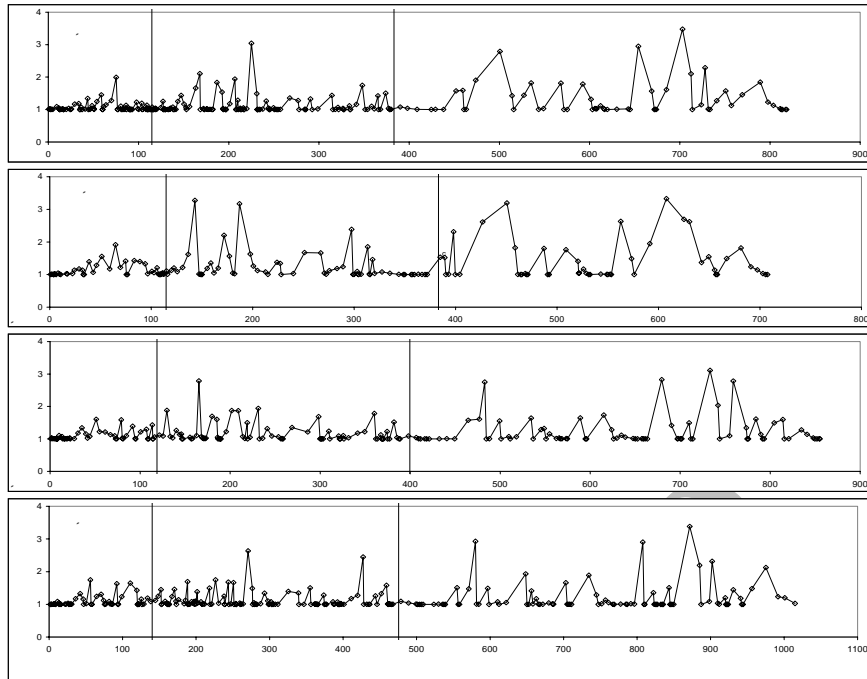
تغییرات ضریب خمیدگی: تغییرات ضریب خمیدگی قوس‌ها در طول رودخانه نیز در شکل ۱۵ (الف-د) نشان داده شده است. این شکل مبین میزان توسعه پیچانرودی در مسیر می‌باشد (بیدنهارد و همکاران، ۱۹۹۷). همچنان که در این شکل مشاهده می‌شود، ضریب خمیدگی قوس‌های رودخانه از بازه ۱ تا ۳ دچار افزایش گردیده است که می‌تواند متأثر از کم شدن شیب رودخانه، ریزتر شدن مواد بستر و کم شدن ظرفیت حمل رسوب رودخانه باشد. همچنین با مقایسه این نمودارها در چهار دوره مورد بررسی تغییرات این پارامتر در بازه ۱ و ۲ کاملاً مشهود بوده در حالی که در بازه ۳ این تغییرات ناچیز می‌باشد.

بررسی مورفولوژی رودخانه کارون در بازه‌های مختلف: با توجه به تصاویر ماهواره‌ای هر کدام از بازه‌های مطالعاتی و بررسی رفتار مورفولوژیکی رودخانه و نحوه تشکیل و جابجایی جزیره‌ها، بازه‌های سه گانه کارون که در قبل آمده بود، به تعدادی زیر بازه تقسیم

شدند. این زیر بازه‌ها طوری انتخاب شدند که هر کدام در یک طبقه رودخانه‌ای قرار گرفته و از نظر فرسایش، رسوب‌گذاری و نحوه جابجایی سواحل از الگوی یکسانی پیروی کنند (لنکستر، ۱۹۹۸). بر این مبنا بازه ۱ به شش زیر بازه، بازه ۲ به ده زیربازه و بازه ۳ به هفت زیربازه تقسیم گردیدند که به‌طور متوسط در هر زیر بازه دو قوس رودخانه قرار دارد و برای هر کدام از زیر بازه‌ها الگوی رودخانه، طبقه رودخانه براساس روش روسگن^۱ (۱۹۹۴)، وضعیت پایداری نسبی، نوع تغییر شکل‌ها در بازه و حداکثر جابجایی سواحل مورد بررسی قرار گرفت که خلاصه‌ای از نتایج در خصوص تغییرات بازه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد در طی این دوره جابجایی‌های قابل توجهی در رودخانه صورت گرفته به‌طوری که در بازه ۲-۲ این مقدار ۱۹۵۰ متر می‌باشد که شکل ۱۶ نیز آن را بخوبی نشان می‌دهد. بیشترین ناپایداری‌ها هم طی این دوره در بازه ۲ مشاهده شده است.



