



سجش از دور

GIS ایران



سال دوم، شماره سوم، پاییز ۱۳۸۹
Vol.2, No.3, Autumn 2010

سجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

۷۵-۸۸

آشکارسازی تغییرات ژئومورفیک مسیر رودخانه کارون، با استفاده از داده‌های GIS و RS (بازه شوشتر تا اروندرود)

جعفر مرشدی*^۱، سیدکاظم علوی پناه^۲

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
۲. استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۳۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۶/۱۸

چکیده

وجود تأسیسات زیربنایی عمده و مهم کشاورزی، پروژه‌های عمرانی و صنعتی و شهری، و نیاز اجتماعات واقع در حاشیه رودخانه کارون به آب و رسوب این رودخانه، همچنین زیان‌های ناشی از تغییرات ژئومورفولوژیکی و تغییرات گسترده پیچان رودها در مسیر رودخانه کارون، سبب ایجاد نظریه بررسی شدت و نوع و میزان تغییرات این رودخانه شده است. محدوده مورد مطالعه، قسمتی از رودخانه کارون واقع در استان خوزستان است که به طول ۳۶۴ کیلومتر از شوشتر آغاز می‌شود و تا اروندرود امتداد می‌یابد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، لایه‌های GIS، مطالعات میدانی، بررسی آمار اقلیمی و هیدرولوژیکی، شدت و نوع تغییرات حاشیه رودخانه کارون به مساحت حدود ۴۰۰۰ کیلومترمربع بررسی شده است. تغییرات ژئومورفولوژیکی این بازه از رودخانه به مدت ۵۲ سال - از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ - مورد آنالیز قرار گرفته و از تصاویر ماهواره‌های Landsat، IRS، Terra، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی استفاده شده است. هدف از انجام این پژوهش، شناسایی مهم‌ترین اشکال ژئومورفیک ساحل رودخانه کارون و تعیین میزان تغییرات در طول دوره مطالعه است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که در دوره مطالعه میزان تغییرات رودخانه افزایش پیدا کرده و طول رودخانه بیشتر شده است.

کلیدواژه‌ها: آشکارسازی تغییرات، رودخانه کارون، داده‌های ماهواره‌ای، ژئومورفولوژی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: اهواز، کیان پارس، خ. ۱۵ غربی، پلاک ۷۴، واحد ۶. تلفن: ۰۹۱۸۸۴۲۳۹۲۲

۱- مقدمه

رودخانه‌ها اکوسیستم‌های همواره متغیری هستند که ارتباط متقابل با عواملی چون اتمسفر، بیوسفر و لیتوسفر دارند. تغییر و دگرگونی جزو صفات همیشگی رودخانه‌هاست که در طول زمان سبب ایجاد چشم‌اندازهای متفاوتی با توجه به محیط مسلط به رودخانه شده و به خاطر ارتباط متقابل با زندگی انسان، بررسی آن را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. نخستین نوشته‌ها و دیدگاه‌های علمی در این زمینه به آرا و اندیشه فیلسوفان یونانی برمی‌گردد. از آن جمله تالس در ۳۸۴-۳۲۲ قبل از میلاد، ارشمیدس^۱ در ۲۸۷-۲۱۲ قبل از میلاد، و ارسطو^۲ در ۳۴۸-۳۲۲ به مباحث مربوط به فیزیک مایعات پرداختند (Telvari, ۱۹۹۲). حدود دو هزار سال پیش هراکلیتوس^۳ حکیم بزرگ یونانی اعلام داشت که «محال است کسی دو بار در یک رودخانه قدم بگذارد» و تائوئیست چینی گهونگ^۴ در حدود ۱۶۰۰ سال پیش بیان کرد که «دریاها به سمت اراضی مالبری^۵ تغییر می‌کنند و اراضی مالبری به سمت دریاها» (Lunetta and Elvidge, 1999). ما نمی‌دانیم که این دو دانشمند چه دیده بودند، اما معلوم می‌شود که ساکنان زمین همواره از تغییراتی که در محیط زندگی‌شان رخ می‌داده است آگاهی داشته‌اند. درباره رودخانه‌ها و تغییرات آنها، نوشته‌های زیادی وجود دارد که می‌توان به مواردی چون اینها اشاره کرد: Hutton (1979), Fabere (1952), Davis (1934), Troll (1944), Janson (1979), Knighton (1982), Leopold (1966), Yailn (1992), Brierley (2005), Zhongyan chen و XiXiLu&LuqianLi (2005), DRI (2007), Morris et al. (2008), Michael et al. در این پژوهش‌ها تغییرات رودخانه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند.

مطالعه کانال رودخانه‌ها و تغییرات مائندرها براساس نقشه‌ها و تغییرات تاریخی، ابتدا بر روی رودخانه کانزاس Kansas-River و شاخه‌هایش بین سال‌های ۱۸۵۷ تا ۱۸۶۸ و ۱۹۷۶ براساس تحقیقات

دورت شروع شد (Dort, 1978). با اختراع و پیشرفت عکاسی هوایی در فاصله سال‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ مطالعه پلانفرم رودخانه‌ها سرعت گرفت و بسیاری از محققان از این عکس‌ها برای طبقه‌بندی فرم مائندرها استفاده کردند. لئوپولد و لمن^۶ براساس نقشه‌ها و عکس‌های هوایی به ارائه روابط ژئومتریک مهندسی پرداختند (Leopold and Wolman, 1960). بعد از آن Chang (1980), Hickin (1974), Richards (1982), Rinaldi & Toebes (1986), William (1986), Johnson نیز به مطالعاتی در این زمینه پرداختند.

در ایران نیز می‌توان به تحقیقات و مطالعات متعددی اشاره کرد، که از آن جمله‌اند پژوهش‌های محققانی چون (Khajesahoti (1996), Talvati (1992), Khosravi, Rangzan (2002), Aleyasin (2000), Alavinejad (2004), Barjeste (2004), Morshedi & Alavipanah (2008), Javaheri (2005) که در محدوده همین مطالعه صورت گرفته و در آنها به بررسی تغییرات رودخانه‌ای دشت خوزستان پرداخته شده است.

با توجه به اهمیت دشت خوزستان در فضای ملی از گذشته تا زمان حاضر، این بخش از کشور محل گسترش ساختارهای مدنی و اقتصادی و کشاورزی بوده است و رودخانه کارون نقش مهمی در برقراری ارتباط میان این فضاها داشته است. بدین ترتیب با توجه به اهمیت این رودخانه، تئوری بررسی شدت و نوع و میزان تغییرات آن مطرح شده است. لزوم درک مسائل پیش‌گفته، وجود کارون به عنوان شریان حیاتی استان خوزستان، موقعیت استراتژیکی آن به‌عنوان مهم‌ترین

1. Archimedes
2. Aristotle
3. Heraclitus
4. Gehony
5. Malberry
6. Leopold and Leman

تغییراتی همراه بوده‌اند. در این مقاله، به مثابه بررسی ژئومورفیک، با استفاده از داده‌های تاریخی از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷، تصاویر ماهواره لندست و داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به صورت نقشه‌های توپوگرافی و لایه‌های مسیر رودخانه، تغییرات بازه‌های رودخانه کارون بررسی شده است و هدف آن شناخت یکی از محیط‌های رودخانه‌ای از دیدگاه ژئومورفولوژیک است تا از طریق نتایج دستاوردهای آن بتوان به مدیریت صحیح و علمی در محیط‌های خشک مشابه پرداخت و نیز تشابهات و تضادها را تشخیص داد و در رفع آنها کوشید. بدین ترتیب می‌توان در محیطی امن و سازگار با طبیعت و هماهنگ با روند آن، در مسیر این تغییرات گام برداشت و در برنامه‌ریزی‌ها نیز از آن استفاده کرد.

