



آشکارسازی تغییرات کناری و شناسایی مناطق خطر رودخانه آجی‌چای در محدوده خواجه تا ونیار

محمدحسین رضایی مقدم: استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران *

عادل محمدفر: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

خلیل ولیزاده کامران: استادیار سنجش از دور، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۲/۳۱ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳، صص ۱۴-۱

چکیده

خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه به واسطه ویژگی پویای آن همواره دچار تغییر بوده و این تغییرات می‌تواند به دلیل فرسایش کناری و جابه‌جایی مرزهای رودخانه هر ساله سطح زیادی از اراضی کشاورزی، نواحی مسکونی و تأسیسات ساحلی را در معرض نابودی و تخریب قرار دهد. از این رو انجام هر گونه تحلیل هیدرولیکی بر روی رودخانه نیازمند دسترسی به مشخصات دقیق مورفولوژیکی به خصوص شکل آن است. بنابراین، در این پژوهش بخشی از رودخانه آجی‌چای در محدوده خواجه تا ونیار در شمال شرق تبریز به طول حدود ۲۲ کیلومتر با هدف شناسایی مناطق بحرانی نسبت به فرسایش کناری بررسی شده است. بدین منظور مسیر رودخانه و لایه‌های مورد نیاز از قبیل فرسایش، کاربری، لیتولوژی، شیب، بستر طغیانی و جاده از روی نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۷۴ و تصویر ماهواره IRS سنجنده pan در محیط نرم افزار Arc GIS در دو بازه و دو دوره (۱۳۳۵-۱۳۷۴ و ۱۳۷۴-۱۳۸۷) رقومی، ارزش‌گذاری و وزن دهی گردید و مناطق کناری در خطر فرسایش در سه بخش آسیب پذیر، بحرانی و بسیار بحرانی تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی تغییرات، فرسایش کناری، مناطق خطر، GIS & RS، رودخانه آجی‌چای

مقدمه

تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌ها در اشکال خاص به سهولت قابل انجام است. این موضوع به‌خصوص زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که این داده‌ها در قلمروهای حساسی نظیر محیط‌زیست، کشاورزی، مدیریت منابع طبیعی و مهندسی رودخانه مورد استفاده قرار گیرند (پرایس و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۳). بدین منظور در راستای کشف و آشکارسازی تغییراتی که در مناطق مختلف کره زمین اتفاق می‌افتد

مورفولوژی رودخانه تحت تاثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی دچار تغییر می‌شود. این تغییرات به وجود آمده در وضعیت یک پدیده، از طریق مشاهده آن در زمان‌های مختلف را آشکارسازی تغییرات گویند (فانگ و لدر، ۱۹۹۸: ۱۴۵۰). بررسی تغییرات محیط اطراف انسان در دوره‌های زمانی مختلف و در حیطه‌های گوناگون امری منطقی است که توسط

برای درک شرایط کنونی و پتانسیل تغییرات احتمالی آن‌ها در آینده ضروری بوده و تنها از این طریق می‌توان عکس العمل طبیعی آن‌ها را نسبت به تغییرات طبیعی و یا اقدامات ناشی از اجرای طرح‌های اصلاح مسیر و تثبیت کناره‌ها پیش بینی نمود و میزان جابه‌جایی، تغییرات ابعاد و الگوی آن‌ها را تشخیص داد (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹). از مطالعات انجام شده در این باره می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد. (عبدالکلام^۲ و همکاران، ۱۹۹۵) روند فرسایش رودخانه گنگ در کشور بنگلادش را بررسی کرده و جابه‌جایی متناوب سواحل جانبی این رودخانه را طی سال‌های ۱۹۹۱-۱۹۷۳ نشان دادند. (یانگ و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۴۶) در آشکارسازی تغییرات خط ساحلی رودخانه زرد چین به این نتیجه رسیدند که رودخانه از حالت شریانی مستقیم به مئاندری ضعیف تغییر شکل داده است. (حجی‌آبادی، ۱۳۸۲) در بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه قزل اوزن با استفاده از RS و GIS^۳ نشان داد که استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند نمایانگر نوع و روند تغییرات و نیز خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه‌ای در دوره‌های زمانی متفاوت باشد. (ارشد و همکاران، ۱۳۸۳: ۱۸۰) در بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون نشان دادند که خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر است و تراکم و اندازه انحنای قوس‌ها به سمت پایین دست جابه‌جا شده‌اند. (جوهری و همکاران، ۱۳۸۴) در بررسی تغییرات مورفولوژیکی حادث شده بر روی مشخصه‌های هندسی رودخانه کارون و پراکنش آن در حد فاصل شمال تا جنوب

می‌توان با اطمینان از تکنولوژی RS و تصاویر متوالی ماهواره‌ای در اشکال خاص استفاده کرده، شناخت دقیق‌تری را از رفتار و اصول حاکم بر رودخانه‌ها به دست آورد (آتود^۱ و همکاران، ۲۰۰۵: ۸) و از نتایج آن‌ها در قالب پیش بینی مسیر، تهیه نقشه‌های خطر، انتخاب راهکارهای درست برای مقابله با رفتارهای کاتاستروفیک، بهره‌برداری صحیح‌تر و اقتصادی‌تر نسبت به گذشته و موفقیت طرح‌ها و سازه‌های اجرا شده از طرف سازمان‌ها و ادارت بر روی رودخانه‌ها در آینده استفاده کرد. به هر حال تغییر مسیر رودخانه‌ها چه در قدیم و چه در زمان حال مشکلاتی برای انسان‌ها به وجود آورده است (بهرامی، ۱۳۸۷: ۱). آجی چای نیز به عنوان دومین زیر حوضه مهم دریاچه ارومیه نمی‌تواند از این قاعده مستثنی باشد. به طوری که بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد تغییرات مورفولوژیکی رودخانه آجی‌چای در طی سال‌های اخیر بیشتر متاثر از عوامل طبیعی از قبیل انباشت رسوب، کاهش دبی، لیتولوژی سست و توپوگرافی منطقه است. بنابراین با توجه به تغییرات هندسی، روند رسوب‌گذاری و اهمیت زیادی که تغییرات مورفولوژیکی این رودخانه در سازماندهی، کنترل سیلاب، طراحی سازه‌های خطی (جاده،...) هیدرولیکی (پل، سد،...) سکونتگاهی و نابودی اراضی کشاورزی بر روی رودخانه و یا حاشیه آن دارد بررسی تغییرات مورفولوژیکی آن ضروری است که در این تحقیق با هدف آشکارسازی تغییرات کناری و شناسایی مناطق خطر توسط عکس‌های هوایی و تصویرماهواره‌ای صورت گرفته است. بررسی مورفولوژیکی رودخانه‌ها

