

مطالعه تغییرات ژئومورفولوژی بستر رودخانه کارون و علل آن از سال ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۱ (۱۳۳۴ تا ۱۳۹۱)

مریم رشیدی - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات، دانشگاه فردوسی مشهد

سید رضا حسین زاده* - دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات، دانشگاه فردوسی مشهد

عادل سپهر - استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد

حیدر زارعی - استادیار، گروه هیدروولوژی، دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

محمد خانه باد - استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۰۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۴/۰۶

چکیده

مطالعه تغییرات مورفولوژیک رودخانه‌ها و رابطه آن با عوامل تأثیرگذار طبیعی و انسانی به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک ابزار مفید به‌منظور مشخص نمودن روند تکاملی رودخانه‌ها و برنامه‌ریزی درست برای حفاظت و بازسازی رودخانه‌ها شناخته شده است. استان خوزستان با برخورداری از جریان رودخانه‌های دائمی بزرگ، نقش مهمی را در چرخه حیات آب کشور ایفا نموده و سهم قابل توجهی از اهداف توسعه پایدار در بخش آب و کشاورزی را به خود اختصاص داده است. در این میان رودخانه کارون به‌عنوان بزرگ‌ترین رودخانه ایران همه‌ساله حجم آب قابل توجهی را به دشت خوزستان و نهایتاً خلیج فارس روانه می‌سازد. این مطالعه به بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای تجزیه و تحلیل آماری هیدرو اقلیمی و آنالیزهای رسوب‌شناسی در محدوده شهر اهواز می‌پردازد. ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای Landsat و IRS تغییرات مکانی و زمانی بستر رودخانه طی سال‌های ۱۹۵۴، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس به بررسی علل این تغییرات پرداخته شد. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که طی ۵۷ سال تغییرات چشمگیری در مورفولوژی رودخانه از جمله تغییر در عرض رودخانه به‌ویژه در محدوده شهر اهواز، تغییر در ماندرها و ایجاد جزایر رسوبی به وجود آمده است. همچنین آنالیز رسوبات جزایر نشان داد رسوبات تشکیل‌دهنده جزایر حاصل سیلاب‌های متعدد بوده که در محیطی آرام نهشته‌گذاری شده‌اند. علل اصلی ایجاد تغییرات کاهش دبی به دلیل ساخت سدهای متعدد در بالادست، ساخت پل‌های متعدد در مسیر رودخانه به‌ویژه در محدوده شهر اهواز، عوامل زمین‌شناسی و پوشش گیاهی می‌باشد. به‌طور کلی انسان و دخالت‌های آن مهم‌ترین عامل تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه کارون می‌باشد.

واژگان کلیدی: رودخانه کارون، جزایر رسوبی، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، بستر رودخانه، اهواز

مقدمه

رودخانه‌ها دارای تعادل دینامیکی می‌باشند اما با توجه به نوسانات دبی و رسوب در زمان و مکان‌های متفاوت و از نظر طولی و عرضی تغییر پیدا می‌کنند و به‌طور مداوم در حال تنظیم مسیر خود می‌باشند. این تغییرات تنظیم‌کننده و محرک دینامیک زیست‌محیطی است که تنوع سیستم‌های طبیعی را به عهده می‌گیرد. از این رو تغییرات طبیعی می‌باشد و به‌عنوان یک بخش حیاتی از سیستم رودخانه عمل می‌کند. اما فعالیت‌های انسانی می‌تواند به‌طور بالقوه بر روی تغییرات رودخانه تأثیرگذار باشد (الرو^۱، ۲۰۰۹: ۲۴۷). مطالعه تغییرات مورفولوژیک رودخانه‌ها و رابطه آن با عوامل تأثیرگذار طبیعی و انسانی به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک ابزار مفید به‌منظور مشخص نمودن روند تکاملی رودخانه‌ها و برنامه‌ریزی درست برای حفاظت و بازسازی رودخانه‌ها شناخته شده است. تغییرات مورفولوژیک شامل تغییرات بستر رود که خود در نتیجه فرسایش و رسوب‌گذاری است و همچنین تغییر شکل رودخانه با توجه به کانال، عرض، موقعیت و الگوی رودخانه، می‌باشد (کریکی^۲ و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۱۰۶). تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای از سواحل رودخانه که به دلایل طبیعی (مثل تغییرات آب‌وهوا) و یا تأثیرات انسانی (مثل برداشت آب، سدسازی و یا برداشت رسوب) رخ می‌دهد، ممکن است باعث تغییر شکل مورفولوژیک رودخانه در درازمدت شود و در نهایت رودخانه بخش‌های بزرگی از حوضه خود را از دست بدهد (دی سیلویو و نونس^۳، ۲۰۱۳: ۱) بررسی تأثیرات عوامل طبیعی و انسانی بر روی حوضه آبخیز و کانال رودخانه، به‌صورت جداگانه بسیار دشوار است به‌ویژه زمانی که این دو عامل باهم ترکیب شده باشند (کریکی و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۱۰۶). شکل‌گیری جزایر آبرفتی یک فرآیند طبیعی است که تحت تأثیر هیدرولوژی و میزان انتقال رسوب در سیستم است که در نتیجه رسوب‌گذاری مواد درشت‌تر از بار معلق تشکیل می‌شوند. مطالعه نحوه تشکیل جزایر درک اساسی به بررسی روند مورفولوژیک رودخانه‌ها به ما می‌دهد. عدم توانایی رودخانه برای جابه‌جایی بار بستر و انباشته شدن آن شکل اولیه جزیره را به وجود می‌آورد و پس از رسوب‌گذاری بیشتر در جهت طولی و عرضی گسترش می‌یابد (رسلن و سالاما^۴، ۲۰۱۵: ۷۷). استان خوزستان با برخورداری از جریان رودخانه‌های دائمی بزرگ، نقش مهمی را در چرخه حیاتی آب کشور ایفا نموده و سهم قابل‌توجهی از اهداف توسعه پایدار در بخش آب و کشاورزی را به خود اختصاص داده است. در این میان رودخانه کارون به‌عنوان بزرگ‌ترین رودخانه ایران همه‌ساله حجم آب قابل‌توجهی را به دشت خوزستان و نهایتاً خلیج فارس روانه می‌سازد (دموندی نژاد منفرد، ۱۳۷۸: ۴). در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در زمینه تغییرات ژئومورفولوژیک رودخانه‌ها در سراسر جهان صورت گرفته است. یانگ^۵ و همکاران (۱۹۹۹) تحقیقی در زمینه آشکارسازی تغییرات خط ساحلی رودخانه زرد چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند. نتیجه این تحقیق نشان داده که رودخانه از حالت شریانی مستقیم به ماندردی ضعیف تغییر شکل داده است. البته میزان این تغییرات در سرتاسر رودخانه به یک‌شکل نبوده و در بعضی از نقاط بستر ماندردی‌های توسعه‌یافته شکل گرفته است. هام و چارچ^۶ (۲۰۰۲) به مطالعه و توسعه نوار جزایر ماسه‌ای رودخانه فریزر^۷ در کلمبیا در طول قرن بیستم پرداختند. آن‌ها دریافتند که سیلاب کمتر از حد متوسط بین سال‌های ۱۹۷۷ و ۲۰۰۲ باعث رشد پوشش گیاهی بر روی سطوح کناری جزایر قدیمی شده و در نتیجه جزایر جدید را ایجاد می‌کند. به‌علاوه مواد رسوبی به‌طور فزاینده‌ای در طول یا مجاورت ساحل یا سطوح جزایر در کانال اصلی به‌جای گذاشته می‌شوند. در نتیجه جزایر در اندازه‌های مختلف رشد کرده و باعث کم شدن عمق کانال و تنگ شدن عرض آن