۲- مواد و روش‌ها

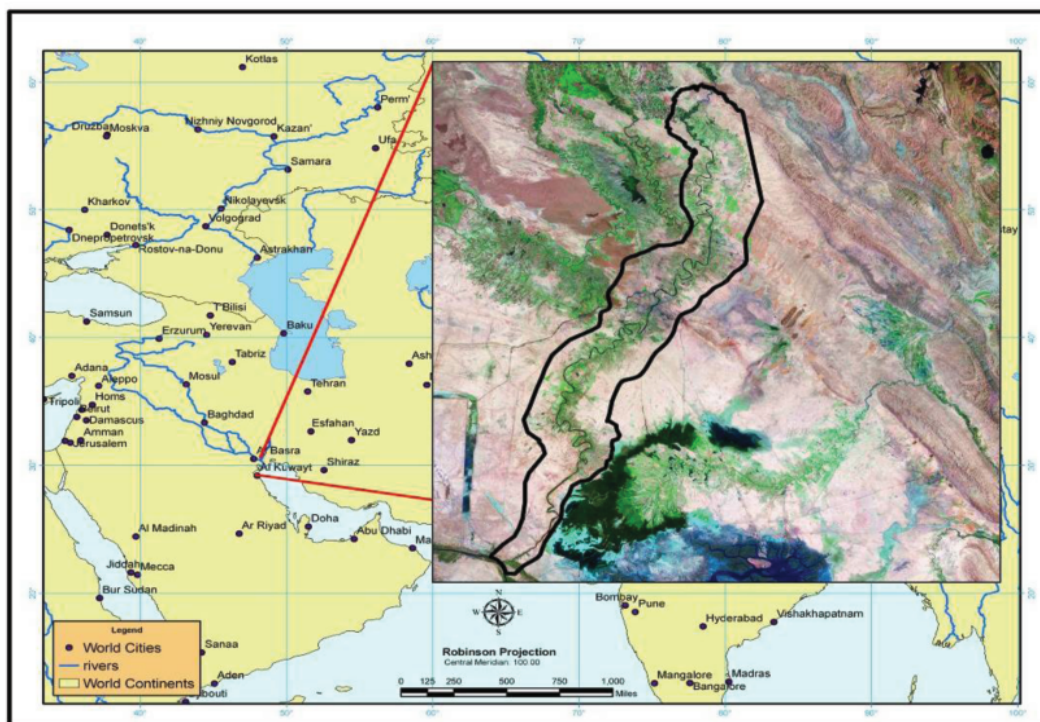
۲-۱- محدوده مطالعه

محدوده بررسی این پژوهش، بخش جلگه‌ای رودخانه کارون است که از تنگه عقیلی واقع در شمال شوشتر با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه و سه ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۶ دقیقه و ۳۹ ثانیه آغاز می‌شود، و پس از عبور از آبرفت‌های ایجاد شده به‌وسیله رودخانه در محل ورود به رودخانه اروندرود به مختصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۱ دقیقه و ۶ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۳ دقیقه و ۶ ثانیه خاتمه می‌یابد. ناگفته نماند که طول آن ۳۶۸/۷۴ کیلومتر و مساحت آن ۴۵۸۵ کیلومتر مربع است (شکل ۱). این محدوده قسمت انتهایی حوضه رودخانه کارون است که در جنوب غربی ایران و در جلگه آبرفتی دشت خوزستان جاری است. ویژگی‌های مورفولوژیک رودخانه نشان‌دهنده رودخانه‌های مائندری در دشت‌های آبرفتی است. به علت طول زیاد محدوده مورد مطالعه (حدود ۳۶۰ کیلومتر) مسیر رودخانه براساس ویژگی‌های هندسی و ساختار زمین‌شناسی و شیب، به هفت بازه تقسیم شده است.

مرکز تجاری کالاهای صادراتی و وارداتی در منطقه، نقش آن در توسعه پایدار کشور، و نیز مدیریت صحیح منابع آبی و حوضه‌های رودخانه‌ای مبانی اساسی در بررسی به‌شمار می‌آیند. به همین خاطر آشکارسازی تغییرات محیطی در برنامه‌ریزی مناسب به منظور توسعه پایدار و بهره‌برداری منطقی از امکانات و پتانسیل‌های طبیعی منطقه اهمیت بسیار زیادی دارد.

مهم‌ترین مشکل در حاشیه رودخانه کارون از نظر مهندسی رودخانه، تغییرات پیچان رودها و تصرف اراضی آن است، که خسارات متعددی را به اراضی وارد کرده و موجب تغییر کاربری آنها نیز شده است (Aleyasin, 2000). تغییر بستر و به‌خصوص کناره‌ای رودخانه به علل مختلف سبب وارد ساختن خسارت به مسیرهای جاده‌ای و به‌ویژه جاده اهواز - شوشتر و اهواز - خرمشهر شده است. تغییرات جزایر رودخانه سبب رسوب‌گیری ایستگاه‌های پمپاژ می‌شود و اراضی کشاورزی را از بین می‌برند. مسیر بند قیر تا اهواز نمونه‌ای از تخریب اراضی را نشان می‌دهد. همچنین تغییر کانال رودخانه به تخریب برخی از مناطق مسکونی و جابه‌جایی روستاها دامن زده است، که به عنوان مثال می‌توان به روستاهای عرب‌حسن و اسماعیلیه اشاره کرد (Morshedi & Alavipanah, 2008).

پژوهش‌های مربوط به آشکارسازی تغییرات مسیر رودخانه با استفاده از GIS و RS می‌تواند سبب شناسایی محیط‌های دارای تغییرپذیری بالا و تعیین حریم رودخانه شود. با بهره‌گیری از این پژوهش‌ها و شناسایی، می‌توان به مدیریت صحیح اراضی و تأسیسات و صنایع واقع در محدوده رودخانه پرداخت، محدوده‌های امن را برای سرمایه‌گذاری و مکان‌یابی پروژه‌ها شناسایی کرد. آشکارسازی تغییرات مسیر رودخانه‌ها از نیازهای اساسی در مدیریت و برنامه‌ریزی است، و شامل کاربرد مجموعه داده‌های چندزمانه به‌منظور مشخص کردن مناطقی که کاربری و پوشش زمینی آنها در تاریخ‌های مختلف تصویربرداری با



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه در دشت خوزستان

۲-۲- روش تحقیق

مطالعات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به روش‌های تجربی و روش‌های نظری (تئوریک) صورت می‌گیرد. در روش‌های تجربی به وسیله مطالعات میدانی، نقشه‌های تاریخی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در زمان‌های متفاوت و با استفاده از آنالیزهای آماری، تغییرات رودخانه‌ها تشخیص داده می‌شود؛ در حالی که در روش‌های نظری یا تئوریک، محققان دامنه گسترده‌ای از مدل‌ها و معادلات را به کار می‌برند تا از طریق آن به بررسی تغییرات رودخانه‌ای بپردازند (Telvari, 1992). در این مقاله با استفاده از روش‌های تجربی - مانند مطالعات میدانی، تفسیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های تاریخی، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و سیستم موقعیت‌یابی جهانی GPS - تغییرات رودخانه کارون و انواع الگوهای

کانال آن مورد مطالعه قرار گرفته است. زمان بررسی این پژوهش ۵۲ سال، در فاصله سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ است.