2 - AbdulKalam

3 - Geographic Information System

1 - Atwood

یکی از عوامل تشکیل مئاندر عمل کرده و در اندازه مواد بستر و ظرفیت انتقال بار رسوبی تاثیر گذار است. در نتیجه رسوب‌گذاری نهایتاً باعث شکل‌گیری جزایر در قسمت بالادست و ایجاد تعادل جدید در مئاندر می‌شود. (ماتی کومو^۱ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۰۰) در آشکارسازی تغییرات کناری رودخانه مکونگ با استفاده از سنجش از دور در منطقه Vientiane-nogkhai میزان متوسط فرسایش کناری در دو دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۲ و ۱۹۹۲-۲۰۰۵ را به ترتیب ۰/۸ و ۱ متر بر سال و میزان انباشت را ۰/۴ و ۰/۷ متر بر سال همچنین میزان فرسایش برای جزایر رودخانه را به ترتیب ۲/۴ و ۴/۸ متر بر سال و میزان انباشت را ۰/۶ و ۶/۴ متر بر سال برآورد کرده‌اند. (بهرامی، ۱۳۸۷) در بررسی روند تغییرات مسیر رودخانه کارون با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه شوشتر تا اهواز به نتایج زیر دست یافته است. - بیشترین الگوی تغییرات در محدوده مورد مطالعه از الگوی مئاندری تبعیت کرده است. - بیشترین تغییرات طولی، عرضی، مئاندری و بریدینگ بر روی شاخه شلطیط مشاهده می‌شود. - فن سنجش از دور یکی از بهترین ابزارها برای ردیابی تغییرات رودخانه‌ها است. (رنگزن و همکاران، ۱۳۸۷) در بررسی تغییرات پایین دست سد کرخه قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر چند زمانه Landsat نشان دادند که رودخانه بیشتر از الگوی پیچان رود تبعیت کرده و مسیر رودخانه جابه‌جایی زیادی داشته است.

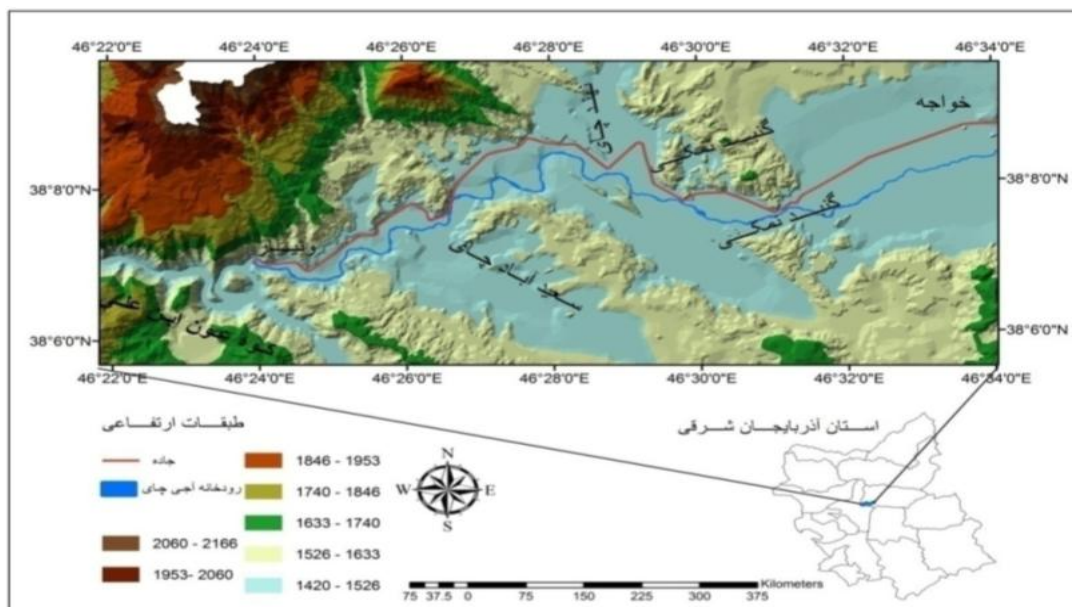
شهر اهواز به این نتیجه رسیدند که روند توسعه حلقه‌های مئاندری کارون در این بازه معکوس شده است. (غفاری و همکاران، ۱۳۸۵: ۶۱) در بررسی تغییرات مورفولوژیکی بابلرود به این نتیجه رسیدند که مقدار تنش‌برشی در دیواره‌ها کمتر از مجرای اصلی بوده و در سمت خارجی پیچ‌ها و نواحی مئاندری رودخانه مقدار تنش افزایش یافته و میزان فرسایش کناری بالا می‌رود. (اسواتی و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۷۳) در بررسی فاکتورهای موثر در سینوزیته رودخانه پاناگون هند به این نتیجه رسیدند که درجه سینوزیته رودخانه پاناگون وابسته به فاکتورهای زمین‌شناسی از قبیل تکتونیک بوده و در این میان پوشش گیاهی نقش اصلی را ایفا می‌کند (دادرسی سبزواری، ۱۳۸۶) در بررسی کاربرد تلفیقی GIS و RS در مطالعه حریم و تغییر شکل مسیل‌ها (کال شور) نتیجه گرفت که به کارگیری GIS و RS می‌تواند به عنوان تکنیک قدرتمندی در مطالعه‌ی حریم و تغییر شکل مسیل‌ها مورد استفاده قرار گرفته و سرعت دسترسی مجدد و پایش اراضی حاشیه را با دقت خوب و هزینه کم برای برنامه‌ریزان فراهم آورد. (کرمی، ۱۳۸۶: ۱۵۹) در بررسی عوامل موثر در فرسایش کناره‌ای رودخانه سعیدآبادچای به این نتیجه رسید که ۴۷/۳ درصد مناطق واقع در حاشیه آبراهه سعید آباد در معرض خطر متوسط تا بسیار شدید فرسایش کناره‌ای رودخانه و تقریباً ۵۲/۷ درصد درپهنه‌های با خطر کم تا بسیار کم قرار دارند. (لافتوس و رابرت، ۲۰۰۸: ۲۱۴) در بررسی توالی جزایر و حوضچه‌ها و نقش آن‌ها در مورفولوژی مئاندر نشان دادند که طول رودخانه به نسبت شکست زاویه در طول بخش‌های مئاندری افزایش می‌یابد و این افزایش در حوضچه‌ها به عنوان

مشخصات منطقه مورد مطالعه

۲۳° ۴۶' تا ۲۳° ۴۷' ۰۱" طول شرقی و ۳۸° ۰۷' ۰۱" تا ۳۸° ۰۸' ۴۰" عرض شمالی قرار دارد.