1 - Ollero

2 - Clerici

3 - Di Silvio and Nones

4 - Raslan and Salama

5 - Yang

6 - Ham and Charch

7 - Fraser

می‌شوند. اورفی^۱ و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی ویژگی‌های هیدرولیکی و مورفولوژیکی بالادست و پایین‌دست رودخانه پارانا^۲ واقع در آرژانتین و برزیل را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه ویژگی‌های هیدرولیکی، مورفولوژیکی و رسوب‌شناسی به‌منظور ارزیابی میزان تغییرات پارامترهای موردنظر تحلیل شد و نقش شاخه‌های فرعی رودخانه بر میزان دبی جریان و دبی رسوب به‌مورد بررسی قرار گرفت. برتولدی^۳ و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای نقش تغییرات مورفولوژیکی حادث‌شده به‌وسیله جریان‌های عادی و سیلابی را در رودخانه تاقلیمانتو^۴ در ایتالیا مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها نشان دادند که وقتی جریان معمولی در رودخانه وجود دارد، بستر رودخانه نسبت به نوع جریان منطبق می‌گردد و اشکال مورفولوژیکی منطبق با آن جریان شکل می‌گیرد؛ اما تغییرات مورفولوژیکی حادث‌شده به‌وسیله ۶ سیلاب نسبتاً بزرگ چشم‌گیر بوده و تغییرات بزرگی در مقطع عرضی بستر بعد از وقوع هر سیل رخ داده است. این مطالعه رابطه بسیار خوبی را بین اوج دبی و پهنای فعال و میانگین تغییرات بستر را نشان داده است. همچنین تغییرات عرضی کانال بعد از وقوع هر سیل مشخص گردید و پایش جریان در حالت دبی‌های متفاوت نشان داد که تفاوت‌های بسیار اساسی در حالت جریان معمولی و جریان‌های سیلابی (جریان‌هایی با دوره بازگشت بیشتر از ۲ سال) وجود دارد. الرو^۵ (۲۰۱۵) با بررسی تغییرات کانال و مدیریت دشت سیلابی و مآندره‌های رودخانه ابرو در اسپانیا شاهد تغییرات قابل‌توجهی در مورفولوژی کانال، بار بستر، پوشش گیاهی ساحلی و دشت سیلابی در بیش از ۸۰ سال گذشته بود. تغییرات چشمگیری که توسط دخالت‌های انسانی انجام‌شده کاهش زیادی در منطقه ساحلی تحت پوشش آب نشان داده است و به‌طور کلی به این نتیجه رسید که تغییرات کاربری اراضی در کل حوضه، ساخت سیل بندها در کانال اصلی و تغییر سیستم رودخانه نیاز به یک برنامه‌ریزی و مدیریت درست برای بهبود و کاهش خطر را نشان می‌دهد. کریکی^۶ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه تارو در شمال ایتالیا در دو قرن اخیر پرداختند. به‌طور کلی با بهره‌گیری از تجزیه‌وتحلیل پارامترهای مورفولوژیک و مستندات تاریخی مثل نقشه و عکس‌های هوایی، شناسایی تغییرات کانال نشان داد که بیشترین تغییرات را انسان ایجاد کرده است و باعث تنگ‌شدگی مقطع کانال رودخانه به دلیل استفاده از بستر رودخانه برای مقاصد کشاورزی و صنعتی، ساخت پل‌های متعدد و ساحل‌سازی شده است. در ایران نیز مطالعاتی انجام‌شده است که به چند نمونه از آن اشاره خواهد شد. شاهی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۵) تحقیقی با عنوان بررسی هیدرولیکی رودخانه کارون انجام داده و به این نتیجه رسیدند که برای افزایش ظرفیت آبدگری رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز که حدود ۳۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد، لزوم اجرای طرح‌های مناسب برای ساماندهی رودخانه از جمله لایروبی و طرح انحراف آب ضروری است. قاسمی قهساره و همکاران (۱۳۹۰) تحقیقی با عنوان بررسی اثرات تغییر محیط رسوبی بر پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک بازه اهواز تا خرمشهر انجام دادند و نتیجه گرفتند که محدوده مورد مطالعه از رودخانه کارون به دلیل وضعیت‌های خاص مورفولوژی و هیدرولوژی خود دارای شرایط رسوب‌گذاری متفاوتی بوده و این امر بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی نهشته‌های رودخانه‌ای تأثیرگذار بوده است. با توجه به رسوب‌گذاری، تشکیل و توسعه جزایر رسوبی در رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز؛ این مطالعه با پرداختن به بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی رودخانه، استفاده از تجزیه‌وتحلیل آماری هیدرو اقلیمی و آنالیزهای رسوب‌شناسی به دنبال رسیدن به- میزان تغییرات ایجادشده در رودخانه کارون و همچنین علت ایجاد و توسعه جزایر رسوبی به وجود آمده در محدوده شهر اهواز است. با توجه به تحقیقاتی که انجام‌شده است در این پژوهش سعی گردیده در ادامه بررسی‌های انجام‌شده علاوه بر

¹ -Orfeo

² -Parana

³ - Bertoldi

⁴ -Taqlymanto

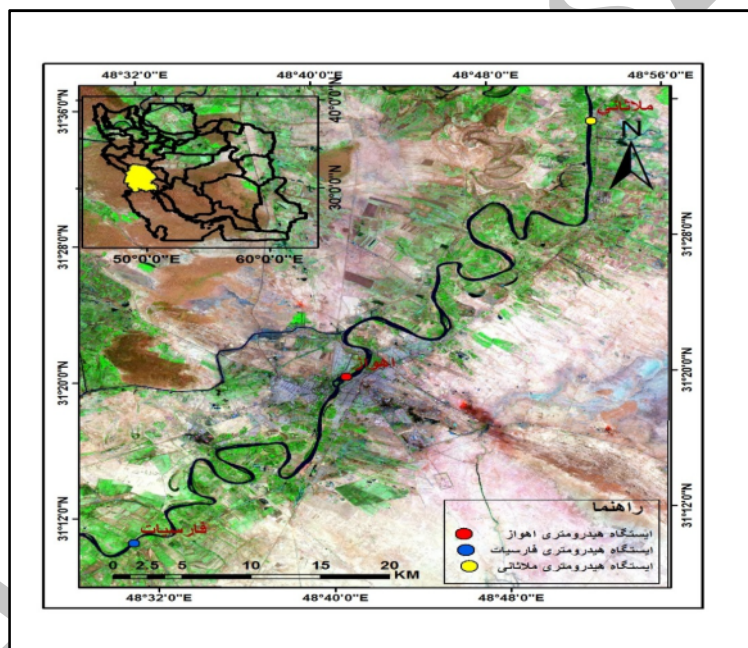
⁵ - Ollero

⁶ - Clerici

مستندسازی تغییرات به وجود آمده در بستر رودخانه کارون به مطالعه توزیع جغرافیایی، روند تغییرات، علت و پیامدهای تشکیل جزایر پرداخته شود.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، بین $31^{\circ} 25'$ تا $31^{\circ} 25'$ عرض شمالی و $48^{\circ} 30'$ تا $48^{\circ} 50'$ طول شرقی در جلگه هموار خوزستان واقع شده است. از لحاظ ساختمانی جزء واحد زاگرس چین نخورده ولی از نظر زمین ساخت ورقه‌ای بخشی از صفحه عربستان محسوب می‌شود (علائی طالقانی، ۱۳۸۴: ۱۴۴). سازندهای کنگلومرای بختیاری پلیوسن، سازند آغاچاری (مارن، سیلت و ماسه‌سنگ) اولیگوسن - میوسن و آبرفت کواترنر سازندهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند (نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اهواز). بازه مورد مطالعه از رودخانه کارون به طول تقریبی ۱۱۰ کیلومتر از بالادست شهر اهواز یعنی شهر ملاثانی شروع می‌شود و تا پایین دست شهر اهواز به منطقه فارسیات منتهی می‌گردد (شکل ۱). در این قلمرو ایستگاه‌های هیدرومتری ملاثانی، اهواز و فارسیات رژیم آبی رودخانه را ثبت می‌نمایند.



شکل ۱: الف: نقشه محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

بازه زمانی مورد مطالعه برای بررسی تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه ۵۷ سال و از ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۱ می‌باشد. مراحل انجام تحقیق را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

۱- مطالعه مقدماتی شامل تشریح اولیه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای که برای بررسی تغییرات هیدروژئومورفولوژی رودخانه انجام شد. عکس‌های هوایی شامل عکس‌های ۵۵۰۰۰:۱ سازمان جغرافیایی کشور، سال ۱۳۳۴ و تصاویر ماهواره‌ای شامل تصاویر لندست ۷ سال ۲۰۰۰، تصاویر IRS سال ۲۰۱۱ و تصاویر دریافتی از نرم‌افزار گوگل ارث^۱ بود.

^۱ - Google Earth

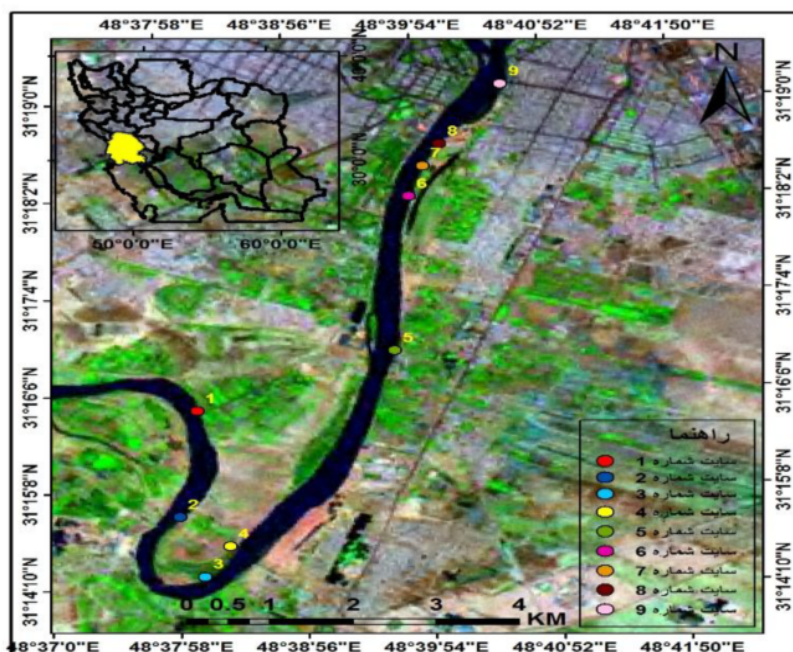
۲- استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برگه‌های اهواز، ملاثانی و بستن مرز حوضه آبریز؛ سپس با استفاده از مرز تهیه‌شده تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی منطقه از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح دریافت و در محیط Arc-GIS رقومی شدند و بر اساس آن سایر نقشه‌های جدید مثل نقشه‌های ژئومورفولوژی تهیه گردید.