شکل ۱۴- تغییرات انحنا رودخانه در طول سه بازه رودخانه مربوط به سال‌های الف) ۱۳۶۹، ب) ۱۳۷۰، ج) ۱۳۷۷ و د) ۱۳۸۲.

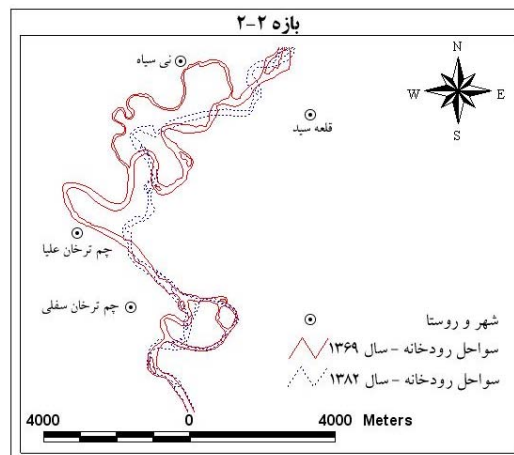


شکل ۱۵- تغییرات ضریب خمیدگی رودخانه در طول سه بازه رودخانه مربوط به سال‌های الف) ۱۳۶۹، ب) ۱۳۷۰، ج) ۱۳۷۷ و د) ۱۳۸۲.

نتیجه‌گیری

هستند که البته تصاویر LISS-III نیز به دلیل دارا بودن تفکیک مکانی بهتر قابلیت‌های خاص خود را دارد. ۲- توسعه نرم‌افزار Riv-Geo در این تحقیق برای استخراج پارامترهای هندسی قوس‌های رودخانه و تلفیق آن با خروجی تصاویر ماهواره‌ای پردازش شده در محیط GIS، ابزاری کارا در تجزیه و تحلیل تغییرات مورفولوژی رودخانه ارزیابی شد که می‌تواند برای دیگر تحقیقات مشابه در جهت کاهش زمان و افزایش دقت مورد استفاده قرار گیرد.

این تحقیق با هدف ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از توانایی‌های تکنیک سنسجش از راه دور به انجام رسید. در این بخش به مهمترین نتایج حاصل از این تحقیق ارائه می‌شود: ۱- تصاویر ماهواره‌ای TM و LISS-III دارای قابلیت مناسبی برای بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه‌هایی در ابعاد و اندازه کارون می‌باشند. البته تصاویر TM به دلیل بالاتر بودن تفکیک طیفی (تعداد باندهای بیشتر) نسبت به LISS-III در بعضی مواقع از قابلیت بیشتری برخوردار



شکل ۱۶- نقشه تغییرات خط ساحلی رودخانه کارون در زیربازه ۲-۲.

جدول ۳- خلاصه نتایج بررسی بازه‌های رودخانه کارون در محدوده مطالعاتی.