برای به دست آوردن نقشه چهار دوره مطالعاتی ۱۹۵۵، ۱۹۹۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ از داده‌های مندرج در جدول ۱ استفاده شده است. همان‌طور که در جدول ۱ آورده شده است، برای تعیین محدوده مسیر رودخانه از داده‌های ماهواره‌ای در سه دوره در فاصله سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و نیز روش حداکثر احتمال به کار رفته است؛ و در دوره ۱۹۵۵ به علت نبود داده‌های ماهواره‌ای از نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده و تفسیر بصری عکس‌های هوایی برای تعیین مسیر رودخانه استفاده شده است (شکل ۸).

جدول ۱. دوره‌های مطالعه و داده‌های مورد استفاده به‌منظور آشکارسازی تغییرات رودخانه کارون

دوره مطالعه	داده‌های استفاده‌شده	روش تهیه نقشه‌های مسیر رودخانه
۱۹۵۵	نقشه‌ها و عکس‌های ۱:۵۰۰۰۰	رقومی‌سازی یا دیجیتالی کردن مسیر رودخانه به روش بصری
۱۹۹۱	تصاویر ماهواره لندست (TM)	روش حداکثر احتمال
۲۰۰۲	تصاویر ماهواره لندست (ETM+)	روش حداکثر احتمال
۲۰۰۷	تصاویر ماهواره IRS (LISSIII)	روش حداکثر احتمال

۱۹۹۱ و سین‌های ۳۸-۱۶۵ و ۳۹-۱۶۵ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تصاویر سنجنده ETM+ سال ۲۰۰۲ همین ماهواره و در سین‌های ۳۸-۱۶۵ و ۳۹-۱۶۵ نیز به کار گرفته شده‌اند. تصاویر ماهواره‌ای IRS مورد استفاده در این تحقیق مربوط به سنجنده LISSIII در سال ۲۰۰۷ است. شماره سین این تصاویر ۶۰۸۰۱۱۲۴Yb۰۱ و ۶۰۸۰۱۱۲۴Ya۰۱ است. تمامی تصاویر مورد استفاده، به‌وسیله نقشه‌های ۱:۵۰,۰۰۰ و ۱:۲۵,۰۰۰ زمین مرجع شده و سپس مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

نقشه‌های توپوگرافی: نقشه‌های توپوگرافی به عنوان پایه مطالعات و ساختار کلی به‌منظور زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای و سایر نقشه‌های اسکن شده مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش، دو نوع نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ سال ۱۳۳۴ و نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ سال ۱۳۷۴ به کار رفته‌اند. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ شامل ۱۱ شیت است که این نقشه‌ها ابتدا اسکن شدند و سپس براساس سیستم مختصات نقشه، به‌وسیله نرم‌افزار ژئوماتیکا^۱ و از طریق روش زمین مرجع به شیوه استفاده از ورود نقاط مختصات نقشه معلوم به نقشه‌های غیرزمین مرجع ژئورفرنس شده و لایه‌های مورد نظر از طریق رقومی کردن آنها استخراج گردیده‌اند. نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ مورد استفاده در این پژوهش، نقشه‌های رقومی سازمان نقشه‌برداری است و مشتمل بر ۶۰ شیت نقشه است. این نقشه‌ها در سه بلوک دزفول و اهواز و آبادان

حساسیت روش‌های بررسی تغییرات رودخانه‌ها به نحوه ژئورفرنس دقیق نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای سبب شده است که تمامی تصاویر و نقشه‌های چهار دوره مطالعه براساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ پوشش سراسری کشور زمین مرجع و موزائیک شوند و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. برای این کار از نرم‌افزارهای Arc Gis، نرم‌افزارهای GPS و Arc view استفاده شده است. پس از زمین مرجع دقیق داده‌ها و کالیبره کردن آنها براساس عوارض زمینی ثابت در چهار دوره مطالعه و استفاده از حدود ۱۵۰ نقطه برداشت‌شده به‌وسیله GPS، در مرحله دوم با توجه به نوع داده‌ها و محدودیت‌های موجود مسیرهای رودخانه در دوره‌های مطالعه تعیین و برآورد گردید (جدول ۱). سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGis و استفاده از روش تعیین میانگین جهت‌دار خطی، طول و آزیموت هر بازه نسبت به شمال جغرافیایی برآورد گردید، تا براساس آنها میزان تغییرات بازه‌ها تعیین گردد.

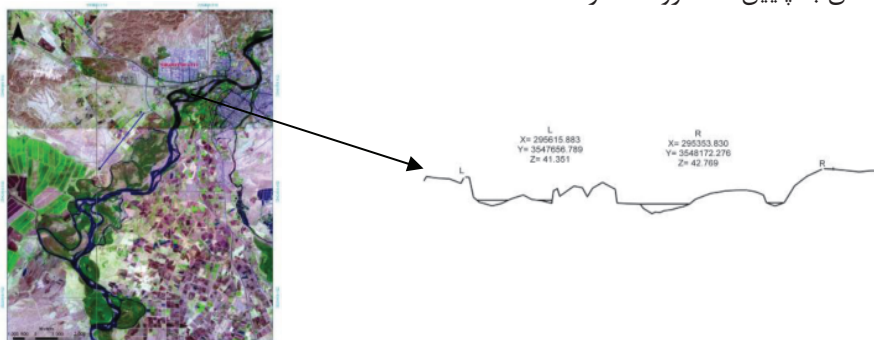
به عنوان نمونه، به‌منظور تصحیح هندسی یکی از تصاویر لندست از ۵۰ نقطه برای تصویر شماره ۳۸-۱۶۵ با خطای RMS ($y = 0/45 \ x = 0/37$) استفاده شده است؛ هر چند که در بین نقاط مورد استفاده مواردی که دارای RMS بالاتری بودند حذف شدند.

۲-۳- داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای: تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این بررسی از ماهواره‌های لندست و IRS برگرفته شده‌اند. از ماهواره لندست، تصاویر سنجنده TM سال

باشد، در نتیجه مواد معلق در کنارهای مجرای رودخانه ته نشین می‌شوند و شکلی شبیه به موهای بافته شده به خود می‌گیرند. به عنوان مثال، چنین الگویی در رودخانه کارون در محدوده بالاتر از منطقه چم ترخان تا شوشتر و رودخانه دز از بنه صفر تا دزفول مشاهده می‌شود. در این الگو معمولاً عرض رودخانه زیاد و پهن است و دارای سواحل غیر مشخص و ناپایدار؛ و کانال‌های متعددی از هم جدا می‌شوند و به هم می‌پیوندند و جزایر متعددی نیز بین کانال‌ها تشکیل می‌شوند (شکل ۲).

الگوی پیچان رودی (مئاندری): این نوع الگوی رودخانه‌ها در تصاویر ماهواره‌ای به صورت قوس‌هایی سینوسی شکل‌اند که به وسیله مسیرهای مستقیم کوتاه از هم جدا می‌شوند و از سه بخش - محدب و مقعر و نیز بخش مستقیم بین این دو - تشکیل شده است. میزان فرسایش به صورت زیرکنی است و تخریب دیواره در بخش مقعر به حداکثر می‌رسد؛ در حالی که در بخش محدب ته‌نشینی مواد رسوبی سبب به وجود آمدن شکل‌هایی از نوع دماغه‌ای شکل می‌شوند. چنین الگویی را می‌توان در بخش عمده مسیر رودخانه کارون، زمانی که به دشت سیلابی‌اش از منطقه چم ترخان در جنوب شوشتر تا دهانه اروندرود می‌رسد، مشاهده کرد (شکل ۳).



