



دانشگاه شاهرود - دانشکده مهندسی عمران

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و ششم، شماره ششم، ۱۳۹۸

۱۳۹-۱۵۸

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.15616.3080

## بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه بازفت در بازه سی‌ساله (۹۵-۱۳۶۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست

\*آرش کوهی‌زاده دهکردی<sup>۱</sup>، روح‌الله فتاحی نافچی<sup>۲</sup>، میلاد خواستار بروجنی<sup>۳</sup> و حسین صمدی بروجنی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، <sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد،

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۰

### چکیده

**سابقه و هدف:** بررسی تغییرات رفتار رودخانه‌ها، اهمیت ویژه‌ای در حفاظت سازه‌های آبی و تعیین حریم بستر رودخانه و همچنین کاهش خسارت‌های احتمالی دارد. سدها از جمله سازه‌هایی هستند که بیش‌ترین تأثیر را بر مورفولوژی رودخانه دارند. از این‌رو، بررسی وضعیت ریخت‌شناسی رودخانه‌ها منتهی به سدهای بزرگ در برنامه‌ریزی و سهولت تصمیم‌گیری‌های راهبردی در مورد احداث سازه‌های مهندسی در طول رودخانه بسیار دارای اهمیت است. در سال‌های اخیر با توجه به خصوصیات منحصر به فرد تکنیک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعات بسیاری در زمینه بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها انجام شده است. در پژوهش حاضر، تحقیق با استفاده از ۲۶ تصویر ماهواره‌ای لندست به بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه بازفت بین سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۹۵ پرداخته شده است.

**مواد و روش‌ها:** به منظور ارزیابی ریخت‌شناسی رودخانه بازفت پارامترهای ریخت‌شناسی مانند جابه‌جایی مرز رودخانه، تغییرات مساحت ناشی از فرسایش و رسوب‌گذاری سواحل در دوره‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که دوره‌های بلندمدت ۱۰ ساله و دوره‌های کوتاه‌مدت ۱ ساله در نظر گرفته شد. برای تعیین مقادیر ریخت‌شناسی از ۲۶ فریم تصاویر ماهواره‌ای لندست در محیط نرم‌افزارهای *ENVI* و *GIS* استفاده گردید. در این پژوهش اختلاف مجرای اصلی رودخانه در ساحل چپ و راست بر روی مقطع عرضی در دو سال مختلف به‌عنوان جابه‌جایی مجرای اصلی در آن بازه زمانی منظور شد. مقادیر منفی و مثبت به ترتیب رسوب‌گذاری (زمین‌زایی) و فرسایش (از بین رفتن زمین) در نظر گرفته شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بیش‌ترین تغییرات در بازه ۶۲ تا ۸۴ کیلومتری رودخانه بازفت رخ می‌دهد که دلیل آن وجود پیچان‌ها در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری موز و زیرشاخه‌های جانبی متعدد در این دو بازه است. بررسی مساحت

\* مسئول مکاتبه: [koohizadeh@stu.sku.ac.ir](mailto:koohizadeh@stu.sku.ac.ir)

فرسایش و رسوب‌گذاری در دوره‌های بلندمدت نشان داد در سال‌های ۷۳-۱۳۶۴، ۸۴-۱۳۷۳ و ۹۴-۱۳۸۴ رودخانه با رسوب‌گذاری سواحل همراه بوده است. برای دوره ۳۰ ساله ۹۴-۱۳۶۴ متوسط رسوب‌گذاری و فرسایش رودخانه به ترتیب حدود ۶۹/۴۳ و ۴۲/۳۴ هکتار برآورد می‌شود که در این شرایط ۲۷/۰۹ هکتار زمین ناشی از رسوب‌گذاری ایجاد شده است. در دوره کوتاه‌مدت نتایج نشان می‌دهد تفاوت زیادی بین متوسط رسوب‌گذاری و فرسایش ساحل چپ وجود ندارد و در این ساحل مساحت رسوب‌گذاری حدود ۲ درصد بیش‌تر از فرسایش می‌باشد، این در حالیست که در ساحل راست رسوب‌گذاری حدود ۸ درصد از فرسایش بیش‌تر بوده که این اختلاف در سطح ۹۵٪ معنی‌دار است.