بازه	زیربازه	کیلومتر* تراژ	الگوی رودخانه	رده رودخانه بر اساس طبقه‌بندی Rosgen	وضعیت پایداری نسبی	نوع تغییر شکل قوس‌ها در بازه	حداکثر جابجایی سواحل (متر)
	۱-۱	۰-۳/۶۵۸	پیچانرود	B 4,5	پایدار	-	۷۵
	۲-۱	۳/۶۵۸-۸/۰۶۸	پیچانرود	B 4,5	پایدار	-	۳۰
بازه ۱- از سد انحرافی گتوند تا شوشتر	۳-۱	۸/۰۶۸-۲۱/۰۸۷	شریانی- پیچانرود	DA 4,5	ناپایدار	پیچیده	۲۲۰
	۴-۱	۲۱/۰۸۷-۲۵/۷۰۲	پیچانرود	C 4,5	ناپایدار	ترکیبی از توسعه طولی و جابجایی	۱۸۰
	۵-۱	۲۵/۷۰۲-۲۹/۵۰۰	پیچانرود	G 4,5	پایدار	-	-
	۶-۱	۲۹/۵۰۰-۳۴/۷۳۸	پیچانرود	G 4,5	تقریباً پایدار	-	۷۰
	۱-۲	۳۴/۷۳۸-۴۳/۹۲۳	پیچانرود	C 4,5	ناپایدار	-	۳۰۰
	۲-۲	۴۳/۹۲۳-۵۷/۵۸۱	شریانی- پیچانرود	DA 5,6	ناپایدار	-	۱۹۵۰
	۳-۲	۵۷/۵۸۱-۶۳/۴۶۱	پیچانرود	C 5,6	ناپایدار	ترکیبی از توسعه طولی و جابجایی	۲۳۰
بازه ۲- از شوشتر تا بند قیر	۴-۲	۶۳/۴۶۱-۷۰/۴۷۴	پیچانرود	C 5,6	ناپایدار	چرخش ترکیبی از توسعه طولی و جابجایی	۱۳۰
	۵-۲	۷۰/۴۷۴-۷۷/۰۶۴	پیچانرود	C 5,6	ناپایدار	توسعه طولی و جابجایی	۲۷۰
	۶-۲	۷۷/۰۶۴-۸۴/۰۲۲	پیچانرود	C 5,6	ناپایدار	جابجایی	۱۸۰
	۷-۲	۸۴/۰۲۲-۹۳/۹۶۰	پیچانرود	C 5,6	تقریباً پایدار	-	۸۰
	۸-۲	۹۳/۹۶۰-۱۰۳/۹۶۶	پیچانرود	C 5,6	ناپایدار	جابجایی	۶۰۰
	۹-۲	۱۰۳/۹۶۶-۱۱۵/۱۰۲	پیچانرود	E 5,6	ناپایدار	پیچیده	۲۵۰
	۱۰-۲	۱۱۵/۱۰۲-۱۱۷/۴۱۴	پیچانرود	B 5,6	تقریباً پایدار	-	۳۵
	۱-۳	۱۱۷/۴۱۴-۱۳۶/۳۱۴	مستقیم	-	پایدار	-	۳۰
	۲-۳	۱۳۶/۳۱۴-۱۵۵/۴۳۹	پیچانرود	E 5,6	تقریباً پایدار	-	۱۰۰
بازه ۳- از بند قیر تا فارسیات	۳-۳	۱۵۵/۴۳۹-۱۷۵/۳۳۰	پیچانرود	E 5,6	ناپایدار	پیچیده	۳۸۰
	۴-۳	۱۷۵/۳۳۰-۱۹۹/۳۴۳	پیچانرود- مستقیم	E 6	تقریباً پایدار	-	۷۰
	۵-۳	۱۹۹/۳۴۳-۲۲۱/۱۵۱	پیچانرود	E 6	تقریباً پایدار	-	۷۵
	۶-۳	۲۲۱/۱۵۱-۲۴۳/۴۴۵	پیچانرود	E 6	تقریباً ناپایدار	جابجایی	۲۰۰
	۷-۳	۲۴۳/۴۴۵-۲۵۷/۴۲۳	پیچانرود	E 6	تقریباً پایدار	-	۳۰

*فاصله‌ها بر حسب کیلومتر و نسبت به سد گتوند در تصویر سال ۱۳۸۲ می‌باشد.

رسوب گذاری بوده است. همچنین بازه سه در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۰، در شرایط فرسایشی و دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۲ در شرایط رسوبگذاری بوده است. مانند قبل موقعیت جزیره ها در حال جابجایی به سمت پایین دست می باشد.

۴-بر مبنای نتایج حاصل، جابجایی و تغییرات ایجاد شده در قوس های رودخانه کارون بخصوص در بازه دوم (شطیط) شدید و در برخی موارد نگران کننده می باشد. به طور مثال در بازه ۲-۲ مقدار جابجایی به ۱۹۵۰ متر در طول ۱۳ سال می رسد که قابل توجه می باشد.