۳- آمار مربوط به دبی هر سه ایستگاه هیدرومتری و آمار بارش در منطقه مورد مطالعه از شرکت سهامی آب منطقه‌ای خوزستان تهیه گردید. آمار تهیه‌شده شامل دبی ماهانه، دبی سالانه، حداکثر دبی لحظه‌ای و همچنین آمار بارش‌های ماهانه و سالانه در هر سه ایستگاه می‌باشد. سپس به‌وسیله نرم‌افزار Excel آنالیزهای مربوط به رگرسیون خطی و پلی-نومیال مرتبه ۶ انجام شد و نمودارهای میانگین ماهانه و سالانه دبی و میانگین دبی حداکثر لحظه‌ای هر کدام از ایستگاه‌ها از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۹۲ رسم گردید. محاسبات بارش و رسم نمودارها نیز به همین ترتیب با استفاده از رگرسیون خطی و پلی‌نومیال مرتبه ۶ رسم و سپس برای محاسبات تأثیر خشک‌سالی بر دبی از ضریب^۱ SPI استفاده گردید و نمودارهای میانگین خشک‌سالی نیز در نرم‌افزار اکسل ترسیم شد.

۴- بازدیدهای اولیه طی چندین مرحله برای شناخت بهتر و بیشتر از منطقه انجام شد و پس از آن برداشت نمونه رسوب از جزایر در فروردین ۱۳۹۴ به صورت انتخابی و در جزایری که امکان ورود به آن وجود داشت انجام شد (شکل ۲). پس از انتقال رسوبات به آزمایشگاه یک عمق از رسوبات (۲۵ سانتی‌متر) مورد آنالیز قرار گرفت. پس از آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel نمودارهای مورد نیاز از جمله درصد تجمعی و درصد فراوانی و گرانولومتری رسوبات ترسیم گردید. سپس سایر پارامترهای مربوط به بافت رسوبات، نام رسوبات، توصیف کج شدگی، جور شدگی و غیره مشخص گردید.

۵- بررسی تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه که ابتدا عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ را با استفاده از نرم‌افزار Erdas ژئورفرنس کرده و پس از آن موزاییک شد. سپس عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار Arc GIS تبدیل هندسی شد و به سیستم مختصات مشترکی وارد گردید. مسیر رودخانه در هر تصویر رقومی و بر اساس انطباق آن‌ها میزان تغییرات به صورت کمی تجزیه و تحلیل شد. ابتدای امر جهت آشنایی با ژئومورفولوژی رودخانه، مسیر رودخانه کارون به صورت بازدیدهای میدانی مورد بررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور: ۱۳۳۴)، تصاویر ماهواره‌ای (ماهواره لندست ۷، سال ۲۰۰۰، ماهواره IRS، سال ۲۰۱۱) در سه بازه زمانی نقشه ژئومورفولوژی رودخانه کارون در محدوده مورد نظر که به چهار قطعه تقسیم شده بود، تهیه و سپس با استفاده از این نقشه‌ها بررسی و تفسیر تغییرات ایجادشده در رودخانه و جزایر مورد مطالعه انجام گرفت. بازه اول از شهر ملاثانی تا ویس، بازه دوم از شهر ویس تا روستای سید عامر، بازه سوم از روستای سید عامر تا پل ششم اهواز و در نهایت بازه چهارم از پل ششم اهواز تا روستای موران می‌باشد.

^۱ - Standard precipitation index

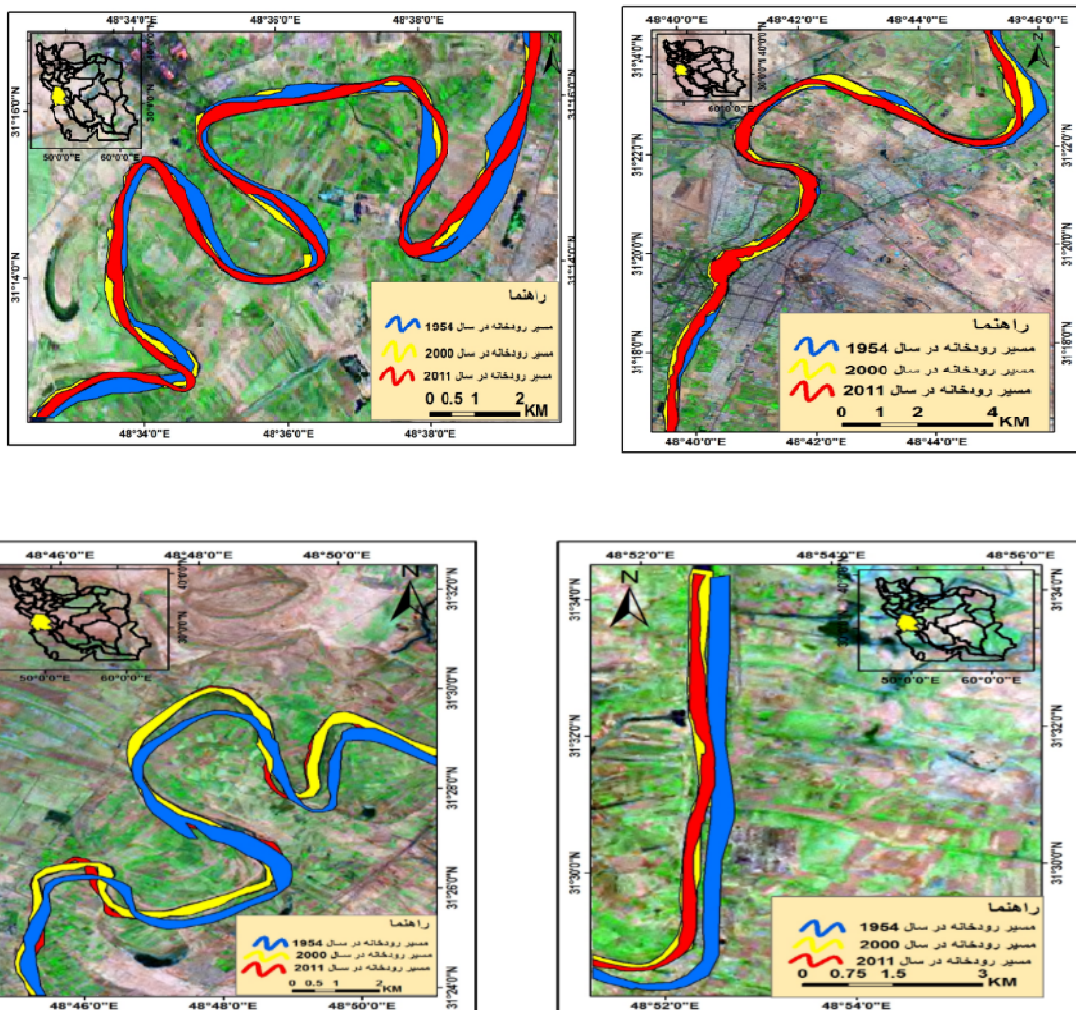


شکل ۲: نقشه موقعیت سایت‌های برداشت نمونه رسوب از جزایر رودخانه کارون

نتایج و بحث

بررسی تغییرات ژئومورفولوژی بستر رودخانه کارون

تغییرات به وجود آمده در رودخانه کارون طی بازه زمانی مورد مطالعه شامل تغییرات طولی، عرضی و همچنین تغییرات در ژئومورفولوژی بستر رودخانه می‌باشد. مسیر رودخانه از سال ۱۳۳۴ که مبنای بازه زمانی مورد مطالعه بوده است تا سال ۱۳۹۱، تغییرات و جابه‌جایی‌های بسیاری را متحمل شده است. (شکل ۳) با توجه به مقاطع عرضی رودخانه که مقادیر آن در جدول شماره ۱ آورده شده است، مشاهده می‌شود که تغییرات عرضی کانال رودخانه بسیار زیاد بوده است. میانگین تغییرات نشان می‌دهد که در مجموع در بین بازه‌های مورد مطالعه در این پژوهش در دوره ۵۷ ساله کمترین میزان تغییرات عرضی رودخانه در بازه اول با میانگین ۳۳۰ متر و بیشترین میزان تغییرات عرضی در بازه سوم رودخانه یعنی در محدوده شهری اهواز با میانگین ۴۳۰ متر می‌باشد. از نظر الگوی کانال رودخانه و ارتباط آن با میزان تغییرات مشاهده شده در مرحله دوم و بررسی نقشه‌های تاریخی نشان می‌دهد که الگوی شریانی (بازه شماره ۲) در مرحله اول و الگوی متاندیری (بازه شماره سه و چهار) بیشترین تغییرات و جابه‌جایی را دارا می‌باشند در حالی که در بازه‌های مستقیم (بازه شماره ۱) از ثبات بیشتری نسبت به دیگر بازه‌ها برخوردار هستند.