منطقه مورد مطالعه از نظر موقعیت نسبی در شمال

شرق تبریز و از نظر مختصات جغرافیایی بین ۵۵"



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و مورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

حالت مانداری به خود گرفته و پهن تر می‌شود (این پهن بودن در محل ورودی رودخانه‌ها بیشتر می‌شود) و شیب دامنه‌ها کاهش می‌یابد (شفیعی مهر، ۱۳۸۴: ۶۴). در محل بالادست گنبد‌های نمکی خواجه به طرف شرق بستر روی یک دشت گسترده می‌شود که شیب آن از طرف دامنه‌های شمالی و جنوبی به طرف بستر بسیار ملایم و کم است و ارتفاع متوسط این دشت ۱۵۰۰ متر است. اکثریت گسل‌های منطقه از نوع تراستی با دوره بازگشت طولانی است (مهندسین مشاور قدس نیرو، ۱۳۷۴). عملکرد این گسل‌ها به صورت آنتسدانس و سوپیدانس باعث بالا آمدن و چین خوردن رسوبات در پایین دست (کوه عون بن علی) و گنبد‌های نمکی در قسمت‌های میانی و فرو- (رسوبات آبرفتی کواترنر، ژئیس و نمک گچ‌دار، مارن

رودخانه آجی‌چای از ارتفاع ۳۴۰۰ متری دامنه‌های جنوب و جنوب غربی کوه سبلان سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از زهکشی محیط طبیعی پیرامون خود و پیمودن مسافت زیاد از شمال و شمال غربی شهر تبریز گذشته و نهایتاً در مغرب آذرشهر، در ارتفاع ۱۲۷۰ متری به دریاچه نمکی ارومیه می‌ریزد. آب این رودخانه به علت گذر از رسوبات تبخیری میوسن مقادیر در خور ملاحظه‌ای نمک محلول را با خود به سوی این دریاچه می‌برد. سطح بستر آجی-چای از روستای ونیار به طرف غرب (پایین دست) دارای شیب ملایم است که در نزدیکی پل ونیار این شیب تندتر شده و سطح دره به آرامی از حالت U شکل خارج می‌شود. این در حالی است که به طرف شرق ما بین گنبد‌های نمکی و روستای ونیار در یک منطقه کوهستانی با شیب خیلی کم جریان دارد و

مورد مطالعه بر پایه روش‌های کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی جمع‌آوری شدند. در مرحله دوم نقشه‌ها و عکس‌های هوایی اسکن، ژئورفرنس، موزاییک و برش داده شدند. در مرحله سوم استخراج خط ساحلی رودخانه برای هر سه دوره زمانی (سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۳۵ و ۱۳۸۷) با رقوم‌سازی مرز آب و خشکی در محیط GIS برای محاسبه میزان سطح فرسایش و سطح رسوب ساحل رودخانه برای سه دوره انجام گردید. برای محاسبه فرسایش و رسوب سواحل، طول رودخانه را در هر سه دوره در فواصل مشترک (۲۵۰ متر) تقسیم‌بندی و سپس جابه‌جای خطی بر اثر رسوب و فرسایش به ازای متر برسال برای هر دوره به دست آمد. در این مرحله لایه‌های مورد نیاز از قبیل فرسایش، کاربری، لیتولوژی، شیب، بسترطغیانی و جاده رقومی و داده‌های توصیفی مورد نیاز هر یک اعمال گردید. سپس همه لایه‌های موجود با توجه به اثرگذاری و اثرپذیری هریک از فاکتورها نسبت به هم و نسبت به فرسایش رودخانه‌ای ارزش-گذاری، تبدیل به رستر و آماده وزن دهی شد. در مرحله آخر لایه‌ها و تغییرات ساحلی در محیط نرم افزارهای Arc GIS 9.3 و Excel مورد پردازش قرار گرفت و نمودارها، جداول و نقشه‌های مورد نیاز جهت تعیین مناطق خطر استخراج شد.

نتایج و بحث

بررسی جابه‌جایی مسیر کناری رودخانه با استفاده از سه داده مختلف در نرم افزار Arc GIS با مقایسه وضعیت ساحل رودخانه در دو دوره ۱۳۳۵-۱۳۷۴ (۳۹ سال) و ۱۳۸۷-۱۳۷۴ (۱۳ سال) انجام گرفت. این بررسی به منظور اندازه‌گیری تغییرات خطی در کناره‌ها در طول زمان و شناسایی مکان‌های است که فرسایش و رسوب در آنها صورت گرفته است. فرسایش و

(آهک و رس)، ماسه سنگ و کنگلومرا) از نظر فرسایش‌پذیری در رده فرسایش‌پذیر زیاد تا خیلی زیاد قرار دارند و فقط در جاهای که با ماسه‌سنگ همراه هستند سختی بیش‌تری نسبت به سایر رسوبات در برابر فرسایش از خود نشان می‌دهند. در محدوده مورد مطالعه به دلیل نامساعد بودن شرایط، پوشش گیاهی به چشم نمی‌خورد که علت اصلی آن در غرب تند بودن شیب دامنه‌ها، عدم تشکیل خاک و نبود آب و در شرق آن نیز شوری خاک است. متوسط سالانه دما ۱۰ درجه سانتی‌گراد، میزان متوسط بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر، متوسط سالانه یخبندان ۱۳۰ روز، میانگین سالانه دبی جریان و رسوب نیز به ترتیب ۱۳/۳ متر مکعب بر ثانیه و ۱۳۶۸۵۰ تن است و از نظر اقلیم اطراف رودخانه طبق تیپ‌بندی اقلیمی آمبرژه خشک سرد است و هر چه به طرف ارتفاعات (شمال یا جنوب) حرکت کنیم تبدیل به اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌شود و نهایتاً در ارتفاعات شمالی و جنوبی به اقلیم سرد تبدیل می‌گردد (مهندسین مشاور آشناب ا. سی. ای، ۱۳۷۴: ۱۰۰) در ضمن همه داده‌ها مربوط به ایستگاه ونیار است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروی‌های مسلح، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان خواجه و تبریز، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و ۱:۱۰۰۰۰ سازمان منطقه‌ای تبریز- اردبیل، تصویر سنجنده Pan ماهواره IRS در باندهای پانکروماتیک با تفکیک ۲/۵ متری و دستگاه GPS استفاده شده است. روش کار نیز بدین صورت انجام گرفت: در مرحله اول اطلاعات و گزارش‌های مورد نیاز درباره موضوع تحقیق و محدوده

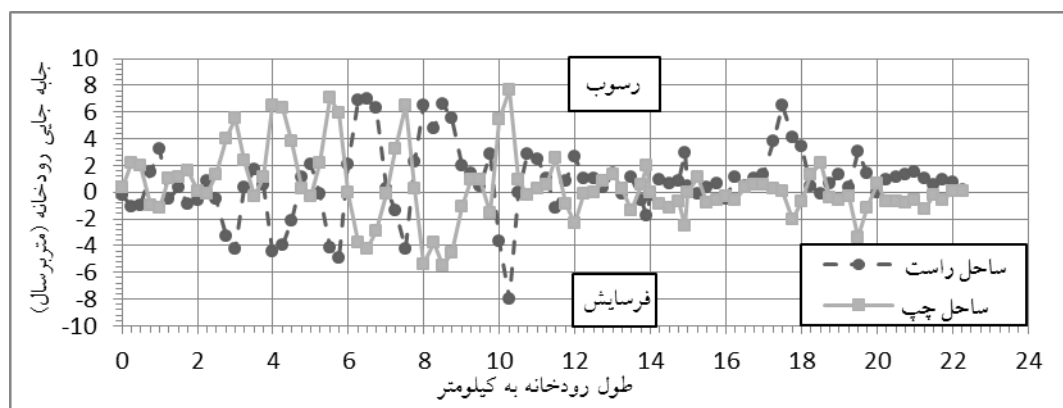
میانگین کل فرسایش کناری در منطقه مورد مطالعه ۱/۷ متر در سال و مقدار میانگین فرسایش به ترتیب برای ساحل چپ و راست ۱/۴۷ و ۱/۹۳ متر در سال است. همچنین میانگین کل رسوب ۱/۹۵ متر در سال و مقدار میانگین آن به ترتیب برای ساحل چپ و راست ۱/۹۳ و ۱/۹۷ متر در سال است. میزان جابه‌جایی کناره‌ها به صورت خطی و به عنوان تابعی از فاصله در طول ساحل چپ و راست در جدول ۱ و شکل ۲ ارائه شده است.