شکل ۲. الگوی شریانی رودخانه کارون در جنوب شهر شوشتر (تصویر IRS) و نیمرخ عرضی رودخانه

پراکنده‌اند. لایه‌های مورد نیاز از این نقشه‌ها پس از انتقال از محیط CAD به محیط GIS آورده شدند و در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

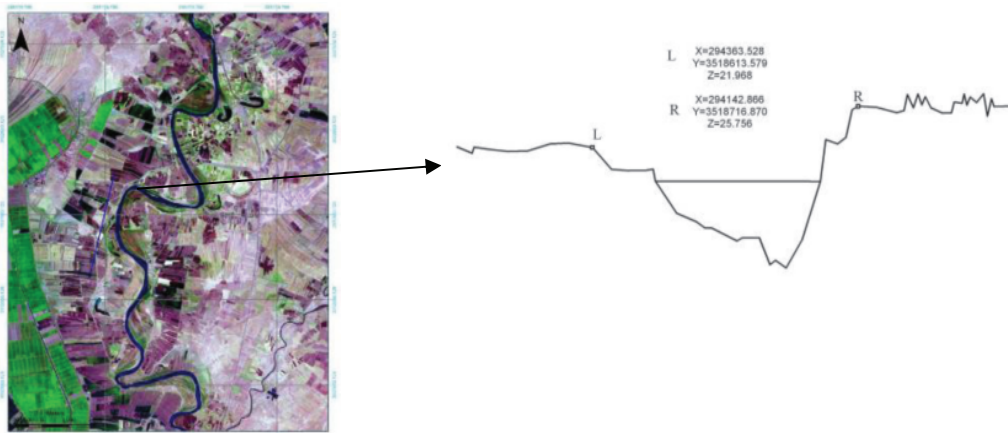
۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی الگوهای مسیر رودخانه کارون: تصاویر ماهواره‌ای با توجه به در بر گرفتن محدوده‌های وسیعی از قلمروهای سرزمینی، دارای قابلیت مطالعه کلی پدیده‌ها و دید دورنگر از آنهاست. ویژگی‌هایی چون روند حرکت رودخانه‌ها، تغییرات مسیر شبکه‌ها، الگوها و ارتباط شبکه رودخانه‌ها با ویژگی‌های منطقه‌ای و جهانی با مطالعه داده‌های ماهواره انجام‌شدنی است. تغییرات بافت، تن، رنگ و شکل عوارض آبی می‌تواند نشان‌دهنده جابه‌جایی و مهاجرت شبکه‌های آبی و اجزای آنها باشد - که تنها از این طریق می‌توان درک و تحلیل‌شان کرد. یکی از مهمترین ویژگی‌های رودخانه‌ها، الگوی کانال‌ها و مورفولوژی شبکه آنهاست که به علل گوناگونی چون شیب، پوشش گیاهی، تغییرات انسانی، تغییرات تکتونیک و تفاوت‌های رسوب‌شناختی ایجاد می‌شود که در ادامه با توجه به محدوده مورد مطالعه به بررسی برخی از الگوهای رودخانه کارون پرداخته می‌شود.

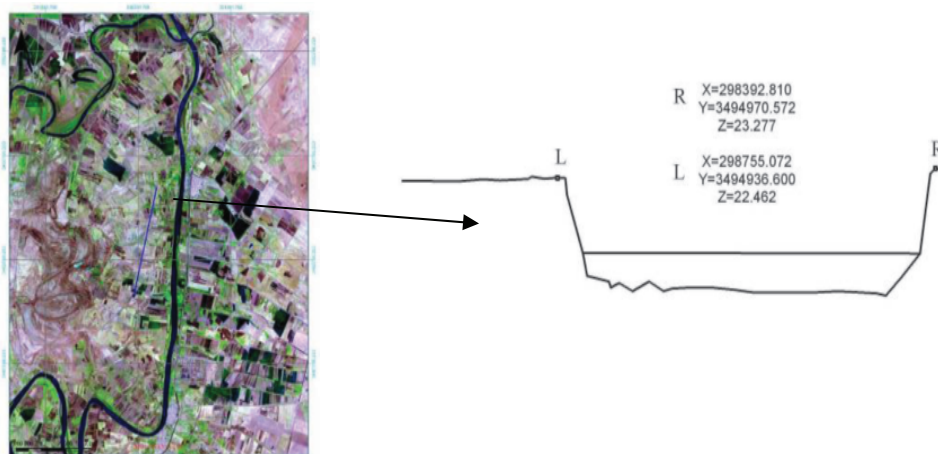
الگوی شریانی: زمانی که سرعت جریان رودخانه توان حمل مواد معلق به پایین دست رودخانه را نداشته

1. Braided Pattern
2. Meandering Pattern

آشکارسازی تغییرات ژئومورفیک مسیر رودخانه کارون، با استفاده از داده‌های GIS و RS (بازه شوشتر تا اروندرود)



شکل ۳. الگوی مئاندردی رودخانه کارون بین شهر شوشتر و منطقه بند قیر (تصویر IRS) و نیمرخ عرضی رودخانه



شکل ۴. الگوی مستقیم در مسیر رودخانه کارون، بین بند قیر و نیروگاه رامین (تصویر IRS) و نیمرخ عرضی رودخانه

۳-۱- بررسی تغییرات بازه‌های رودخانه کارون

برای بررسی تغییرات مسیر رودخانه کارون مسیر کانال این رودخانه به هفت بازه تقسیم شده و براساس ردیف یک تا هفت از شوشتر تا اروندرود طبقه‌بندی گردیده است که هر کدام دارای حداکثر میزان تجانس از نظر الگو و شرایط زمین‌شناختی و هیدرولوژیکی‌اند.

الگوی مستقیم^۱: چنین الگویی به‌صورت مسیری مستقیم و بدون انحنای در تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی مشاهده می‌شود. اما به عللی همچون شیب، مواد رسوبی، سرعت جریان و دیگر پارامترهای زمین‌شناختی، خاک‌شناسی و نظایر اینها، چنین الگویی به ندرت در بازه‌های طولانی دیده می‌شود. در رودخانه کارون بهترین حالت از این الگوی رودخانه بین بند قیر تا نیروگاه برق رامین به چشم می‌خورد، که طول این بازه حدود ۱۴ کیلومتر است (شکل ۴).