شکل ۳: تغییرات کانال رودخانه کارون از سال ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۱

جدول ۱: تغییرات مقاطع عرضی کانال رودخانه از ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۱

سال	سال	شماره	سال	سال	شماره	سال	سال	شماره	سال	سال	شماره
۲۰۱۱	۱۹۵۴	مقطع	۲۰۱۱	۱۹۵۴	مقطع	۲۰۱۱	۱۹۵۴	مقطع	۲۰۱۱	۱۹۵۴	مقطع
(متر)	(متر)		(متر)	(متر)		(متر)	(متر)		(متر)	(متر)	
۳۲۳	۵۵۷	۲۴	۲۳۴	۳۱۹	۲۲	۱۵۰	۲۶۰	۱۲	۱۰۵	۲۳۵	۱
۲۰۲	۴۹۲	۲۵	۲۱۷	۶۸۷	۲۴	۲۵۵	۴۱۵	۱۳	۱۵۱	۳۵۰	۲
۱۹۲	۲۳۰	۲۶	۲۲۸	۳۹۴	۲۵	۲۳۲	۴۸۵	۱۴	۱۴۲	۲۵۵	۳
۲۲۴	۴۴۱	۲۷	۱۲۲	۲۱۲	۲۶	۲۴۸	۲۹۰	۱۵	۲۸۵	۳۲۲	۴
۲۱۷	۱۷۰	۲۸	۲۳۶	۲۸۰	۲۷	۱۵۱	۲۵۶	۱۶	۵۵	۲۹۸	۵
۲۲۸	۶۰۱	۲۹	۳۶۸	۶۵۸	۲۸	۱۰۰	۲۱۷	۱۷	۲۰۰	۴۰۱	۶
۱۲۲	۳۴۲	۴۰	۲۱۴	۴۰۳	۲۹	۲۳۱	۲۳۳	۱۸	۱۶۲	۲۷۲	۷
۲۲۶	۴۸۶	۴۱	۲۷۹	۳۲۵	۳۰	۱۵۵	۴۸۱	۱۹	۱۰۰	۳۰۲	۸
۳۶۸	۱۵۸	۴۲	۲۸۸	۴۹۶	۳۱	۶۶۲	۶۰۲	۲۰	۱۳۱	۲۶۰	۹
۲۱۳	۲۱۹	۴۳	۲۶۳	۶۳۲	۳۲	۱۹۸	۲۲۵	۲۱	۱۹۶	۲۶۶	۱۰
۳۷۹	۳۴۶	۴۴	۳۱۸	۵۴۸	۳۳	۲۵۴	۴۰۲	۲۲	۲۵۰	۲۷۳	۱۱

از مهم‌ترین تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه کارون جزایر رسوبی به وجود آمده در بستر رودخانه می‌باشد. بیشترین تعداد این جزایر در محدوده شهر اهواز تشکیل شده است.

روند تغییرات این جزایر از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۹۱ از روی نقشه‌های ژئومورفولوژی تهیه‌شده واضح و آشکار می‌باشد. به‌طور کلی جزایر به وجود آمده در رودخانه کارون به سه دسته تقسیم می‌شوند:

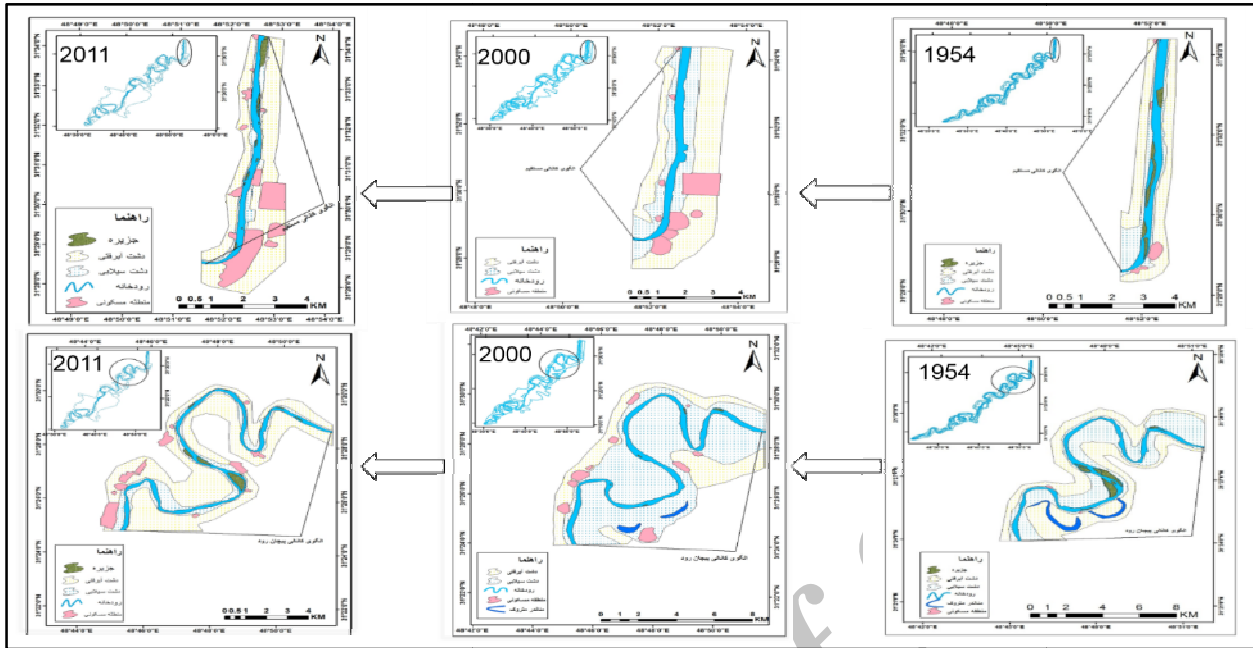
۱- جزایر طولی که در وسط کانال تشکیل شده‌اند، شکل آن‌ها به‌صورت طویل و قطرهای است. ساختار متداخل آن‌ها (درشت‌دانه و ریزدانه بودن ذرات رسوبات تشکیل‌دهنده آن‌ها) نشان‌دهنده دوره‌های متفاوت سیلابی است. تشکیل این جزایر در وسط کانال نشان‌دهنده ورود حجم زیادی از رسوبات به درون کانال است که رودخانه توانایی حمل آن‌ها را ندارد. تنها تفاوت این جزایر با موانع طولی پوشیده بودن جزایر از پوشش گیاهی می‌باشد که خود باعث نهشته‌گذاری بیشتر و پایداری جزایر شده است.

۲- جزایر عرضی که در قسمت‌هایی از رودخانه که کانال به‌صورت ناگهانی وسیع می‌شود، به علت کاهش قدرت رود، رسوبات در وسط کانال انباشته می‌شوند. همچنین رخنمون‌های سنگی سخت سازند آجاجاری شامل دیواره‌های کم ارتفاع به‌طور عرضی بستر رود را قطع می‌نماید.

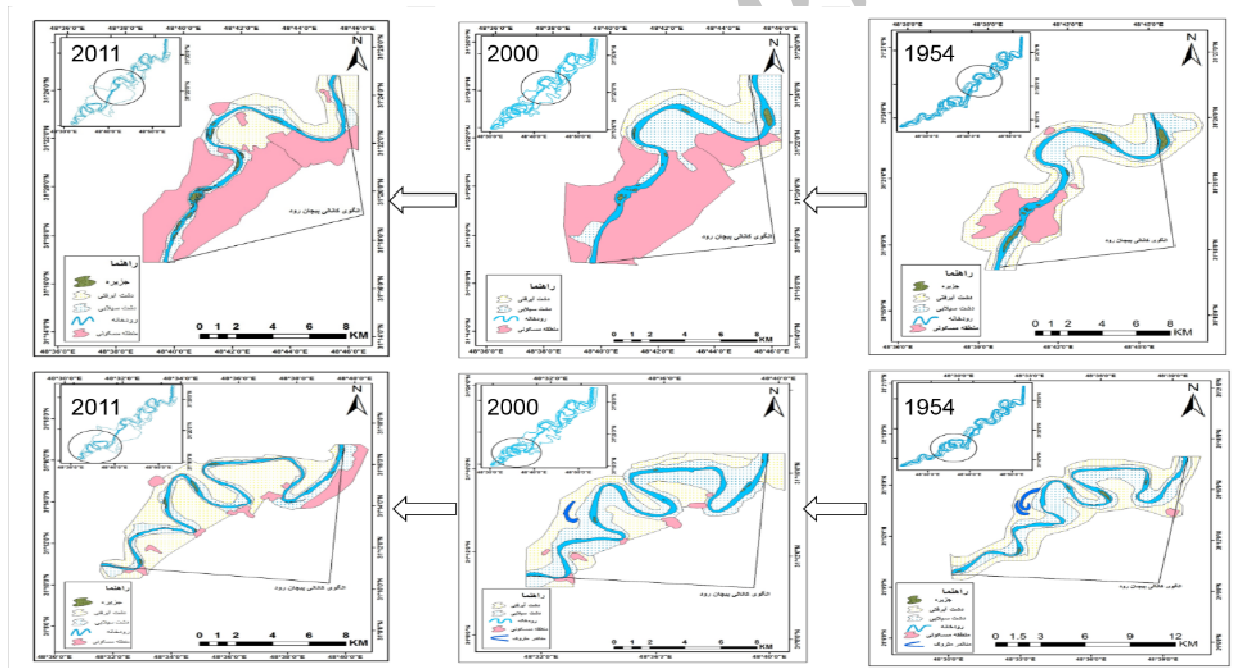
۳- جزایری که به‌صورت پوینت بار در محدوده کانال و چسبیده به کرانه رود تشکیل می‌شوند. این جزایر به‌صورت قوسی در امتداد کرانه محدب خمیدگی مائدرها تشکیل می‌شوند (شکل ۴، ۵، ۶).