رسوب کناره‌های رودخانه به طور جداگانه برای هر ساحل محاسبه و نتایج به صورت خطی به وسیله مشخص کردن مناطق فرسایش یافته و رسوب یافته ارائه و به وسیله نمودار، میزان تغییرات کناری به عنوان تابعی از فاصله در طول سواحل (هر ۲۵۰ متر) در نرم افزار Excel ترسیم شد.

تغییرات کناری سال ۱۳۳۵-۱۳۷۴

جدول ۱- میانگین سالانه جابه‌جایی خطی بر اثر فرسایش و رسوب بر حسب متر بین سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴

سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴	ساحل راست	ساحل چپ
فرسایش	۱/۹۷	۱/۴۷
رسوب	۱/۹۳	۱/۹۳



شکل ۲- تغییرات کناری (متر بر سال) به عنوان تابعی از فاصله در ساحل چپ و راست در سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴

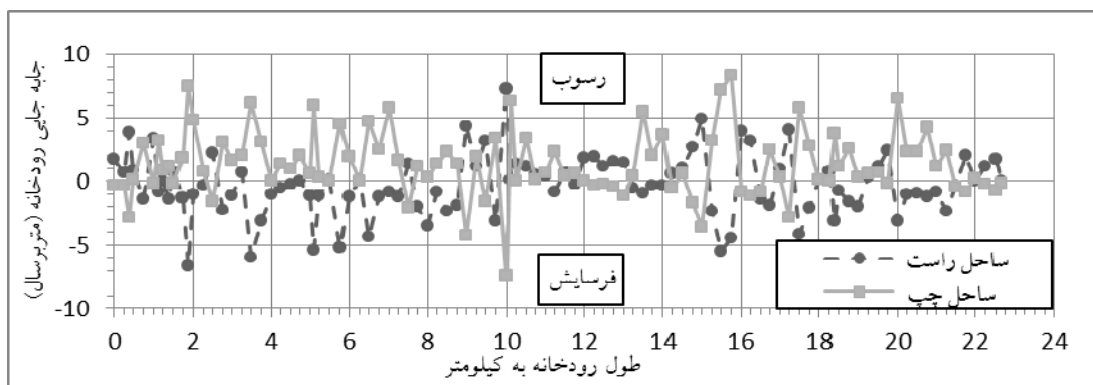
و مقدار میانگین آن به ترتیب برای ساحل چپ و راست ۲/۴ و ۱/۷ متر در سال است. میزان جابه‌جایی کناره‌ها به صورت خطی و به عنوان تابعی از فاصله در طول ساحل چپ و راست در جدول ۲ و شکل ۳ ارائه شده است.

تغییرات کناری سال ۱۳۷۴-۱۳۸۷

میانگین کل فرسایش کناری در منطقه مورد مطالعه ۱/۶۶ متر در سال و مقدار میانگین فرسایش به ترتیب برای ساحل چپ و راست ۱/۳۶ و ۱/۹۶ متر در سال است. همچنین میانگین کل رسوب ۲/۰۵ متر در سال

جدول ۲- میانگین سالانه جابه‌جایی خطی بر اثر فرسایش و رسوب بر حسب متر بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷

سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷	ساحل راست	ساحل چپ
فرسایش	۱/۹۶	۱/۳۶
رسوب	۱/۷	۲/۴



شکل ۳- تغییرات کناری (متر بر سال) به عنوان تابعی از فاصله در ساحل چپ و راست در سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷

ارزش‌گذاری، تبدیل بردارها به رستر و وزن‌دهی به لایه‌ها در نرم افزار Arc GIS مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً منجر به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر، بحرانی و بسیار بحرانی در حاشیه رودخانه گردید. لازم به ذکر است که ارزش‌گذاری فاکتورهای موجود در منطقه با توجه به اثرگذاری و اثرپذیری هریک از فاکتورها نسبت به هم و نسبت به فرسایش رودخانه‌ای انجام گرفته است. البته در هر کار مربوط به GIS و RS احتمال اشتباه در نتایج وجود دارد و این بیشتر از دو چیز ناشی می‌شود - تهیه داده‌ها در زمان‌های مختلف و - در مقیاس‌های مختلف است. که کار ما هم از این قاعده مستثنی ناست.

به‌طور کلی، در دوره اول مقدار رسوب نسبت به فرسایش در ساحل چپ ۲۴ درصد افزایش پیدا کرده و در ساحل راست حدوداً برابر است. همچنین در دوره دوم نیز مقدار رسوب نسبت به فرسایش در ساحل چپ ۴۳ درصد افزایش پیدا کرده ولی در ساحل راست ۱۳ درصد کاهش نشان می‌دهد.