**نتیجه‌گیری:** بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه بازفت با استفاده از بررسی تصاویر ماهواره‌ای در یک بازه سی ساله نشان داد که بیش‌ترین تغییرات در بازه ۶۲ تا ۸۴ کیلومتری رودخانه می‌باشد که با ساماندهی رودخانه و حفاظت سواحل در این محدوده می‌توان میزان فرسایش سواحل را کاهش داد. بیش‌ترین مساحت رسوب‌گذاری در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری مورز و در مجاورت جاده خوزستان- چهارمحال و بختیاری می‌باشد پس می‌توان این منطقه را محل مناسبی به منظور برداشت شن و ماسه پیشنهاد داد. به‌طورکلی ساحل چپ بیش‌تر دچار فرسایش است در صورتی‌که در ساحل راست میزان رسوب‌گذاری از فرسایش بیش‌تر است.

**واژه‌های کلیدی:** پردازش طیفی، ریخت‌شناسی رودخانه، سنجش از دور، کارون شمالی

#### مقدمه

در سال‌های اخیر خصوصیات منحصر به فرد تکنیک سنجش از دور و توسعه تصاویر ماهواره‌ای، موجب دسترسی ساده به اطلاعات در طول زمان‌های مختلف شده است. تصاویر ماهواره‌ای علاوه بر آرشیو کامل باید دارای همسانی طیفی و مکانی بیشینه باشند تا امکان کشف تغییرات ناشی از گذر زمان قابل استخراج باشد (۳). در میان تصاویر ماهواره‌ای، لندست تنها منبع جهانی و کالبره شده است که امکان اندازه‌گیری‌هایی دقیق و طولانی مدت از سطح زمین را فراهم می‌آورد. آرشیو بلندمدت، قابلیت دسترسی و قدرت تفکیک طیفی و مکانی این ماهواره موجب گسترش در میان کاربران شده است. این تصاویر از لحاظ سطح تصحیحات ناسا از نوع Level 1T هستند که این مؤسسه تصحیحات هندسی با دقتی مطلوب‌تر از ۰/۴ پیکسل را برای آرشیو موجود تضمین نموده است (۲).

ریخت‌شناسی رودخانه، علم شناخت سامانه رودخانه از نظر شکل و شکل مسطحه، مشخصه‌های هیدرولیکی، راستا و نیمرخ طولی بستر و نیز روند و سازوکار تغییرات این مشخصات می‌باشد. علم مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه، در واقع کوششی است برای آن‌که رودخانه‌ها را به‌صورت نمود و پدیده‌های یکنواخت و تیپ توصیف نماید (۷). تغییرات رودخانه‌ها معمولاً زمان‌بر بوده و در بازه‌های زمانی بلندمدت میسر می‌باشد. برای تشخیص این تغییرات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده در بازه‌های زمانی مختلف مفید خواهد بود (۹). یکی از عواملی که دستیابی به نتایج دقیق و قابل اطمینان در فرآیند کشف تغییرات را فراهم می‌کند، کسب اطلاعات در دو یا چند زمان از پدیده‌ها است. این موضوع لزوم در اختیار داشتن داده‌های چند زمانه در کشف تغییرات را روشن می‌سازد (۵).

است اما از "۲۰۱۰-۱۹۸۹" کاهش یافته است (۱۷). وانگ و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه، تغییر مکانی-زمانی سواحل نینگبو در بازه ۲۰۱۵-۱۹۷۶ پرداختند و بدین منظور تصاویر لندست از سنسورهای مختلف، از جمله (MSS)، (TM)، (ETM<sup>+</sup>) و (OLI) مورد آنالیز قرار گرفته و با استفاده از شاخص نرمال آب (NDWI) و شاخص اصلاح شده نرمال آب (MNDWI) تغییرات ساحل نینگبو بررسی شد. نتایج این پژوهشگران نشان داد که طول سواحل نینگبو از ۹۱۰ کیلومتر به ۹۸۶ کیلومتر افزایش یافته است و ریخت‌شناسی ساحل رودخانه به سمت راست تغییر کرده است (۱۸). لی و همکاران (۲۰۱۶) در یک بازه ۳۰ ساله تغییرات خط ساحلی در غرب فلوریدا در مقیاس سالانه و ساب پیکسل با استفاده از داده‌های لندست در بازه زمانی (۲۰۱۳-۱۹۸۴) بررسی کردند. نتایج نشان داد که در غرب ساحل فلوریدا نرخ متوسط تغییرات  $0/05 \pm 0/42$  کیلومتر مربع بر سال در طول سه دهه است. این مطالعه نشان می‌دهد سری زمانی داده‌های لندست برای بررسی تغییرات ریخت‌شناسی ساحل رودخانه مناسب است (۱۴). ضاری و همکاران (۲۰۱۴) آنالیز رودخانه گنگ را با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر مختلف لندست در طول سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۵ را انجام دادند. در این پژوهش مشخص شد که ساحل در غرب رودخانه گنگ فرسایش بیش‌تر دارد و رودخانه به سمت غرب تغییر می‌کند و پیشنهاد کردند که ساختارهای حفاظت از سیل برای ساحل غرب احداث گردد (۱۲). آرچنا سرکر و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه براهماپوترا هند در یک بازه ۶۲۰ کیلومتری در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ پرداختند. این پژوهشگران ابتدا به وسیله تصاویر ماهواره‌ای لندست، تصاویر IRS