شکل ۴: نمونه‌ای از جزایر به وجود آمده در رودخانه کارون (سازمان آب منطقه‌ای استان خوزستان)



شکل ۵: نقشه ژئومورفولوژی بازه اول و دوم محدوده مورد مطالعه



شکل ۶: نقشه ژئومورفولوژی بازه سوم و چهارم محدوده مورد مطالعه

ویژگی‌های رسوب‌شناسی جزایر

در بررسی اندازه ذرات تعداد ۹ نمونه از رسوبات جزایر در عمق ۲۵ سانتی‌متر آنالیز شدند. نتایج گرانولومتری نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Excel صورت گرفته است و نام‌گذاری رسوبات و محاسبه پارامترهای بافتی (میانگین، میانه، جور شدگی، کج شدگی و کشیدگی) به روش ترسیم فولک (۱۹۸۰) انجام گرفته است (جدول ۲). ترتیب نمونه‌ها از پایین دست به بالادست می‌باشد.



شکل ۷: محل برداشت تعدادی از نمونه رسوبات جزایر رودخانه کارون

شماره نمونه	جور شدگی (فی)	توصیف جور شدگی	کج شدگی	توصیف کج شدگی	کشیدگی	توصیف کشیدگی	میانگین	میانگین
۱	۱/۸۱۷	جور شدگی بد	-۰/۲۵۴	درشت (coarse Skewed)	۰/۹۹۹	متوسط (mesokurtic)	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲
۲	۱/۴۱	جور شدگی بد	-۰/۴۵۵	بسیار درشت (Strongly coarse Skewed)	۱/۱۷۳	کشیده (leptokurtic)	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷
۳	۱/۶۰۸	جور شدگی بد	-۰/۴۷۸	بسیار درشت (Strongly coarse Skewed)	۱/۲۲۵	کشیده (leptokurtic)	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸
۴	۱/۲۸۲	جور شدگی بد	-۰/۲۶۷	درشت (coarse Skewed)	۲/۱۴۸	بسیار کشیده (very leptokurtic)	۰/۲۸	۰/۲۸۵
۵	۱/۳۶۷	جور شدگی بد	-۰/۳۱۳	درشت (coarse Skewed)	۱/۰۳۹	متوسط (mesokurtic)	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸
۶	۲/۵۹	جور شدگی بسیار بد	-۰/۲۳۲	درشت (coarse Skewed)	۰/۶۰۵	بسیار پهن (very platykurtic)	۰/۰۶۷	۰/۰۴۶
۷	۲/۴۰۶	جور شدگی بسیار بد	-۰/۰۶۴	تقریباً متقارن (near symmetric) (Skewed)	۰/۶۵۴	بسیار پهن (very platykurtic)	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲
۸	۱/۴۵۸	جور شدگی بد	-۰/۳۶۱	درشت (coarse Skewed)	۱/۰۰۸	متوسط (mesokurtic)	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸
۹	۲/۴۳۸	جور شدگی بسیار بد	-۰/۱۸۹	تقریباً متقارن (near symmetric)	۰/۶۴۱	بسیار پهن (very platykurtic)	۰/۰۲۱	۰/۰۲۷

جدول ۲: مقادیر پارامترهای کشیدگی، جور شدگی، کج شدگی میانه و میانگین در نمونه رسوبات جزایر رودخانه کارون

میانه و میانگین: با توجه به آنالیز رسوبات جزایر رودخانه کارون، مشاهده می‌شود که میانگین و میانه رسوبات دارای نوسان می‌باشد. در سایت‌های ۲، ۳، ۵، ۸، ذرات ریز و در سایت‌های ۱، ۴، ۶، ۷ و ۹ ذرات درشت‌دانه هستند. عدم نظم در میانگین و میانه رسوبات به خاطره آشفتگی سیلاب‌ها می‌باشد و نشان‌دهنده این است که رسوبات طی سیلاب‌های متفاوتی نهشته‌گذاری شده‌اند (جدول ۲).

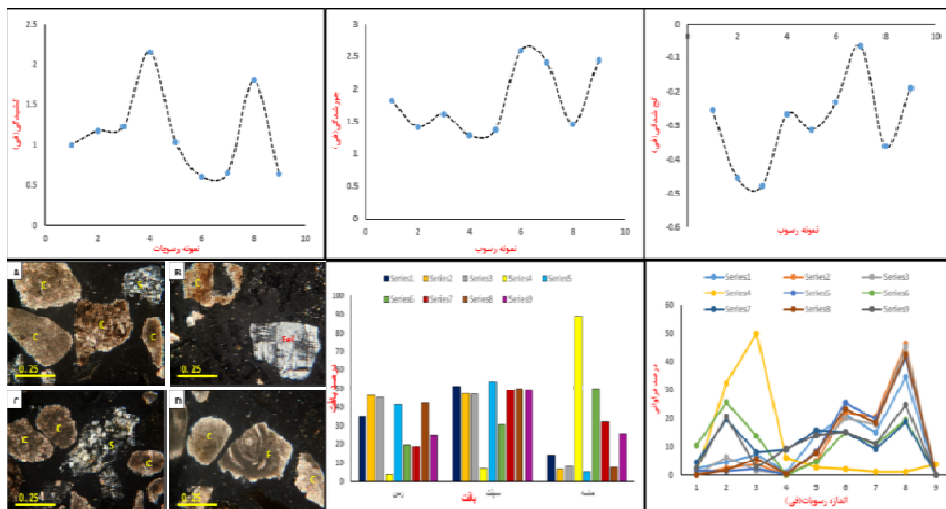
کج شدگی رسوبات: کج شدگی عبارت است از نامتجانس بودن منحنی توزیع ذرات که به وسیله منحنی توزیع مشخص می‌گردد. در منحنی‌های متقارن مقدار کج شدگی صفر است. در منحنی‌هایی که دنباله آن‌ها به طرف راست یا به طرف رسوبات دانه‌ریز تر متمایل باشد مثبت و اگر دنباله منحنی به طرف چپ یا رسوبات دانه‌درشت تر متقابل باشد منفی است. از کج شدگی برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی فرآیندهایی که باعث حمل و نقل شده است استفاده می‌شود. به عنوان مثال اگر کج شدگی مثبت باشد (اکثریت با رسوبات دانه‌ریز باشد) نشانه رسوب‌گذاری در یک محیط آرام می‌باشد و اگر کج شدگی منفی باشد (اکثریت با رسوبات دانه‌درشت). رسوب‌گذاری در یک محیط پراورزی صورت گرفته است. مقدار این پارامتر بر اساس تقسیم‌بندی جامع فولک (۱۹۸۰) محاسبه شده است (جدول ۲) (شکل ۸).

جور شدگی رسوبات: یکنواختی یا جور شدگی عبارت است از اینکه: ذرات تشکیل دهنده رسوب یا سنگ تا چه اندازه به یکدیگر نزدیک باشند. رسوبات سیلابی به علت مخلوط بودن ذرات دانه ریز و دانه درشت، معمولاً دارای جور شدگی بد هستند. انحراف معیار ترسیمی جامع (جور شدگی) به روش فولک (۱۹۸۰) محاسبه شده است (جدول ۲) (شکل ۸). بر اساس این نتایج ۷۰ درصد نمونه‌ها دارای جور شدگی بد و ۳۰ درصد دارای جور شدگی بسیار بد می‌باشند. تفاوت در جور شدگی رسوبات به دلیل وجود ناپیوستگی‌های رسوبی موجود در هر نمونه از رسوبات سیلابی، تغییرات انرژی، تغییرات ناشی از منشأهای متفاوت رسوبات از سازندهای مختلف است و البته در رسوبات جدیدتر ممکن است جور شدگی ذرات تحت تأثیر تخریب بافت ذرات توسط فعالیت‌های کشاورزی صورت گرفته در محدوده بالادست باشد.

کشیدگی رسوبات: کشیدگی رسوبات بر اساس مقیاس فولک (۱۹۷۴) محاسبه شده است (جدول ۲) (شکل ۸). کشیدگی منحنی اطلاعات زیادی در رابطه با جور شدگی و اندازه دانه‌ها می‌دهد که این اطلاعات برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و همچنین فرآیندهای رسوب‌گذاری از اهمیت خاصی برخوردار است. بیشتر اختلافات در منحنی‌ها در رابطه با دنباله آن‌هاست که این خود نشان دهنده مقدار ذرات ریز یا درشت در رسوبات است. همچنین بر اساس نمودار توزیع نرمال رسوبات (شکل ۸) اغلب رسوبات دارای نمودارهای بایمدال (Bimodal) و مولتی مدال (Multi modal) می‌باشند و این نشان دهنده آن است که رسوبات از سازندها و منشأهای مختلفی سرچشمه گرفته‌اند که این خود گواهی بر سیلابی بودن این رسوبات است.