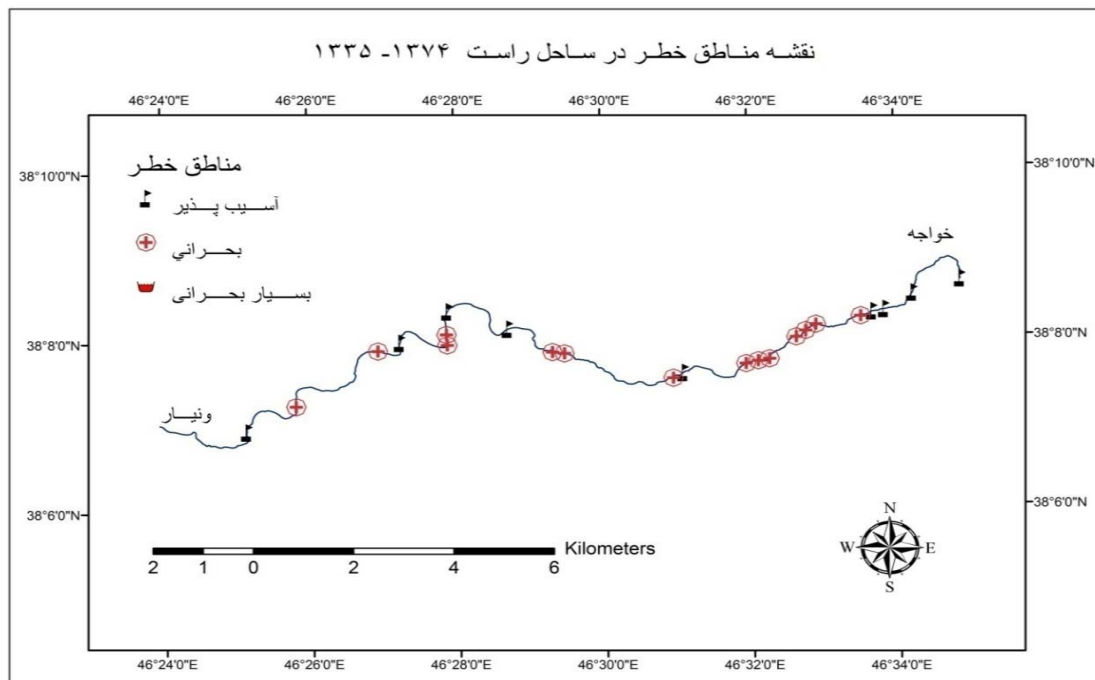
شناسایی مناطق خطر

تغییرات کناری در ارتباط با فاکتورهای دیگر موجود در منطقه از قبیل لیتولوژی، کاربری، بسترطیانی، شیب و سازه‌خطی (جاده) و مسکونی طی مراحل به صورت آماده کردن لایه‌های برداری، تشکیل جدول اطلاعاتی، بافرزدن لایه‌های خطی،

جدول ۳- ارزش‌گذاری لایه‌های موجود در منطقه با توجه به اثرگذاری و اثرپذیری هریک نسبت به هم و نسبت

به فرسایش رودخانه‌ای در منطقه مورد مطالعه

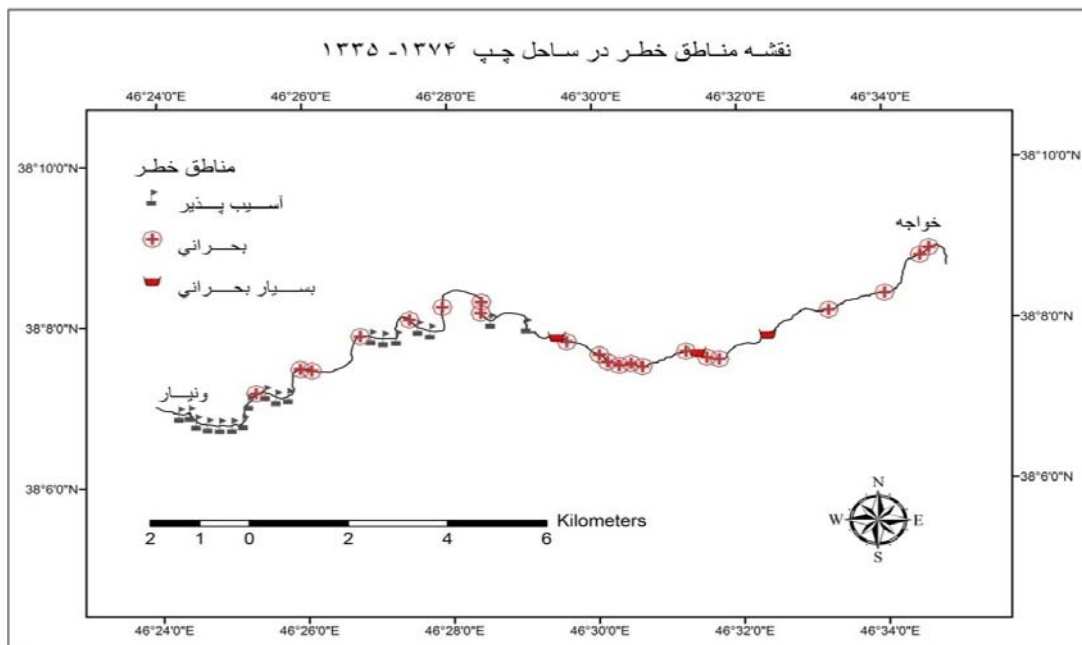
وزن دهی	ارزش گذاری	فاصله از سازه خطی	فاصله از سازه مسکونی	فاصله از بستر طغیانی	شیب (درصد)	فرسایش کناری در سال	لیتولوژی	کاربری
بسیار زیاد	۴	۵-۱۰ متر	۵۰ متر	۱۰۰ متر	۹-۰	۶ متر به بالا	رسوبات عهد حاضر	کشاورزی
	۳	۱۰-۴۰ متر	۱۰۰ متر	۷۵ متر	۱۸-۹	۴-۶ متر	مارن ژیبسی و نمکی	مرتع تنک
کم	۲	۴۰-۸۰ متر	۱۵۰ متر	۵۰ متر	۲۷-۱۸	۲-۴ متر	مارن	مرتع
	۱	۸۰ متر به بالا	۲۰۰ متر	۲۵ متر	۲۷ به بالا	۰-۲ متر	مارن و کنگلومرا	بیشه زار



شکل ۴- نقشه مناطق خطر در ساحل راست ما بین سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴

جدول ۴- مناطق خطر در ساحل راست از خواجه به طرف ونیار طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴ (واحد به متر)

بسیار بحرانی	بحرانی	آسیب پذیر
وجود ندارد.	۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۲۵۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰، ۴۲۵۰، ۴۵۰۰، ۵۲۵۰، ۵۵۰۰، ۵۷۵۰.	۰، ۱۷۵۰، ۲۵۰۰، ۲۷۵۰، ۷۲۵۰، ۱۱۵۰۰.
	۷۵۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۰۲۵۰، ۱۳۷۵۰، ۱۴۰۰۰، ۱۶۰۰۰، ۱۸۵۰۰.	۱۳۲۵۰، ۱۵۲۵۰، ۲۰۰۰۰.



شکل ۵- نقشه مناطق خطر در ساحل چپ ما بین سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴

جدول ۵- مناطق خطر در ساحل چپ از خواجه به طرف ونیاز طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴ (واحد به متر)