با استفاده از موقعیت باندهای جذبی در طیف بازتابی و عوامل به وجود آورنده تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان شاخص‌هایی برای تفکیک پدیده‌های مختلف تعریف کرد. عدم انعکاس آب در محدوده مادون قرمز نزدیک باعث تفکیک آب در این طول موج از دیگر پدیده‌ها می‌شود. شاخص‌های آب با توجه به این قانون عمومی و تلفیق اطلاعات دو یا چند باند طیفی با استفاده از عملگرهای مختلف جبری برای افزایش قابلیت تمایز آب از سایر پدیده‌ها توسعه یافته‌اند (۱۰). شاخص‌های مختلفی برای تفکیک آب وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به شاخص‌های NDWI، MNDWI، AWEI<sub>shadow</sub>، AWEI<sub>noshadow</sub> و WI2015 اشاره نمود که اساس کار تمامی شاخص‌ها عدم انعکاس آب در محدوده مادون قرمز نزدیک است (۱۱). در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری در سراسر جهان با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به عنوان روشی غیرمستقیم به بررسی ریخت‌شناسی رودخانه‌ها پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از این موارد اشاره می‌شود.

دوان و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات ساحل رودخانه گنگ- پادما در بنگلادش را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست چند زمانه در بازه ۲۰۱۱-۱۹۷۳ بررسی کردند. داده‌های اصلی در این بررسی تصاویر لندست و دبی جریان در هشت دوره با میانگین ۴/۵ ساله می‌باشد. آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار GIS به این نتیجه رسیدند که فرسایش و رسوب‌گذاری ساحل راست بیشینه است (۱۶). رضاییان و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات ریخت‌شناسی در رودخانه کارون را با استفاده از چهار سری تصاویر ماهواره‌ای (ماهواره لندست TM و ETM) مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که طول رودخانه از "۱۹۸۹-۱۹۵۸" افزایش یافته

خزر بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بستر و کانال رودخانه اترک در حال تغییر بوده و عوامل این تغییرات با نوع سازندهای زمین‌شناسی، فرسایش‌پذیر بودن سازندهای کنار بستر رودخانه، افزایش بار رسوبی بستر، تغییرات دبی جریان آب، عوامل انسانی و در نهایت فرسایش کناری رودخانه ارتباط دارد (۸). طاهریان و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد خریدیکسلی دو شاخص MNDWI و  $AWEI_{shadow}$  در تفکیک رودخانه‌های کم‌عرض و کم‌عمق را مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد برای پیکسل‌های خالص آب هر دو شاخص از صحت قابل‌قبولی برخوردارند اما در مورد پیکسل‌های مخلوط آب شاخص MNDWI قابلیت مناسب‌تری دارد (۱۹).

پر واضح است که در بیش‌تر پژوهش‌های انجام شده، با استفاده از تعداد کمی از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌هایی توپوگرافی و یا حتی عکس‌های هوایی مرز رودخانه به‌صورت دستی استخراج شده و بر اساس آن تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌های آبرفتی در یک دوره بلندمدت مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین در این پژوهش به‌منظور ارزیابی رودخانه‌های کم‌عمق و کم‌عرض، تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه بازفت در دوره‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش هدف استخراج مرز رودخانه با استفاده از شاخص‌های آب و به‌صورت طیفی است تا بر اساس بررسی تغییرات سالانه مرز رودخانه بتوان ارتباطی بین نرخ خالص فرسایش و رسوب‌گذاری و دبی جریان و رسوب برقرار نمود.