بافت رسوبات: بافت رسوبات جزایر بر اساس دانه‌ها و درصد اجزای آن طبق طبقه‌بندی اداره کشاورزی ایالات متحده (USA) صورت گرفت که همان‌طور که مشاهده می‌شود همه رسوبات آنالیز شده از نوع ماسه، سیلت و رس می‌باشند و دارای بافت سبک هستند (شکل ۸).

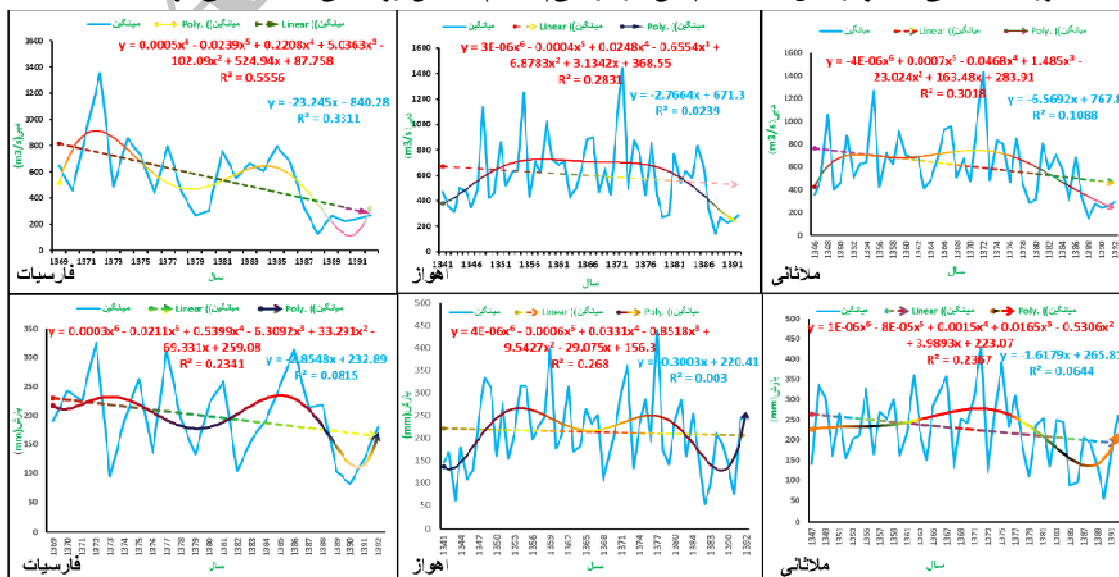
ترکیب رسوبات: برای شناسایی ترکیب رسوبات منطقه مورد مطالعه، ابتدا رسوبات در طی چند مرحله با استفاده از میکروسکپ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و بر اساس پارامترهایی مانند اندازه‌های دانه‌ها، حالت گرد شدگی و شکستگی از ۹ گروه ۳ نمونه انتخاب شده و با استفاده از رسوبات باقی‌مانده روی غربال ۲ فی از آن‌ها مقطع میکروسکپی تهیه شد و با توجه به این مقاطع جنس سازندهای غالب در این نمونه‌ها مشخص شده است. با توجه به مقاطع میکروسکپی مطالعه شده و نتایج به دست آمده از آن اغلب اجزای تشکیل دهنده این رسوبات از جنس خرده‌های آهکی به صورت اسکلتی و غیر اسکلتی و مقدار کمتری نیز خرده‌های ماسه‌سنگ است. همچنین ذرات پراکنده کوارتز نیز در نمونه‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۸). با توجه به سنگ‌شناسی سازندهای زمین‌شناسی در این حوضه آبریز، منشأ این رسوبات اغلب از سازندهای آجاجاری، کنگلومرای بختیاری، پابده و به‌طور کلی از سازندهای آهکی و ماسه‌سنگی ایالت ساختاری زاگرس می‌باشند.



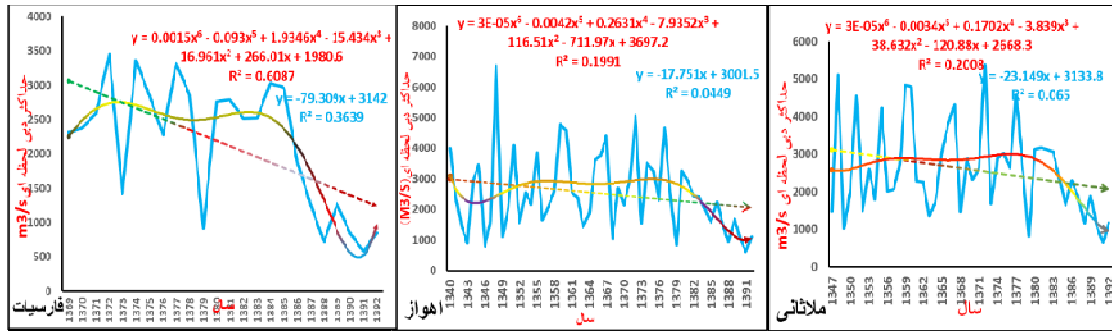
شکل ۸: نمودارهای کشیدگی، جور شدگی، کج شدگی، توزیع نرمال، بافت و ترکیب رسوبات رودخانه کارون

عوامل مؤثر در تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه کارون ۱- تغییرات دبی

در رودخانه کارون دبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، کاهش دبی و تغییرات سطح آب در محدوده مورد مطالعه یکی از عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری و تغییرات مسیر رودخانه کارون در سال‌های اخیر می‌باشد. بر اساس نمودارهای روند تغییرات دبی و بارش سالانه در منطقه مورد مطالعه (شکل ۹) از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۹۲ با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون خطی و پلی‌نومیال مرتبه ۶ در بازه زمانی ۵۲ ساله دبی و بارش سالانه منطقه دارای نوسانات زیادی به صورت دوره‌ای بوده است. همچنین در بلندمدت و در حالت کلی دبی و بارش منطقه روندی کاهشی را با شیب زیاد نشان می‌دهند. نتایج حاصل از رگرسیون خطی و پلی‌نومیال مرتبه ۶ روند تغییرات دبی حداکثر لحظه‌ای طی بازه زمانی مورد مطالعه را روندی کاهشی نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کارون (شکل ۱۰) مشاهده می‌شود که دبی‌های نسبتاً بزرگ در رودخانه کارون زیاد است به طوری که تا قبل از سال ۱۳۷۷ در هر سه ایستگاه هیدرومتری بیشترین سال‌ها دارای دبی بالای ۲۰۰۰ مترمکعب در ثانیه بوده است که نشانه سیلاب خیز بودن منطقه مورد مطالعه می‌باشد و از سال ۱۳۷۷ تا پایان بازه زمانی (۱۳۹۲) کاهش روند دبی مشاهده می‌شود.

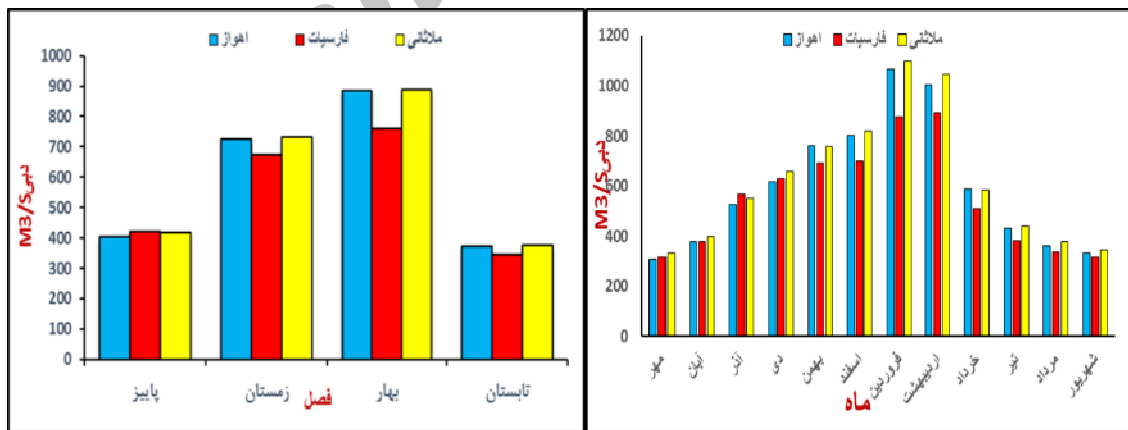


شکل ۹: نمودار روند تغییرات دبی متوسط سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری ملاتانی، اهواز و فارسیات



شکل ۱۰: دبی حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری ملاتانی، اهواز و فارسیات