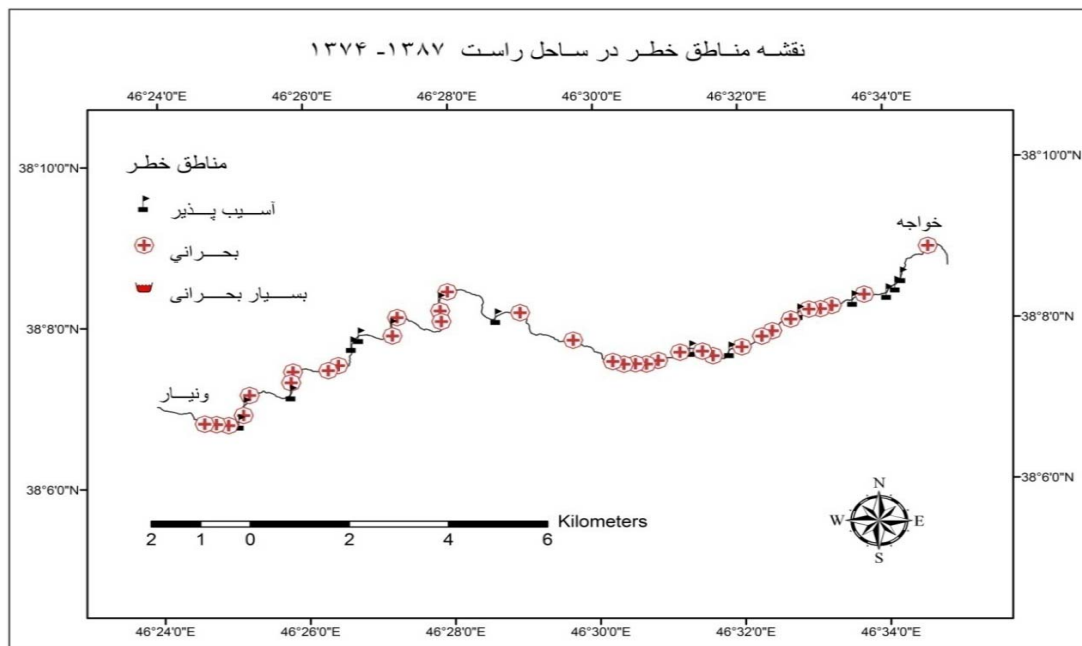
بسیار بحرانی	بحرانی	آسیب پذیر
۶۷۵۰، ۵۰۰۰	۸۲۵۰، ۸۰۰۰، ۷۰۰۰، ۶۲۵۰، ۳۵۰۰، ۲۲۵۰، ۱۰۰۰، ۷۵۰	۱۶۰۰۰، ۱۵۷۵۰، ۱۵۵۰۰، ۱۴۵۰۰، ۱۴۲۵۰، ۱۱۷۵۰، ۱۰۷۵۰
۱۰۰۰۰	۱۳۵۰۰، ۱۲۲۵۰، ۱۲۰۰۰، ۹۷۵۰، ۹۰۰۰، ۸۷۵۰، ۸۵۰۰	۲۰۷۵۰، ۲۰۵۰۰، ۲۰۲۵۰، ۱۹۷۵۰، ۱۹۲۵۰، ۱۹۰۰۰، ۱۸۷۵۰
	۱۹۵۰۰، ۱۸۰۰۰، ۱۷۷۵۰، ۱۶۲۵۰، ۱۴۷۵۰	۲۱۷۵۰، ۲۱۵۰۰، ۲۱۲۵۰، ۲۱۰۰۰۰



شکل ۶- فرسایش کناری در ساحل چپ رودخانه مورد مطالعه



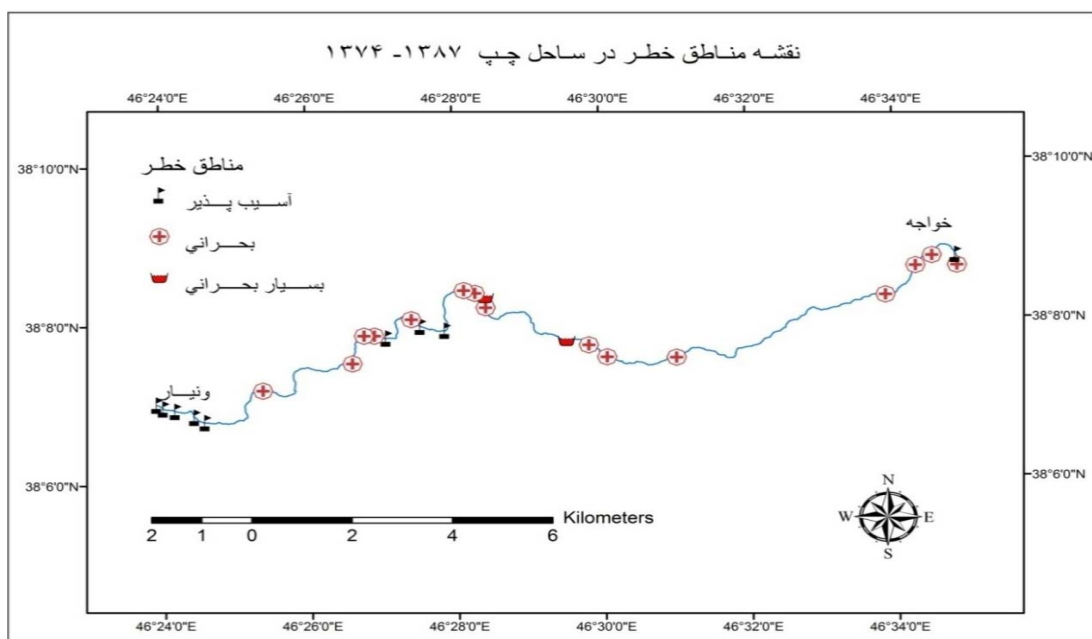
شکل ۷- فرسایش کناری در ساحل راست رودخانه مورد مطالعه



شکل ۸- نقشه مناطق خطر در ساحل راست ما بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷

جدول ۶- مناطق خطر در ساحل راست از خواجه به طرف ونیار طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷ (واحد به متر)

بسیار بحرانی	بحرانی	آسیب پذیر
	۰، ۲۷۵۰، ۳۵۰۰، ۴۰۰۰، ۴۵۰۰، ۵۰۰۰، ۵۲۵۰، ۵۷۵۰، ۶۵۰۰، ۶۷۵۰	۰، ۱۷۵۰، ۲۰۰۰، ۲۲۵۰، ۳۰۰۰، ۴۲۵۰، ۶۰۰۰
وجود ندارد.	۰، ۷۲۵۰، ۸۰۰۰، ۸۲۵۰، ۸۵۰۰، ۸۷۵۰، ۹۷۵۰، ۱۱۲۵۰، ۱۳۲۵۰، ۱۳۷۵۰	۰، ۷۰۰۰، ۱۱۷۵۰، ۱۳۵۰۰، ۱۵۵۰۰، ۱۶۵۰۰
	۰، ۱۴۰۰۰، ۱۵۲۵۰، ۱۵۷۵۰، ۱۷۵۰۰، ۱۷۷۵۰، ۱۸۵۰۰، ۱۸۷۵۰، ۲۰۵۰۰، ۲۰۰۰۰	۰، ۱۶۷۵۰، ۱۹۰۰۰، ۲۰۲۵۰، ۲۰۷۵۰
	۰، ۲۱۰۰۰، ۲۱۲۵۰، ۲۱۵۰۰	



شکل ۹- نقشه مناطق خطر در ساحل چپ ما بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷

جدول ۷- مناطق خطر در ساحل چپ از خواجه به طرف ونیار طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۷ (واحد به متر)