1. Straight Pattern

نشان می‌دهد که میزان و طول مئاندرهای این بازه در دوره یاد شده افزایش یافته است. زاویه متوسط این بازه نسبت به شمال جغرافیایی ۲۲۹/۷۱ درجه است و تغییرات مئاندری زیادی در آن مشاهده می‌شود. چهارمین بازه مطالعاتی از فارسیات تا دارخوین به طول ۶۲/۸۲ کیلومتر امتداد یافته است. متوسط تغییرات جانبی آن در چهار دوره بررسی، بین ۲۱۶ تا ۳۰۰ متر است. زاویه متوسط این بخش نسبت به شمال جغرافیایی ۱۷۵/۹۱ درجه، و بازه‌ای مئاندری است. پنجمین بازه رودخانه کارون بازه‌ای مستقیم است به طول ۱۲/۷۷ کیلومتر، که میزان تغییرات کانال آن بسیار اندک است. تغییرات جانبی این کانال بین ۵۹ تا ۱۱۵ متر و زاویه مسیر آن نسبت به شمال جغرافیایی ۲۲۷/۵۹ درجه است. ششمین بازه از دارخوین تا مارد به طول ۲۱/۸۱ کیلومتر امتداد دارد. میزان متوسط تغییرات جانبی آن بین ۴۲۳ تا ۴۰۰ متر است. هفتمین بازه - که آخرین آنهاست - به طول ۲/۳۲ کیلومتر از مارد تا دهانه اروندرود امتداد یافته و دارای الگوی تقریباً مستقیم است و تغییرات جانبی آن از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ بین ۳۰ تا ۴۸ متر است. زاویه مسیر کانال این بازه نسبت به شمال جغرافیایی حدود ۲۳۳/۸۲ درجه است (جداول ۲ و ۳).

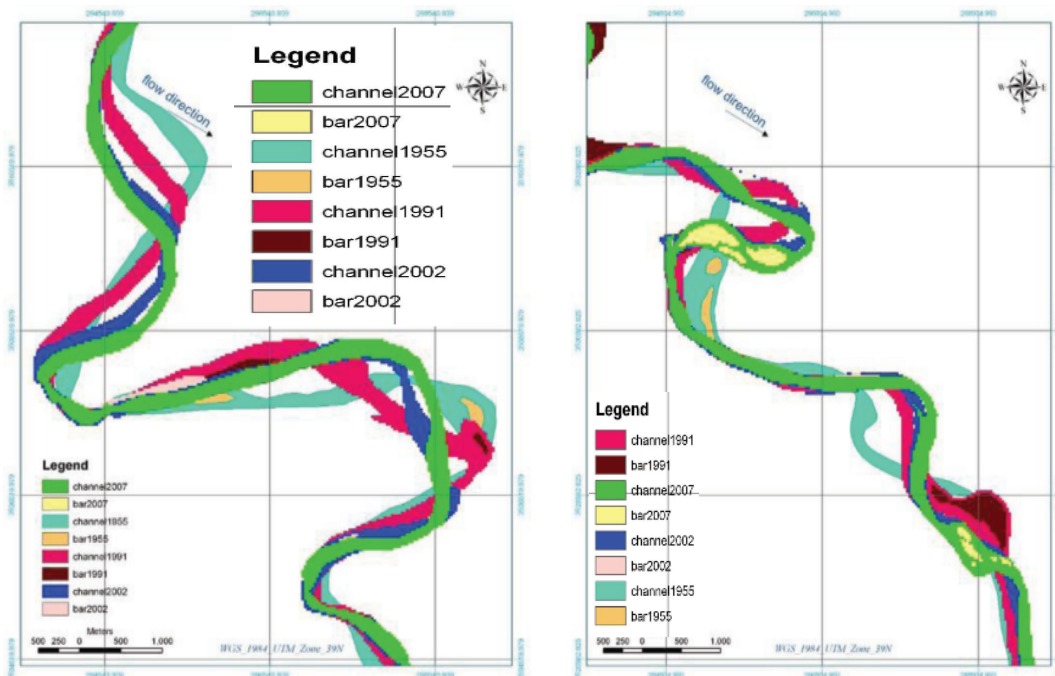
بازه شماره یک به طول ۶۶/۵۱ کیلومتر از جنوب شهر شوشتر تا محدوده بند قیر امتداد دارد. این بازه در بیشتر مسیر دارای خصوصیات کانال‌های شریانی است و طولانی‌ترین بازه مطالعاتی به‌شمار می‌آید. میزان متوسط جابه‌جایی جانبی آن بین ۱۲۸۰ تا ۱۴۷۸ متر از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ است. میانگین زاویه آزیموت این قسمت ۱۶۸/۲۵ درجه نسبت به شمال جغرافیایی است. در طول چهار دوره بررسی این بازه حداکثر جابه‌جایی جانبی در سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱ نسبت به سایر دوره‌ها صورت گرفته است و حدود ۱۲۶۰ تا ۱۱۸۰ متر است (شکل ۵). در حالی که بین سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ متوسط تغییرات جانبی آن حدود ۵۰ متر است. بازه دوم از ملاثانی تا بند قیر به طول حدود ۱۲/۷ کیلومتر کشیده شده و بازه‌ای مستقیم است. متوسط تغییرات جانبی آن بین ۱۷ تا ۳۵ متر در دوره‌های مطالعه است و تغییرات مسیر کانال در بین دوره‌های مورد بررسی بسیار کم است. متوسط زاویه این بازه نسبت به شمال جغرافیایی ۱۸۴/۲۸ درجه است. سومین بازه رودخانه از ملاثانی تا شهر اهواز امتداد یافته و بازه‌ای مئاندری به طول ۱۱۹/۵۷ کیلومتر است. میزان متوسط تغییرات جانبی کانال رودخانه بین ۳۶۰ تا ۴۰۱ متر است. میزان تغییرات طول کانال رودخانه از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷،

جدول ۲. تغییرات متوسط زاویه مسیر کانال بازه‌های رودخانه کارون نسبت به شمال جغرافیایی

reach	CompassA 1955	CompassA1991	CompassA 2002	CompassA 2007	mean
۱	۱۶۸/۳۹	۱۶۸/۲۸	۱۶۸/۱۶	۱۶۸/۱۹	۱۶۸/۲۵
۱	۱۸۴/۲۴	۱۸۴/۲۶	۱۸۴/۳۴	۱۸۴/۲۷	۱۸۴/۲۸
۱	۲۲۹/۷۰	۲۲۹/۷۱	۲۲۹/۶۸	۲۲۹/۷۵	۲۲۹/۷۱
۴	۱۷۵/۹۶	۱۷۵/۹۰	۱۷۵/۹۱	۱۷۵/۸۶	۱۷۵/۹۱
۵	۲۲۷/۴۰	۲۲۷/۶۴	۲۲۷/۶۹	۲۲۷/۶۴	۲۲۷/۵۹
۶	۱۸۰/۳۱	۱۸۰/۲۳	۱۸۰/۲۱	۱۸۰/۲۶	۱۸۰/۲۵
۷	۲۳۳/۷۱	۲۳۳/۸۷	۲۳۳/۸۹	۲۳۳/۸۹	۲۳۳/۸۴

جدول ۳. تغییرات طولی رودخانه کارون در بازه‌های مطالعاتی از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷

reach	AveLen1955	AveLen1991	AveLen2002	AveLen2007	mean
۱	۶۱/۹۶۱	۶۶/۴۷	۶۸/۳۹	۶۹/۲۱	۶۶/۵۱
۲	۱۲/۷۸	۱۲/۶۸	۱۲/۷۱	۱۲/۷۱	۱۲/۷۲
۳	۱۱۷/۳۱	۱۱۹/۴۷	۱۲۰/۷۶	۱۲۰/۷۵	۱۱۹/۵
۴	۷۳/۷۸	۷۷/۲۶	۷۹/۰۸	۷۹/۹۹	۶۲/۸۲
۵	۱۲/۷۳	۱۲/۷۸	۱۲/۷۸	۱۲/۷۸	۱۲/۷۷
۶	۲۱/۲۹	۲۱/۹۶	۲۱/۹۶	۲۲/۰۴	۲۲/۸۱
۷	۲۲/۲۴	۲۲/۳۰	۲۳/۳۲	۲۲/۴۱	۲۲/۳۲