فصل بهار در حوضه آبریز مورد مطالعه علاوه بر افزایش بارندگی با افزایش دما و در نتیجه ذوب سریع برف شروع می‌گردد که افزایش دبی رودخانه‌ها را به دنبال دارد. بررسی دبی‌های فصلی در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد نظر حکایت از حداکثر آبدهی در فصل بهار دارد. همچنین حداقل دبی فصلی این ایستگاه‌ها مربوط به تابستان بود که دلایل آن برداشت بی‌رویه آب رودخانه برای مصارف کشاورزی، صنعتی و انتقال آب از سرشاخه‌های رودخانه و همچنین تبخیر شدید در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱۰). چنانکه مشاهده می‌گردد در ایستگاه هیدرومتری ملاتانی کمترین دبی در ماه مهر (۳۳۱/۶۱ مترمکعب در ثانیه) و بیشترین دبی در فروردین ماه (۱۰۹۸/۳۹ مترمکعب در ثانیه) گزارش شده است، در ایستگاه هیدرومتری اهواز کمترین دبی در ماه مهر (۳۰۷/۵۷ مترمکعب در ثانیه) و بیشترین دبی در ماه فروردین (۱۰۶۴/۵۴ مترمکعب در ثانیه) می‌باشد، در ایستگاه فارسیات کمترین دبی همانند دو ایستگاه قبل در ماه مهر (۳۱۴/۶۶ مترمکعب در ثانیه) و بیشترین دبی در اردیبهشت ماه (۸۹۴/۵۶ مترمکعب در ثانیه) است که با توجه به اینکه حوضه آبریز در یک منطقه کوهستانی قرار دارد، فروردین و اردیبهشت ماه در منطقه مصادف با شروع افزایش دما و ذوب برف‌ها در ارتفاعات بالادست می‌باشند، بیشترین دبی در هر سه ایستگاه هیدرومتری در این دو ماه به ثبت رسیده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: نمودار دبی فصلی و ماهانه ایستگاه‌های ملاتانی، اهواز و فارسیات

عوامل مؤثر بر تغییرات دبی

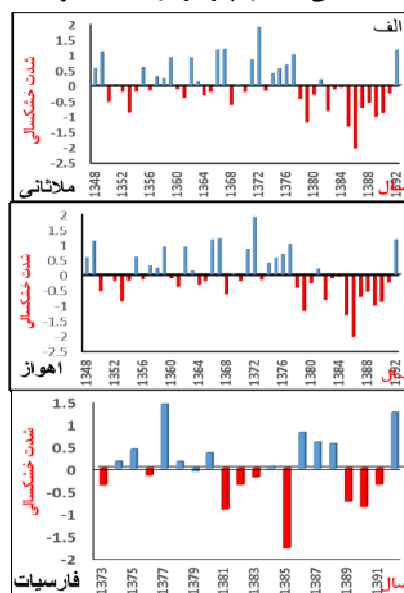
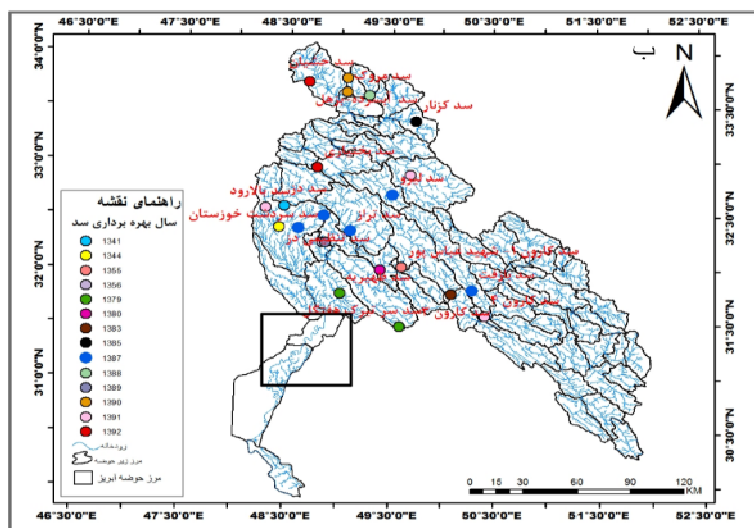
بررسی رابطه بین دبی و خشکسالی هیدروولوژیکی با استفاده از ضریب SPI

با توجه به نمودارهای خشکسالی که داده‌های آن مقادیر به‌دست‌آمده به‌وسیله‌ی شاخص استاندارد بارش (SPI) می‌باشد و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل رگرسیون خطی و پلی‌نومیال مرتبه ۶ روند بلندمدت شدت خشکسالی به‌صورت افزایشی با شیب کم دیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی افزایش خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

با توجه به روند تغییرات دبی مشاهده شده است، دوره‌هایی که دبی کاهش شدید داشته، هم‌زمان با دوره‌های شدت خشک‌سالی رودخانه که از طریق شاخص استاندارد بارش SPI به دست آمده، می‌باشد در نتیجه کاهش و افزایش دبی منطبق بر دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی می‌باشد (شکل ۱۲، الف).

بررسی تأثیر ساخت سد بر دبی رودخانه

با توجه به اینکه تأثیر خشک‌سالی بر کاهش دبی رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. اکنون به تأثیر ساخت سد بر کاهش دبی رودخانه می‌پردازیم تا مشخص کنیم کدام مورد در کاهش دبی بیشتر بوده است. با توجه به نقشه موقعیت سدهای ساخته شده در بالادست رودخانه از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۹۲ تعداد ۲۴ سد فقط بر روی سرشاخه‌های رودخانه متصل به بالادست منطقه مورد مطالعه، مورد بهره‌برداری قرار گرفته است که بیشترین تعداد آن‌ها در سال‌های اخیر بوده است. حجم قابل توجهی از دبی رودخانه توسط این سدها در بالادست متوقف می‌شود و به مصرف کشاورزی و تأمین آب شرب شهرهای نزدیک سد می‌رسد. با توجه به آمار بیلان سدهای ساخته شده که از سازمان آب منطقه‌ای استان خوزستان دریافت شد؛ سد گذارلند از سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۹۳ در مجموع ۸۳۸۰۵ میلیون مترمکعب، سد تنظیمی گتوند از سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۳۹۳ در مجموع ۱۲۶۱۰۲ میلیون مترمکعب، سد دز از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۳ در مجموع ۱۳۹۳ میلیون مترمکعب، سد کارون ۳ از سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۳۹۳ در مجموع ۶۴۳۹۳ میلیون مترمکعب و سد کارون ۴ از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ در مجموع ۱۲۲۶۱ میلیون مترمکعب از حجم آب در بالادست منطقه، توسط این سدها که نمونه‌ای از سدهای ساخته شده هستند، متوقف می‌شود. با نگاهی به تاریخ بهره‌برداری سدها و میانگین سالانه دبی رودخانه مشاهده می‌شود که دبی پس از آبیگری سدهای ساخته شده با کاهش چشمگیری مواجه بوده است. با بررسی دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه نیز مشاهده شده بعد از بهره‌برداری بیشترین تعداد سدهای ساخته شده در منطقه روند دبی حداکثر لحظه‌ای نیز به صورت کاهشی می‌باشد. به طوری که در هر سه ایستگاه کمترین میزان دبی حداکثر لحظه‌ای در سال ۱۳۹۱ یعنی بعد از بهره‌برداری سد گتوند است (شکل ۱۲، ب).



شکل شماره ۱۲: الف: نمودارهای میانگین سالانه شدت خشک‌سالی هیدرولوژیکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ب: نقشه سدهای بهره‌برداری شده در بالادست حوضه آبریز مورد مطالعه

۲- زمین‌شناسی و شیب رودخانه

عوامل زمین‌شناسی نقش مؤثری در کنترل رفتارهای رودخانه دارند. در بالادست محدوده مورد مطالعه وجود طاقدیس شوشتر عمود بر مسیر جهت حرکت رودخانه باعث شده است که مسیر رودخانه کاملاً تحت تأثیر این نوع از بالآمدگی‌های ساختاری به‌صورت طاقدیس باشد همچنین سبب پرشیب شدن مسیر رودخانه و شکل‌گیری الگوی شریانی شده است. وجود طاقدیس و گسل معکوس اهواز عمود بر مسیر رودخانه سبب تغییرات مورفولوژی خاص در الگو و میزان سینوسی بازه‌های پایین‌دست و بالادست شده است. ایجاد مسیر مستقیم در رودخانه از روند ساختاری طاقدیس اهواز تبعیت کرده و تحت کنترل آن است همچنین وجود برونزد های سنگی آغاچاری الگوی شریانی محدودی را در مرکز شهر اهواز در داخل رودخانه کارون ایجاد کرده است.