### مواد و روش‌ها

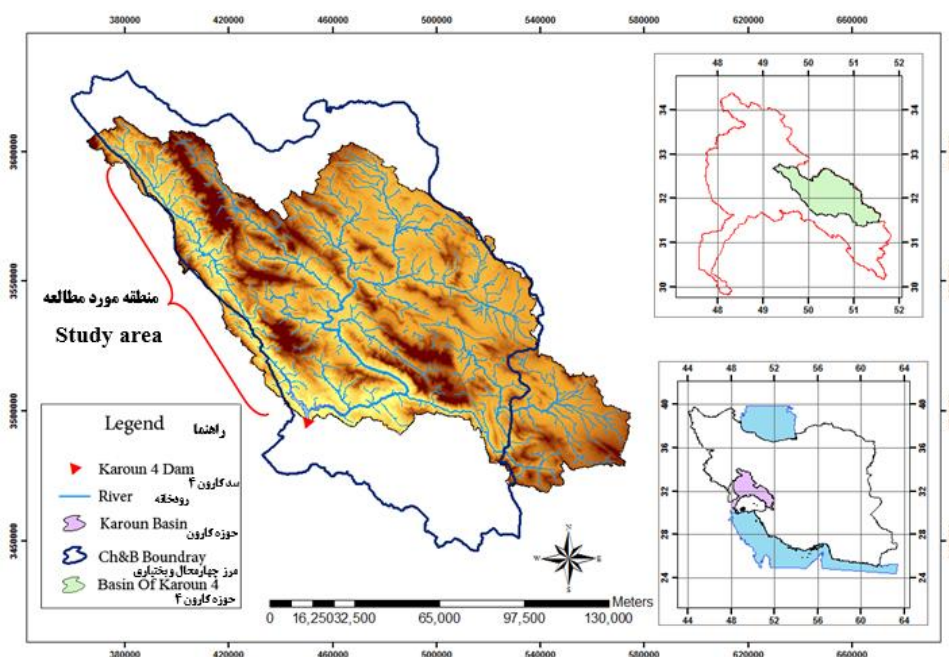
**منطقه مورد مطالعه:** رودخانه بازفت با طول ۱۳۲ کیلومتر در حوضه بازفت قرار گرفته است که از دامنه جنوبی زردکوه بختیاری سرچشمه گرفته و سپس از طریق منطقه بازفت، به‌سمت جنوب‌شرقی روان

را زمین مرجع کرده و با استفاده از شاخص NDWI مرز رودخانه را مشخص کردند. مشاهدات این پژوهشگران گویای فرسایش دو طرف رودخانه در بازه مورد مطالعه است (۶). یاو و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از نقشه‌های، عکس‌های هوایی و بررسی میدانی و تصاویر ماهواره‌ای فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه زرد چین منتهی به نینگشیا-مغولستان را مورد مطالعه قرار دادند. این پژوهشگران گزارش کردند که مساحت کل جابجایی ساحل در بازه ۲۰۰۸-۱۹۵۸ برابر ۵۱۸/۳۸ کیلومترمربع است که ۲۵۹/۲۹ کیلومترمربع آن مربوط به ساحل سمت چپ و ۲۶۱/۰۹ کیلومترمربع آن مربوط به ساحل راست است (۴).

در کشور ایران نیز پژوهشگران در زمینه ریخت‌شناسی رودخانه پژوهش‌هایی انجام دادند که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌گردد. خواستار و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از ۱۳ تصویر ماهواره‌ای لندست به بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه ارمند بین سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۹۵ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد بیش‌ترین تغییرات در بازه ۱۰ تا ۲۰ کیلومتری از سد کارون ۴ رخ داده است (۱۵). یمانی و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat سنجنده OLI و TM در بازه زمانی ۱۹۸۷ الی ۲۰۱۳ و همچنین از تصاویر ماهواره IRS سنجنده P5 هم برای تفسیر دقیق‌تر عوارض کناره‌های رودخانه، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی بستر رودخانه ارس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات و جابجایی عرضی زیادی را طی ۲۶ سال اخیر (در بعضی نقاط ۷/۱ کیلومتر) در ساحل رودخانه به وجود آمده است (۱۳). شرفی و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ریخت‌شناسی رودخانه مرزی اترک را در بازه‌ای به طول تقریبی ۱۵۲ کیلومتر از محل اتصال شاخه سومبار تا دریای

است. حوضه بازفت در بین طول‌های جغرافیایی ۴۹/۸۱ و ۵۳/۵۳ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۱/۶۳ و ۳۲/۴۸ شمالی واقع شده است. شکل ۱ موقعیت رودخانه بازفت، حوضه آبریز و موقعیت سد کارون ۴ را نشان می‌دهد.