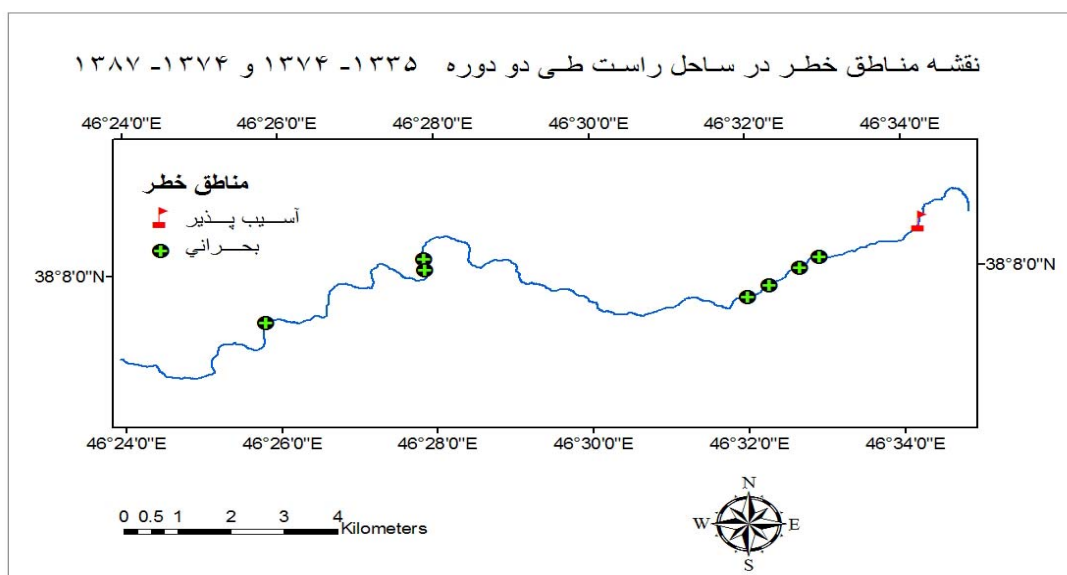
بسیار بحرانی	بحرانی	آسیب پذیر
۱۲۵۰۰، ۱۰۰۰۰	۱۳۰۰۰، ۱۲۷۵۰، ۱۲۲۵۰، ۹۵۰۰، ۹۰۰۰، ۷۵۰۰، ۲۵۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰	۲۱۵۰۰، ۱۶۰۰۰، ۱۴۷۵۰، ۱۴۲۵۰، ۲۵۰
	۱۹۷۵۰، ۱۷۲۵۰، ۱۶۵۰۰، ۱۶۲۵۰، ۱۵۰۰۰	۲۲۶۵۰، ۲۲۵۰۰، ۲۲۲۵۰، ۲۱۷۵۰

جدول ۸- درصد تغییرات مناطق خطر در طول سواحل رودخانه مابین سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۴ و ۱۳۸۷-۱۳۷۴

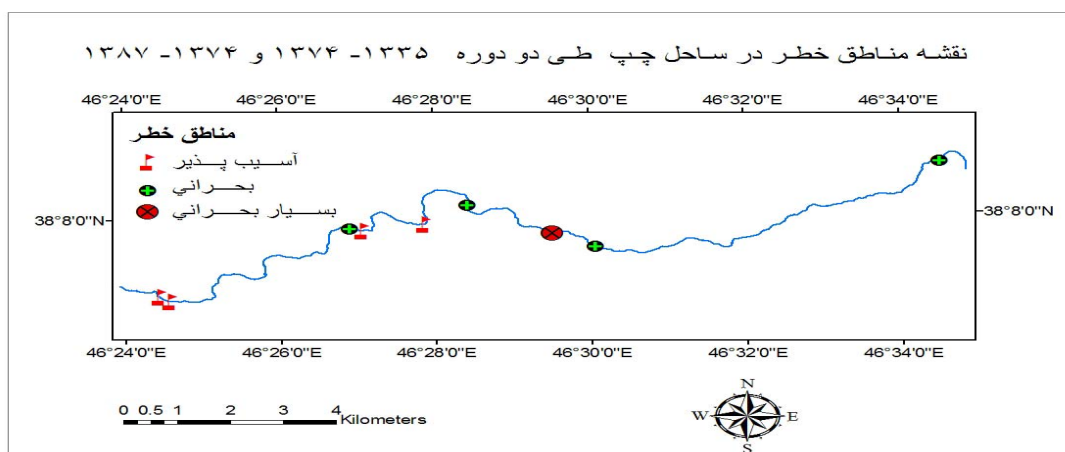
خیلی بحرانی	بحرانی	آسیب پذیر	
۰	۱۴	۹	ساحل راست ۱۳۷۴-۱۳۳۵
۰	۳۳	۱۵	ساحل راست ۱۳۸۷-۱۳۷۴
۰	+۱۳۵	+۶۶	درصد تغییرات
۳	۲۱	۱۹	ساحل چپ ۱۳۸۷-۱۳۷۴
۲	۱۵	۹	ساحل چپ ۱۳۸۷-۱۳۷۴
-۳۳	-۲۹	-۵۳	درصد تغییرات

ترکیبی از نقشه‌های مناطق خطر در ساحل راست و چپ برای هر دو دوره ۱۳۷۴-۱۳۳۵ و ۱۳۸۷-۱۳۷۴ تهیه شد که در آن مناطقی از نظر فرسایش‌کناری در هر دو دوره از نظر آسیب‌پذیری، بحرانی و خیلی-بحرانی تکرار شده بود مشخص شد (اشکال ۱۰ و ۱۱).

با توجه به جدول ۸ مناطق آسیب‌پذیر و بحرانی ساحل راست در دوره دوم نسبت به دوره اول به ترتیب ۶۶ و ۱۳۵ درصد افزایش نشان می‌دهد و در هیچ یک از دوره‌ها مناطق بسیار بحرانی وجود ندارد. در حالی که مناطق آسیب‌پذیر، بحرانی و بسیار بحرانی ساحل چپ در دوره دوم نسبت به دوره اول به ترتیب ۵۳، ۲۹ و ۳۳ درصد کاهش نشان می‌دهد. در نهایت،



شکل ۱۰- نقشه مناطق خطر در ساحل راست طی دو دوره ۱۳۳۵-۱۳۷۴ و ۱۳۸۷-۱۳۷۴



شکل ۱۱- نقشه مناطق خطر در ساحل چپ طی دو دوره ۱۳۳۵-۱۳۷۴ و ۱۳۷۴-۱۳۸۷

و رسوبات ساحل راست نیز اکثراً در ساحل چپ انباشته شده‌اند. ولی ساحل راست به خاطر جریان داشتن در رسوبات آبرفتی قابلیت فرسایش‌پذیری بالا را هنوز هم دارا است. بدیهی است که استفاده از نتایج این پژوهش توسط سایر متخصصین می‌تواند در پیشگیری از حوادث غیرمترقبه موثر باشد. این پژوهش صرفاً با توجه به تغییرات کناری رودخانه در طول زمان انجام پذیرفته و اظهار نظر در خصوص کاربردهای آن نیاز به متخصصان صاحب نظر در زمینه‌های مختلف زیست محیطی و مهندسی دارد.