جدول ۳: شیب بازه‌های رودخانه کارون و طول دره آن‌ها (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹: ۶)

نام بازه	طول دره رودخانه (m)	طول بازه (m)	شیب بازه (%)
از شهرملاثنی تا ویس	۱۸۲۳۱	۱۸۸۴۸/۸۳	۰/۰۰۸۵۴۲
از شهر ویس تا روستای سید عامر	۲۲۵۱۶	۵۱۴۲۷/۷۸	۰/۰۰۶۳۲
از روستای سید عامر تا پل ششم اهواز	۹۷۸۸	۵۱۴۲۷/۷۸	۰/۰۲۲۰۶۳
از پل ششم اهواز تا روستای موران	۳۱۱۰۹	۱۸۸۴۸/۸۳	۰/۰۰۴۹۹۹

۳- دخالت‌های انسانی

در رودخانه کارون از دخالت‌های انسان می‌توان به ساخت سدهای متعدد در بالادست منطقه مورد مطالعه اشاره کرد که تأثیر زیادی بر کاهش دبی و ایجاد تغییرات مورفولوژیکی رودخانه داشته است همچنین احداث پل‌های متعدد با پایه‌های بسیار زیاد به‌ویژه در محدوده شهر اهواز باعث رسوب‌گذاری شدید در مقطع اصلی رودخانه شده است. پل‌های ساخته‌شده، مشابه یک سد یا بند عمل کرده و سبب پس‌زدگی آب‌شده و باعث رسوب‌گذاری در بالادست شده‌اند. تقریباً بالادست و پایین‌دست تمامی پل‌های موجود، جزایر رسوبی رشد و توسعه‌یافته‌اند. این جزایر باعث افزایش رقوم بستر رودخانه شده و ظرفیت آب‌گذری رودخانه را به‌شدت کاهش می‌دهد. در شکل ۱۳ مسیر عبور رودخانه کارون از میان جزایر رسوبی در محدوده شهر اهواز و پل‌های موجود بر روی این رودخانه نشان داده شده است. یکی دیگر از دخالت‌های انسان تغییرات کاربری اراضی اطراف رودخانه و ساخت‌وسازهای شهری می‌باشد. به‌طور مثال ساحل‌سازی‌های انجام‌شده در محدوده مورد مطالعه، ساخت پارک‌های ساحلی و غیره که به‌صورت عاملی برای تغییرات عرض رودخانه و تغییرات مورفولوژیکی رودخانه می‌باشند. پوشش گیاهی کناره‌ها که می‌تواند بر روی میزان فرسایش ناشی از جریان، فرسایش‌پذیری کناره‌ها و پایداری کناره تأثیرگذار باشد. در رودخانه کارون پوشش گیاهی به‌صورت مانعی عمل نموده و باعث نهشته‌گذاری در کناره‌های بستر می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: تصاویری از نقش عوامل مختلف بر تغییرات بستر رودخانه

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که در سه دوره زمانی مورد بررسی تغییرات چشمگیری در مورفولوژی بستر رودخانه کارون دیده می‌شود. مهم‌ترین این تغییرات شامل تغییر در عرض و متاندرهای رودخانه می‌باشد، بیشترین تغییر در محدوده شهر اهواز مشاهده شده است. به طوری که در یک مقطع عرضی رودخانه از ۶۵۸ متر در سال ۱۳۳۴ به ۳۶۸ متر در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است. همچنین ایجاد جزایر رسوبی و توسعه آن‌ها به ویژه در محدوده شهر اهواز که به صورت جزایر طولی، عرضی و پوینت بار تقسیم‌بندی شدند، از دیگر تغییرات اساسی در مورفولوژی بستر رودخانه کارون بوده است. وجود این جزایر با پوشش گیاهی که در آن‌ها روییده شده است به صورت مانع جهت تخلیه مطلوب آب رودخانه عمل می‌کنند و باعث کاهش ظرفیت انتقال آب در محدوده شهر اهواز می‌شوند به طوری که رودخانه قبلاً قادر به عبور دبی با حجم بسیار زیاد بوده است اما در سال‌های اخیر قادر به عبور دبی‌های با حجم کمتر نیست و با اولین بارش رگباری سیلاب‌ها با حجم بالا به محدوده شهر وارد می‌شوند و خسارت‌های زیادی را به شهر وارد می‌کنند. برخلاف معمول که افزایش دبی باعث ایجاد سیلاب می‌شود در منطقه مورد مطالعه کاهش دبی در حوضه با توجه به تغییراتی که در مورفولوژی بستر رودخانه می‌دهد، باعث افزایش سیلاب شده است. ویژگی‌های رسوب‌شناسی این جزایر نشان داد که عدم نظم در میانه و میانگین رسوبات به خاطر آشفستگی سیلاب می‌باشد و نشان‌دهنده این است که رسوبات طی سیلاب‌های متفاوتی نهشته‌گذاری شده‌اند. اغلب رسوبات دارای نمودارهای بایمدال و مولتی‌مدال می‌باشند و این نشان‌دهنده آن است که رسوبات از سازندها و منشأهای مختلفی سرچشمه گرفته‌اند. بافت رسوبات از نوع ماسه، سیلت و رس می‌باشد و ترکیب آن‌ها با توجه به مقاطع رسوبی تهیه‌شده از جنس خرده‌های آهکی به صورت اسکلتی و غیر اسکلتی و مقدار کمتری نیز خرده‌های ماسه‌سنگ است. همچنین ذرات پراکنده کوارتز نیز در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. منشأ این رسوبات سازندهای آماجاری، کنگلومرای بختیاری، پابده و به طور کلی سازندهای آهکی و ماسه‌سنگی ایالت ساختاری زاگرس می‌باشد. در بررسی علل این تغییرات نتایج زیر حاصل شد:

۱- مهم‌ترین و اصلی‌ترین علت تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه کارون دخالت‌های انسانی است. این دخالت‌ها به صورت ساخت سد در بالادست رودخانه، ساخت پل‌های متعدد بر روی رودخانه به ویژه محدوده شهر اهواز، تغییر کاربری اراضی که شامل تغییر در عرض رودخانه به دلیل ساخت‌وسازهای شهری، ساحل‌سازی، تبدیل بسترهای سیلابی به زمین‌های کشاورزی و ساخت پارک‌های ساحلی می‌باشد.

۲- کاهش دبی رودخانه به واسطه خشکسالی هیدرولوژیکی و ساخت سدهای متعدد در بالادست رودخانه

۳- عامل زمین‌شناسی و شیب رودخانه

۴- پوشش گیاهی کناره‌های بستر

تشکر و قدردانی

این تحقیق مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای در اختیار قرار دادن تصاویر ماهواره‌ای IRS کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

- دماوندی نژاد منفرد، احمد. ۱۳۷۸. تحلیل سیلاب‌های حوزه میانی کارون، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، صص ۲۲۲.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۹۲. تصاویر ماهواره‌ای IRS با قدرت تفکیک ۲/۵ متر سال ۲۰۱۱.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۹۲. عکس‌های هوایی بلوک ملاثانی و اهواز، مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۳۷۳. نقشه زمین‌شناسی اهواز با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.

- شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان خوزستان. ۱۳۹۲. آمار دبی و رسوب ایستگاه‌های ملاتانی، اهواز و فارسیات.
- شاهی نژاد، بابک. رستمی، سعید و محمودی، سهام الدین. ۱۳۸۵. بررسی هیدرولیکی جریان در رودخانه کارون محدوده شهری اهواز، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران، صفحه ۱۰-۱.
- علائی طالقانی، محمود. ۱۳۸۴. ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، صص ۴۰۴.
- قاسمی قهساره، عباسعلی. مرادی، کاظم. مشرفی فر، محمدرضا و قاسمی قهساره، میثم. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تغییر محیط رسوبی بر پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک (رودخانه کارون بازه اهواز تا خرمشهر)، مجموعه مقالات گردهمایی علوم زمین، صفحه ۷-۱.
- مرشدی، جعفر. علوی پناه، سیدکاظم. ۱۳۷۹. آشکار سازی تغییرات ژئومورفیک مسیر رودخانه کارون با استفاده از داده‌های *GIS* و *RS* (بازه شوشتر تا اروندرود) صص ۱۲-۱.
- *Alfredo Ollero (2009) Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River; Spain, vol 117 pp 247-260*
- *Bertoldi, W, L Zanoni, M. Tubino (2012) Assessment of morphological changes induced by flow and flood pulses in a gravel bed braided river: the Tagliamento river Italy Geomorphology 114 pp 348-260.*
- *Folk, E., 1980. Petrography of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company. pp. 182.*
- *Fung, T., Ledrew, E., (1998), "The Determination Of Optimal Threshold Levels For Change Detection Using Various Accuracy Indices", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54(10)1449-1454.*
- *MaKee, T, B. Doeskin, N. J and Kleist. J. (1995) Drought Multiple time Scales", 9th conference on Applied climatology Dallas, TX, 15-20, pp 233-236.*
- *Orfeo. O, a, J. Stevaux (2002) Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Parana River (Argentina and Brazil) Geomorphology 44p 309 -322.*
- *Sarma, J. N (2005) Fluvial process and morphology of the Brahmaputra River in Assam, Lndia, Geomorphology 70 pp 226 -26.*
- *Schumm, S. A. and H. R. Khan. (1972) Experimental study of channel patterns, Geol. Soc. Or America Ball. vol. 83, pp. 1755-1770*
- *Yang, Xiaojun, Michiel C. J. Damenb and Robert A. van Zuidam, (1999), "satellite remote sensing and geographic information system for Michiel C. J.*
- *Yasser Raslan and Radwa Salama (2015) Development of Nile River islands between Old Aswan Damand new Esna barrages. Vol 29. Pp 77-92.*
- *Damen and monitoring morph dynamic of the active yellow river delta, China". Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol 1. pp 146-157.*
- *John M. Buffington (2012) Changes in Channel Morphology over Human Time Scales, vol 32. pp 435-463.*
- *Di Silvio G and Nones M(2013) Morphodynamic reaction of a schematic river to sediment input changes: Analytical approaches, pp 1-8.*
- *Clerici A. Perego S. Chelli A. Tellini C (2015) Morphological changes of the floodplain reach of the Taro River (Northern Italy) in the last two centuries, vol 527. pp 1106-1122.*