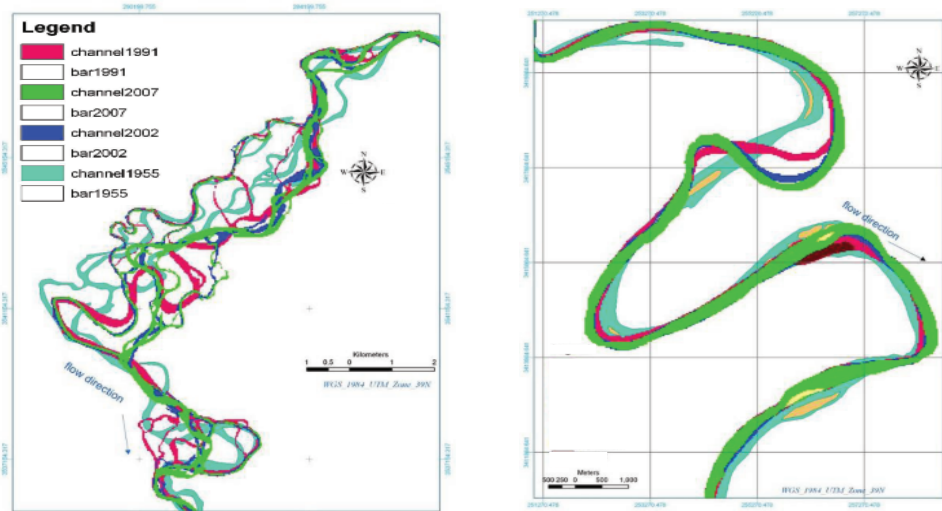


شکل ۵. تغییرات کانال رودخانه کارون در بازه نخست، در فاصله سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷

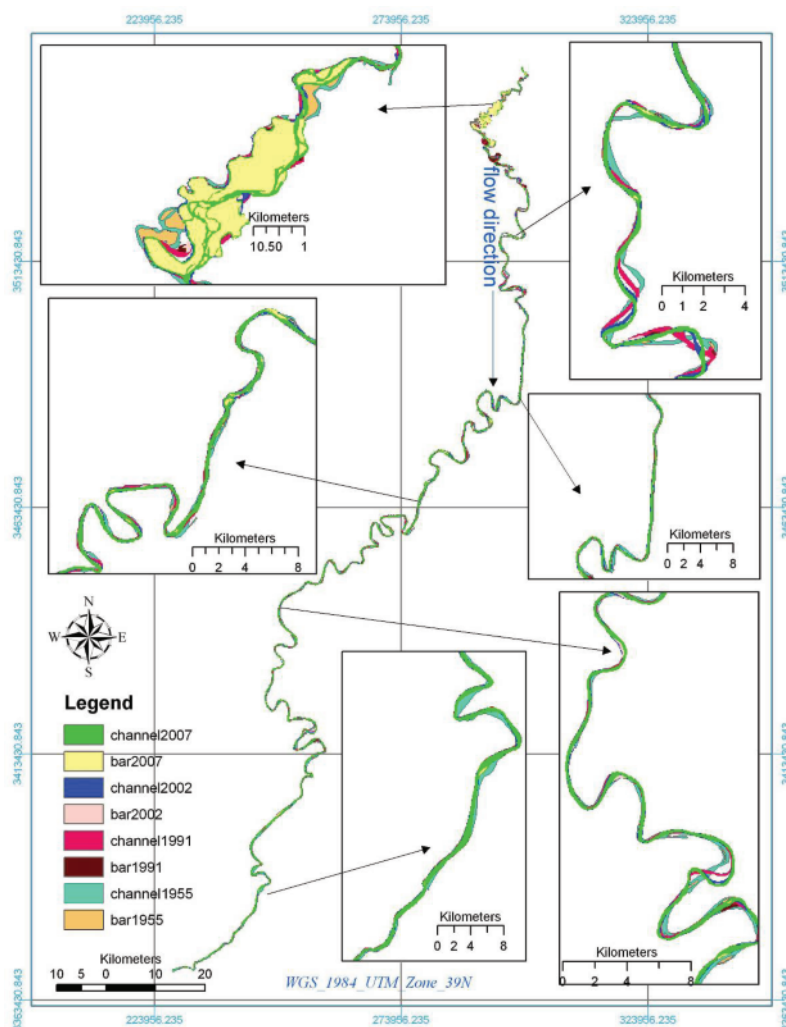
شماره سه، چهار و شش) بیشترین میزان تغییرات و جابه‌جایی را دارند، در حالی که بازه‌های مستقیم (دوم، پنجم و هفتم) ثبات بیشتری در مقایسه با دیگر بازه‌ها دارند (شکل ۷).

در واقع می‌توان گفت که الگوی کانال رودخانه با توجه به زیرساخت‌های توپوگرافیک، زمین‌شناختی و هیدرولوژیک مشخص‌کننده الگوی کانال رودخانه و در نهایت میزان تغییرات و جابه‌جایی مسیر رودخانه است.

در مجموع در بین بازه‌های مورد بررسی در این مقاله در دوره ۵۲ ساله، بیشترین میزان تغییرات جانبی کانال رودخانه کارون مربوط به بازه شماره یک (شکل ۵ و ۶) و کمترین آن مربوط به بازه شماره دو است. از لحاظ الگوی کانال رودخانه و ارتباط آن با میزان تغییرات، مشاهدات و بررسی نقشه‌های تاریخی نشان می‌دهد که الگوهای شریانی (بازه شماره یک) در مرحله نخست و سپس الگوهای مئاندری (بازه‌های