منابع

ارشد، صالح، مرید، سعید، میرابولقاسمی، هادی، (۱۳۸۳)، بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: رودخانه کارون از گتوند تا فارسیاب ۸۲-۱۳۶۹)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره ۶، صص ۱۸۰-۱۹۴.

بهرامی، صاحب، (۱۳۸۷)، بررسی تغییرات مسیر رودخانه کارون با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS 2006, Landsat 1991, Landsat 1974

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از نقشه‌ها و نمودارها نشان داد که در هر دو دوره فرسایش در ساحل راست بیش‌تر از ساحل چپ است و در دوره دوم رسوب ساحل راست کاهش یافته و رسوب ساحل چپ روند افزایشی دارد. بنابراین، با توجه به این‌که در دوره دوم در ساحل راست فرسایش نسبت به رسوب بیش‌تر شده، ولی هم‌چنان در ساحل چپ افزایش رسوب نسبت به فرسایش مشاهده می‌شود که این پدیده ناشی از حساسیت بالای ساحل راست به فرسایش، کم‌تر شدن پوشش درختچه‌ای، تجمع رسوبات حاصل از فرسایش در ساحل چپ و مقاومت نسبی ساحل چپ در برابر فرسایش است. علت افزایش مناطق آسیب‌پذیر و بحرانی ساحل راست در دوره دوم نسبت به دوره اول و کاهش مناطق آسیب‌پذیر، بحرانی و بسیار بحرانی ساحل چپ در دوره دوم نسبت به دوره اول را می‌توان این دانست که قبلاً که دبی زیاد بوده فرسایش در ساحل چپ به صورت لغزش و ریزش نیز اثرگذار بوده است اما با کم شدن دبی به خاطر ناهموار بودن ساحل چپ اثر گذاری آن نیز پایین آمده

سازمان جغرافیای نیروهای مسلح، تصویر سنجنده
Pan ماهواره IRS، (۲۰۰۸).

سازمان جغرافیای نیروهای مسلح، عکس‌های هوایی
با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، (۱۳۳۵).

سازمان جغرافیایی نیروی‌های مسلح، نقشه‌های
توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تبریز و خواجه، (۱۳۷۷)
و (۱۳۷۵).

شفیعی مهر، مجید، (۱۳۸۴)، بررسی وپهنه‌بندی
ناپایداری‌های دامنه‌ای و بر آورد مقادیر فرسایش
در محدوده دریاچه سد شهید مدنی (ونیار)، پایان
نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و
اجتماعی، دانشگاه تبریز.

غفاری، گلایه، سلیمانی، کریم، مساعدی، ابولفضل،
(۱۳۸۵)، بررسی تغییرات مورفولوژی کناری
آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیای
(بابلرود مازندران)، پژوهش‌های جغرافیایی،
شماره ۵۷، صص ۶۱-۷۱.

کرمی، فریبا، (۱۳۸۶)، عوامل موثر در فرسایش کناره
ای رودخانه (نمونه موردی: حوضه زهکشی سعید
آباد چای)، فضای جغرافیایی، شماره ۱۸،
صص ۱۵۹-۱۷۸.

مهندسین مشاورآشناب ا. سی. ای، (۱۳۷۴)،
هواشناسی و هیدرولوژی، مطالعات مرحله اول
شناخت حوضه آبریز آجی‌چای، جلد اول،
سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل.
مهندسین مشاور قدس نیرو، (۱۳۷۴)، زمین شناسی و
لرزه‌خیزی، مطالعات مرحله اول پروژه سد مخزنی
شهید مدنی (ونیار)، جلد ششم، سازمان آب
منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل.

(مطالعه موردی: شوشتر- اهواز)، پایان نامه
کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی،
دانشگاه اصفهان.

جواهری، نصر...، کاشفی پور، سید محمود، قمشی،
مهدی، (۱۳۸۴)، بررسی پدیده برگشت حلقه‌های
مناندر در رودخانه کارون، مجموعه مقالات
پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه
کرمان.

چورلی، ریچاردجی، استانلی، شوم، دیویدای، سودن،
(۱۳۷۹)، ژئومورفولوژی فرآیندهای دامنه‌ای،
آبره‌ای، ساحلی و بادی (ترجمه) احمد معتمد،
انتشارات سمت، ص ۴۵۵.

حجی‌آبادی، علیرضا، (۱۳۸۲)، بررسی تغییرات
مورفولوژیکی رودخانه قزل اوزن با استفاده از RS
و GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی
آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت
مدرس.

دادرسی سبزواری، ابوالقاسم، (۱۳۸۶)، کاربرد تلفیقی
سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجنش از دور در
مطالعه حریم و تغییر شکل مسیل‌ها، اولین
همایش ملی مهندسی مسیله‌ها، مشهد، انتشارات
سیویلیکا (www.civilica.com).

رنگرن، کاظم، صالحی، بهرام، سلحشوری، پرویز،
(۱۳۸۷)، بررسی تغییرات پایین‌دست سد کرخه
قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر
چند زمانه Landsat، همایش ژئوماتیک ۸۷،
انتشارات سیویلیکا (www.civilica.com).

سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل،
عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ محدوده سد
ونیار، (۱۳۷۴).

- Matti kummu, X.X.Lu., Akchousand Rasphone, Juha Sarkkula, Jormakoponen, (2008), "Riverbank Change Along The Mekong River: Remote Sensing Detection In The Vientiane-Nong Khai Area", Quaternary International, (186), 100-112.
- Price, K. P, Egbert, S. L., Nellis, M. D., Lee, R., and, R, Boyce., (1997)," Mapping Landcover in a High Plains Agro-Ecosystem Using a Multidate Landsat Thematic Mapper Modeling Approach". Transactions of Them Kansas Academy of Science, 100 (1-2, pp 21-33.
- Yang, Xiaojun , Michiel C. J. Damenb and Robert A. van Zuidam ,(1999), "satellite remote sensing and geographic informatin system for Michiel C. J. Damen and monitoring morphodynamic of the activeyellow river delta,China". Applied Earth Observation and Geoinformation,Vol 1. pp 146-157.
- Abdul Kalam, M.D, et. Al, (1995). "Erosion Trend Study of the Ganges River Course Using Remote Sensing Techniques". ASIAN-PACIFIC Remote Sensing 8 (1).
- Aswathy, M.V., Vijith. H, Satheesh.R., (2007). "Factors Influencing the Sinuosity of Pannagon River, Kattayam, Kerala, India: an Assessment Using Remote Sensing and GIS", Environ Monit Assess, Vol 138, pp 173-180.
- Atwood, J., T. Watts, K. Price, J. Kastens. (2005)." The big picture--satellite remote sensing applications in rangeland assessment and crop insurance. Reviewed and Published Proceedings",Agricultural Outlook Forum 2005. Speech Booklet 2: p26.
- 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.
- Lofthouse, Caroline., Rabert, Ander, (2008). "Riffle-Pool Sequences and Meander Morphology", Geomorphology 99, pp 214-223.