می‌شود و نهایتاً به سد کارون ۴ می‌ریزد. حوضه بازفت با مساحتی بالغ بر ۲۱۸۰ کیلومترمربع به شکل یک نوار کم‌عرض (۱۶ کیلومتر) ولی با طول نسبتاً زیاد (حدود ۱۳۵ کیلومتر) در قسمت شمال تا جنوب‌غربی استان چهارمحال و بختیاری واقع شده و در راستای شمال‌غرب- جنوب شرق امتداد یافته



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Location of study area.

فصل خشک منطقه جمع‌آوری شد. انتخاب تصاویر در فصل خشک به این دلیل است که در این زمان پوشش گیاهی و دیگر شرایط زمین، به‌ویژه سطح آب بهتر قابل ارزیابی است. علاوه بر این در طول فصل خشک احتمال وجود تصاویر بدون پوشش ابر بیشتر است و مرز و الگوی رودخانه بهتر قابل تشخیص است. جدول ۱ مشخصات تصاویر مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

**تصاویر ماهواره‌ای:** با توجه به این‌که رودخانه بازفت در تصاویر ماهواره‌ای در دو فریم جداگانه قرار می‌گیرد، در این پژوهش از ۲۶ فریم تصویر سنجنده ماهواره لندست به‌عنوان داده‌های اصلی و نقشه‌های پوششی ۱:۲۵۰۰۰ کشور به همراه تصاویر گوگل ارث به‌عنوان داده‌های مرجع زمینی جهت بررسی تغییرات ۳۰ سال اخیر مرز و نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری ساحل رودخانه بازفت استفاده شد. تمام تصاویر در فاصله نیمه تا اواخر ماه آگوست میلادی منطبق بر

جدول ۱- داده‌های مورد استفاده در این مطالعه (مربوط به فصل خشک).

Table 1. Data used in this study (related to dry season).

ردیف Row	گذر Path	تاریخ برداشت Date Pickup			سنجنده Sensor	ردیف Row	گذر Path	تاریخ برداشت Date Pickup			سنجنده Sensor
		سال Year	ماه Month	روز Day				سال Year	ماه Month	روز Day	
		38	164	2009				8	4	Landsat-TM	
37	165	2009	7	26	Landsat-ETM+	37	165	1985	6	22	Landsat-ETM+
38	164	2010*	8	31		38	164	1987	8	24	
		2010	8	15	37	165	1987	8	15		
37	165	2010*	7	21	Landsat-ETM+	38	164	1994	8	27	Landsat-TM
		2010	8	6		37	165	1994	8	38	
38	164	2011*	8	2	Landsat-ETM+	38	164	2005*	8	1	Landsat-ETM+
		2011	8	18		38	164	2005	8	17	
37	165	2011*	8	9	Landsat-ETM+	37	165	2005*	8	8	Landsat-ETM+
		2011	8	25		37	165	2005	8	24	
38	164	2012	8	4	Landsat-ETM+	38	164	2006	9	5	Landsat-ETM+
		2012*	8	20		38	164	2006*	9	21	
37	165	2012	8	11	Landsat-ETM+	37	165	2006*	8	11	Landsat-ETM+
		2012*	8	27		37	165	2006	8	27	
38	164	2013	8	15	Landsat-OLI	38	164	2007*	8	7	Landsat-ETM+
37	165	2013	8	22		38	164	2007	8	23	
38	164	2014	8	18	Landsat-OLI	37	165	2007	8	14	Landsat-ETM+
37	165	2014	8	25		37	165	2007*	8	30	
38	164	2015	8	21	Landsat-OLI	38	164	2008	8	1	Landsat-TM
37	165	2015	8	28		37	165	2008	7	23	

طبقه‌بندی نشده‌اند روی محور طولی قرار گیرد، آستانه بهینه نقطه‌ای است که بیش از سایر نقاط به سمت چپ و بالای نمودار منحرف شده باشد (۱). در واقع در این نقطه بیش‌ترین میزان نرخ طبقه‌بندی صحیح و کم‌ترین نرخ طبقه‌بندی نادرست دیده می‌شود.