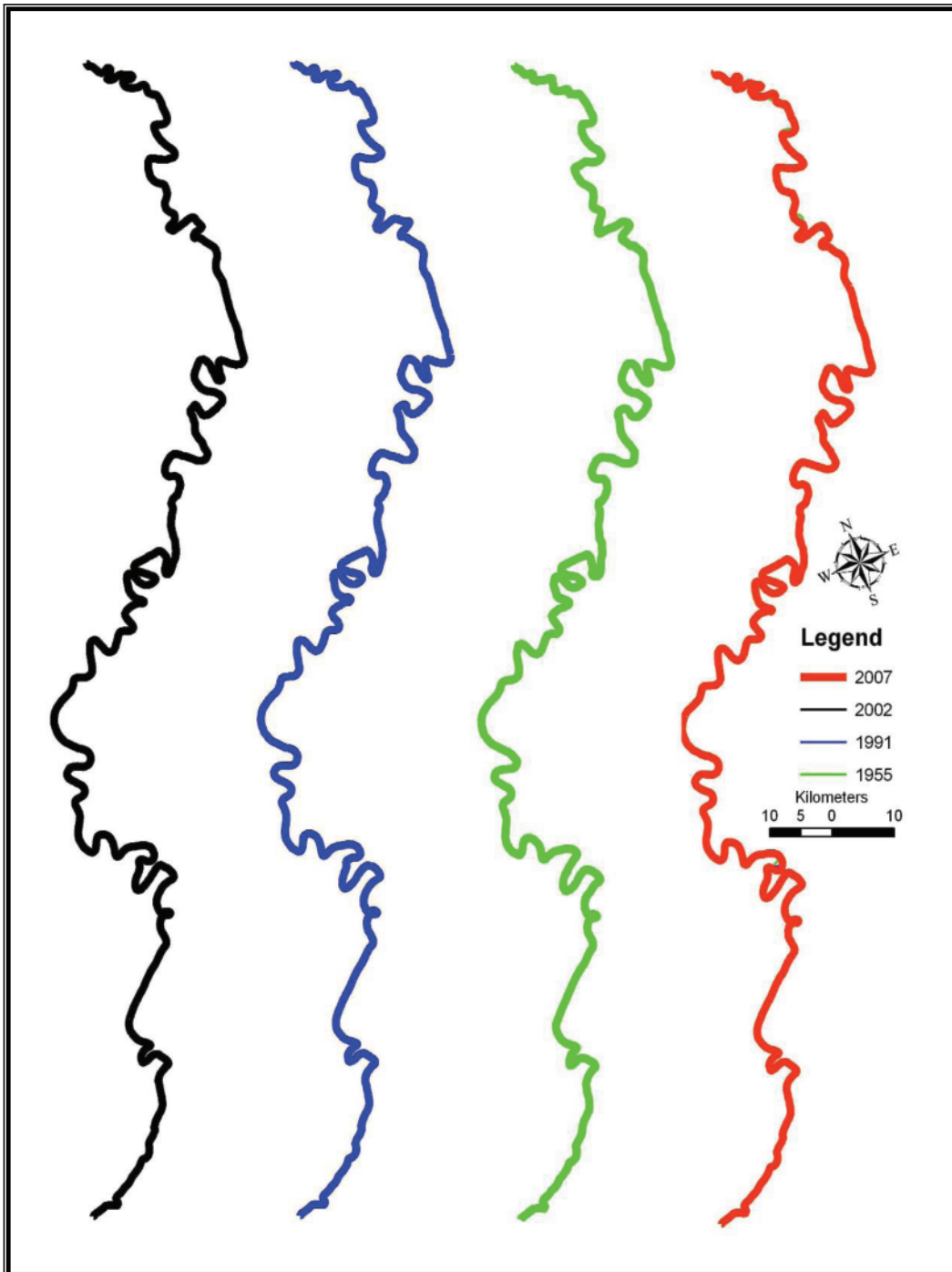


شکل ۶. تغییرات کانال رودخانه کارون در بازه چهارم سمت راست و بازه شریانی نخست، از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷



شکل ۷. تغییرات کل بازه‌های رودخانه کارون از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷

آشکارسازی تغییرات ژئومورفیک مسیر رودخانه کارون، با استفاده از داده‌های GIS و RS (بازه شوشتر تا اروندرود)



شکل شماره ۸. مسیر رودخانه کارون در چهار دوره مطالعه

۴- نتایج و بحث

برایس (۱۹۸۴) از عکس‌های هوایی برای بررسی تغییرات رودخانه‌های ایالات متحد استفاده کرد و به طبقه‌بندی الگو و شکل مماندرها پرداخت. این در حالی است که پژوهش حاضر تغییرات رودخانه‌ای را با استفاده از ترکیب داده‌های مختلف بررسی کرده، که نتایج به دست آمده آن با واقعیت‌های زمینی مطابقت دارند؛ و در واقع به طبقه‌بندی نمی‌پردازد. در پژوهش لوکیانلی، چی‌خی‌لو و ژونگیان (۲۰۰۵) که در مورد رودخانه یانگ تزه چین صورت گرفت، تغییرات کانال رودخانه در طی ۵۰ سال براساس تغییرات عرض کانال رودخانه و مساحت بارهای رودخانه‌ای انجام شد و طبقه‌بندی این عوارض و تغییرات آنها بررسی گردید. حال آنکه این پژوهش بیشتر تغییرات عرضی کانال رودخانه را بررسی کرده است. در جایی دیگر، شجاعیان (۱۳۸۴) بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ به بررسی تغییرات مماندرهای رودخانه کارون پرداخته و برآوردی از تغییرات کانال رودخانه در این محدوده براساس منطق فازی انجام داده است؛ در حالی که مقاله حاضر تغییرات رودخانه کارون را در ۵۲ سال (از ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷) بررسی کرده و تصویر بهتری از روند تغییرات مماندرها به دست داده؛ و در آن از ترکیب روش‌های مختلف سنجش از دور و GIS استفاده شده است.

افزون بر اینها، تلوری (۱۳۷۳) بخشی از رودخانه کارون را از نظر تغییرات مماندرها مورد بررسی قرار داده و از روش برازش دوایر مماس بر رودخانه برای بررسی تغییرات پلان رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴، ۱۳۴۰ و ۱۳۵۱ استفاده کرده است. این بررسی نشان می‌دهد که تغییرات رودخانه کارون پس از احداث سد‌های دز و شهید عباس‌پور بدون تغییر باقی مانده، که خود ناشی از تثبیت دبی و رسوب رودخانه است. در حالی که نتایج مقاله مذکور نشان از آن دارند که تغییرات رودخانه هر چند در کوتاه‌مدت تغییری نداشته اما در درازمدت تغییرات رو به فزونی نهاده‌اند. بنابراین این دوره‌های کوتاه‌مدت، بررسی تغییرات رودخانه پس از احداث

سد‌ها، نمی‌تواند نتایج را به درستی بیان کند؛ و در کوتاه‌مدت نیز باید با احتیاط در مورد تغییرات رودخانه‌ای پایین‌دست سد‌ها به بحث پرداخت.

برجسته (۱۳۸۳) نقش روندهای ساختار زمین‌شناسی را در تغییرات رودخانه کارون بررسی کرده، در حالی که این پژوهش به طور صرف ساختارهای زمین‌شناسی را مورد بررسی قرار نداده و به مطالعه تغییرات مورفولوژیک و هندسی رودخانه پرداخته است - هر چند که نتایج در برخی از موارد نیز مشابه‌اند. آزدری و رستمی (۱۳۸۴) الگوی تغییرات کارون در شهر اهواز را با توجه به تکتونیک بررسی کرده‌اند و نقش طاق‌دیس اهواز را در تغییرات رودخانه مطالعه کرده‌اند؛ اما این پژوهش به بررسی کل کارون در دشت خوزستان می‌پردازد و نمای کامل‌تری از تغییرات منطقه‌ای رودخانه در دشت آبرفتی خوزستان به دست می‌دهد. در بررسی دیگر، جواهری (۱۳۸۴) تغییرات رودخانه کارون را بررسی کرده، و روش‌های هیدرولوژیک و سنجش از دور را به کار گرفته و مناطق تغییر رودخانه را تعیین کرده است. این در حالی است که به تغییرات عرضی رودخانه در مقایسه با دوره‌های قبل نپرداخته است؛ لیکن این پژوهش با تأیید نتایج آقای جواهری، به مقایسه دوره‌های بررسی تغییرات در دوره درازمدت می‌پردازد و دید کامل‌تری از تغییرات را به دست می‌دهد.