۳-با بررسی تعداد جزیره های رسوبی در بازه های زمانی مختلف و تغییرات آن نتیجه می شود که بازه های سه گانه رودخانه کارون، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند که این ناشی از تفاوت رژیم جریان و بیلان رسوب در آنها می باشد، به طوری که بازه یک در محدوده زمانی سال های ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۷ در شرایط رسوب گذاری و در محدوده زمانی سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ در شرایط فرسایشی بوده است. اضافه می شود موقعیت جزیره ها در این بازه در حال جابجایی به سمت پایین دست است. بازه دو در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۲، به طور کلی در شرایط

منابع

1. Al Yasin, A. 1998. Application of River Engineering on Karun and Dez Rivers. IRCOLD. No. 26. 221 p.
2. Biedenharn D.S., Elliot, C.M. and Watson, C.C. 1997. The WES stream investigation and stream bank stabilization handbook. U.S. Army Engineering. 286 p.
3. Gregory, K.J. 1977. River channel changes. John Wiley & Sons. Pp. 212.
4. Kalam, A.M., and Hoque, N. 1995. Erosion trend study of the Ganges River course using remote sensing techniques. Asian-Pacific Remote Sensing J. Vol. 8. No. 1, 128-143.
5. Lancaster, S.T. 1998. A nonlinear river meandering model and its incorporation in a landscape evolution model. Ph.D Thesis of Massachusetts Institute of Technology. 277 p.
6. Leopold, L.B., and Wolman, M.G. 1957. River channel patterns-braided, meandering and straight. U.S. Geological Survey. Professional Paper 282 p.
7. Mirabolghasemi, H. 1994. Assessing the dam construction on the sediment load and erosion-sedimentation trend of Karun River. Master of Science Thesis of Tarbiat Modares University. 157p.
8. Najafi Disfani, M. 1998. Computer processing of remote sensing images. Pub. SAMT. 1st Edition. 257p.
9. Orfeo, O. and Stevaux, J. 2002. Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Parana River (Argentina and Brazil). J. Geomorphology, Vol. 44, No. 5, 309-322.
10. Rangzan, K.M., Toolaei Nezhad, M. and Piraste, S. 2002. Study the effects of rivers migration on civil structure in Khuzestan Plain using satellite data. Proc. of 6th International Conference of River Engineering in Ahvaz. 169-181.
11. Richards, J. and Jia, X. 1998. Remote sensing digital image analysis. Berlin, Third edition. Pub. Springer. 331 p.
12. Rosgen, D.L. 1994. A classification of natural rivers. J. Catena, Vol. 44, No. 5, 203-219.
13. Shafieifar, M. 2001. Migration pattern of final bends of Zohreh River case study of a young river. Proc. of XXIX IAHR Hydraulic. 413-422.
14. Thorne, C.R. 2002. Geomorphic analysis of large alluvial rivers. J. Geomorphology, Vol. 44, No. 5, 203-219.
15. Wilson, P.A. 1997. Rule-based classification of water in landsat MSS image using the variance filter. J. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 63, No. 5, pp. 485-491.

Assessing the trend of morphologic changes of rivers using remote Sensing: (Case study: Karun river between Gotvand and Farsiat)

S. Arshad¹, *S. Morid² and H. Mir Abolghasemi³

¹Ph.D. student of water Resources Research Center of Agriculture Faculty, Tarbiat Modares University, Iran,
²Associate Prof., Dept. of Water Resources Research Center of Agriculture Faculty, Tabiat Modares University,
Iran, ³Senior expert of Tehran Ab-Khak consultant company

Abstract

Most of the water projects such as dams, bridges and pumping stations are located against stream water flow and along of rivers that can be affected by changes in river morphology. Therefore, study and assessment of this phenomenon is considered as one of the most important sections in their design stage. With respect to the extent and size of morphological changes of rivers, application of remote sensing images and Geographical Information Systems (GIS) can be effective to achieve a more accurate and faster analysis. In this research work, morphologic changes of Karun river between Gotvand and Farsiat station based on four series of Lanstat-TM and IRS-LISS images for 1990 to 2003 time period have been investigated. Accordingly, linear contrast with saturate method and edge enhance filter method concluded as the best method for detect the boundary between water and land. The results shows that bend characteristics are being changed. On the other hand, the lateral changes of the bends in some regions are up to 1950 during 13 years. Also, density and sizes of the river curvatures are being transferred to downstream. Temporal changes in the reach between Gotvand and Band Ghir are evident, but this is not evident in the Band Ghir to Darkhoein reach.

Keywords: River morphology; Meander; River plan; Remote sensing; Karun river.

*-Corresponding Author; Email: morid_sa@modares.ac.ir