در مجموع، نتایج این روش و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان از آن دارند که بازه‌های مماندگی از سال ۱۳۳۴ تا ۲۰۰۷ تمایل بالاتری به تغییرات طولی و افزایش مسیر دارند. این حالت را می‌توان در بازه‌های شماره سه و چهار مشاهده کرد و این میزان بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر در نوسان است. هر جا که میزان مماندگی افزایش می‌یابد تغییرات طولی رودخانه نیز فزونی می‌گیرد، به طوری که این افزایش طول و افزایش میزان سینوسیتی سبب افزایش میزان تهدید تأسیسات حاشیه رودخانه شده، به طوری که بخش‌های زیادی از جاده شوشتر به اهواز و اهواز به خرمشهر در

سمت شریانی شدن، میزان تغییرات نیز بیشتر می‌شود. این امر نشان‌دهنده دقت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است، زیرا در جایی که انتظار جابه‌جایی وجود دارد نتایج به درستی استخراج شده‌اند و با واقعیت‌های ژئومورفولوژیک رودخانه‌ای نیز مطابقت دارند.

در طول دوره ۵۲ ساله بررسی محدوده مطالعاتی، طول رودخانه افزایش یافته است و مئاندرهای رودخانه بیشتر پیچ خورده‌اند، و این امر احتمال میانبری پیچ‌ها را در آینده افزایش می‌دهد. در میان بازه‌های بررسی شده، رابطه مستقیمی بین الگوی کانال رودخانه و تغییرات جانبی کانال آن برقرار است و هر جا که مسیر رودخانه به سمت شریانی شدن میل می‌کند، تغییرات رودخانه نیز بیشتر می‌شود. این حالت در بین بازه‌های مئاندری نیز وجود دارد. بازه‌های مستقیم بیشترین میزان پایداری کانال رودخانه را دارند و کمترین جابه‌جایی در آنها مشاهده می‌شود.

۶- منابع

Aleyasin, 2000, **River Engineering on Karoon and Dez Rivers**, Power Ministry, National committee of great dams of Iran.

Alvinejad, S., Ghanavati, E., 2004, **Geomorphologic and Landuse Change Detection of Khor-e Mosa (Bandar-e Emam Khomaini and Mahshahr) Using GIS & RS**, M.A. thesis, Tarbiat Moalem university, Tehran.

Barjaste, A., 2005, **The Role of Basic Structure Trend on Karoon, Karkhe and Dez River Morphology in Khuzestan Province**, Khuzestan Water & Power Authority.

Brice, J.C., 1974, **Evolution of Meander Loops**, Geological Society of America Bulletin, Vol. 85, p. 581-586.

معرض تخریب قرار گرفته است. همچنین بازه‌های مستقیم که سینوسیته یا ضریب خمیدگی کمتری دارند، فاقد تغییرات طولی زیاد در بین دوره‌های مطالعه‌اند و در تمامی دوره‌ها کمترین مقدار تغییر طولی را نشان می‌دهند. مثلاً مسیر رودخانه کارون از کنار نیروگاه رامین به طول ۱۰ کیلومتر حداقل تغییرات را دارد و روش‌های بررسی تغییرات در این مقاله، این موضوع را اثبات می‌کند که چنین حالتی در بازه شماره ۲ دیده می‌شود. در بازه شریانی این رودخانه - که شماره ۱ است - تغییرات طولی بسیار زیادی مشاهده می‌شود که ناشی از تغییرات بالای شیب رودخانه است و در آن تغییرات طولی رودخانه نیز نوسانات زیادی دارند. در واقع در هیچ دوره‌ای ثبات به چشم نمی‌خورد و تغییرات شدیدی، چه از نظر الگوی رودخانه‌ای و چه از نظر تغییرات طولی و عرضی مشاهده می‌شود.

با توجه به بررسی‌ها، کل رودخانه را می‌توان در سه الگو دسته‌بندی کرد: مستقیم، شریانی و مئاندری. نتایج نشان می‌دهند که بین الگوی رودخانه و تغییرات عرضی و طولی رودخانه ارتباط وجود دارد، که این را می‌توان در مقاله‌های دیگر آزمود. در مجموع رودخانه کارون از لحاظ طولی دارای روندی افزایشی است و مسیر آن از سال ۱۳۳۴ تا ۲۰۰۷ به علت سازگاری بستر با تغییرات شیب و رسوب افزایش یافته است. همین امر امکان میانبری و تهدید اراضی و کاربری‌های حاشیه رودخانه را افزایش می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

بررسی داده‌ها، روش‌های مطالعه و بررسی تغییرات رودخانه کارون و نتایج به دست آمده، نشان از آن دارند که استخراج مسیر رودخانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به‌ویژه روش نزدیک‌ترین احتمال برای تعیین محدوده رودخانه، قابلیت تحلیل‌های ژئومورفولوژیک را برای تفسیر تغییرات و جابه‌جایی مسیر کانال رودخانه‌ها دارد. با تغییر الگوی رودخانه به

- Brierley., G.J., Fryirs, K.A. 2005, **Geomorphology and River Management Application of the River Styles Framework**, Blackwell publishing, Oxford.
- Dort, W., Jr., 1978, **Channel Migration Investigation, Historic Channel Change Maps, Kansas River and Tributaries Bank Stabilization Component, Kansas and Osage Rivers**, Kansas Study, U.S. Army Corps of Engineers, Kansas City District.
- DRI (Drinage Research Institute), 2007, **Drainage Water Status in the Nile Delta**, Year Book 2005/2006, Technical Report No., 76. DRI, NWRC, Egypt.
- Javaheri, N., 2005, **Morphologi Change Prediction of Meandering River Using Hydroinformatic Methods (Karoon)**, Ph.D. thesis, Chamran university, Ahvaz.
- Jensen R.J. 2005, **Remoe Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective**, Pearson education, Delhi.
- Khajesahoti, Gh., Shafaie, B.M., 1996, **Survey of One of the Karkhe River Meanders, Forth National Seminar of River Engineering**, Chamran university, Ahvaz.
- Khosravi, Sh., 2003, **Geomorphologic Change Detection of North West Environments of Persian Golf (Hendijan) Using Fuzzy Logic and GIS & RS Techniques**, M.A. thesis, Tarbiat-e Moalem University, Tehran.
- Leopold, L.B. and Wolman, M.G., 1960, **River Meanders**, Geological Society of America Bulletin, Vol. 71, p. 769-794.
- Lunetta, R.S, Elvidge., C.D, 1999, **Remote Sensing Change Detection Environmental Monitoring Methods and Applications**, Taylor & francis ltd, London.
- Michael, P.S., Jerard, J.F., Jacquelyn, M.S., Charles, B.Y., Robert, N.E., Todd, P., Samuel, J.L., 2010, **Watershed Analysis with GIS: The Watershed Characterization and Modeling System Software Application**, Computer and Geosciences 36, 970-976.
- Morris, A.J., Donovan, J.J., Strager, M.P., 2008, **Geospatial Analysis of Climatic and Geomorphic Interactions Influencing Stream Discharge**, Appalachian Mountain, USA, Environmental Modeling and Assessment 14(1), 73-84.
- Morshedi, J., Alavipanah, S.K., **Appearing and Determing Changes of Karron River Using Satellite Data GIS and Fuzzy Logic**, Ph.D. thesis, Islamic Azad University science and research branch, Tehran.
- Rajaei, A.H., 1994, **Applied Geomorphology in Regional Planning and Development**, Ghomes publication, Tehran.
- Rangzan, K., Tavalai, M., Piraste, S., 2002, **Study of River Migration Effects on Civic Structures in Khozestan Plain Using Satellite Data**, sixth seminar of river engineering, Chamran university, Ahvaz.
- Telvari, A., 1992, **River Bank Erosion in Alluvial Plains**, Ministry of jahad-e sazandegi , research institute of forests and rangelands.