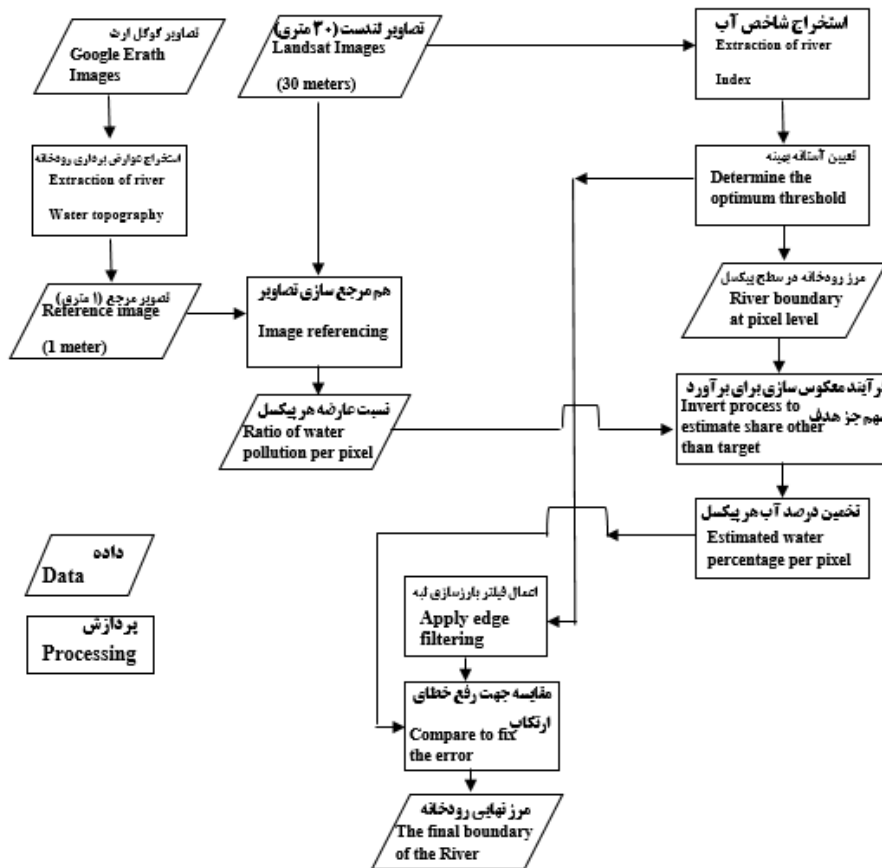
بر اساس شاخص بهینه موقعیت رودخانه در سطح پیکسل مشخص می‌شود. سپس برای تدقیق مرز تعیین شده از قابلیت خرد پیکسلی شاخص بهینه در تخمین محتوای آب هر پیکسل استفاده شد. پس از آن از فرایند بارزسازی لبه برای رفع اثر خطای طبقه‌بندی در مناطق مرزی رودخانه مورد استفاده قرار گرفت. خطای طبقه‌بندی زمانی رخ می‌دهد که یک پیکسل

استخراج مرز رودخانه: شرح کلی انجام این پژوهش در شکل ۲ و در قالب نمودار روندنما ارائه شده است. در این روش پس از محاسبه کاربردی‌ترین شاخص‌های آب، انتخاب شاخص بهینه با استفاده از نمودار ROC صورت پذیرفت (۱۵). منحنی ROC یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی نتایج روش الگوریتم آستانه‌گیری و ارزیابی قابلیت آستانه‌های گوناگون در تفکیک پدیده مورد نظر است. این منحنی رابطه بین سلول‌هایی که به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند و سلول‌هایی که به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند را نشان می‌دهد. اگر نرخ سلول‌هایی که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند روی محور عرضی و نرخ سلول‌هایی که به‌درستی

در واقع اختلاف مرز رودخانه در ساحل چپ و راست بر روی مقطع عرضی در دو سال مختلف به عنوان جابه‌جایی مرز رودخانه در آن بازه زمانی منظور شد. در این بررسی مقادیر مثبت و منفی به ترتیب فرسایش (از بین رفتن زمین) و رسوب‌گذاری (زمین‌زایی) در نظر گرفته شد. در ادامه با توجه به تغییرات مرز رودخانه مساحت فرسایشی و رسوب‌گذار در حد فاصل دو مقطع عرضی به دست آمد. همچنین عرض رودخانه بر اساس فاصله بین مرز چپ و راست و تقاطع آن به خط مقطع عرضی در هر تصویر استخراج شد. شکل ۳ نمایی از مقاطع عرضی و چگونگی تعیین جابه‌جایی مرز رودخانه، میزان فرسایش و رسوب‌گذاری را نشان می‌دهد.

(عارضه) متعلق به یک دسته به یک دسته دیگر اختصاص یابد. تمامی مراحل پردازش تصاویر در محیط نرم‌افزار ENVI انجام شد.

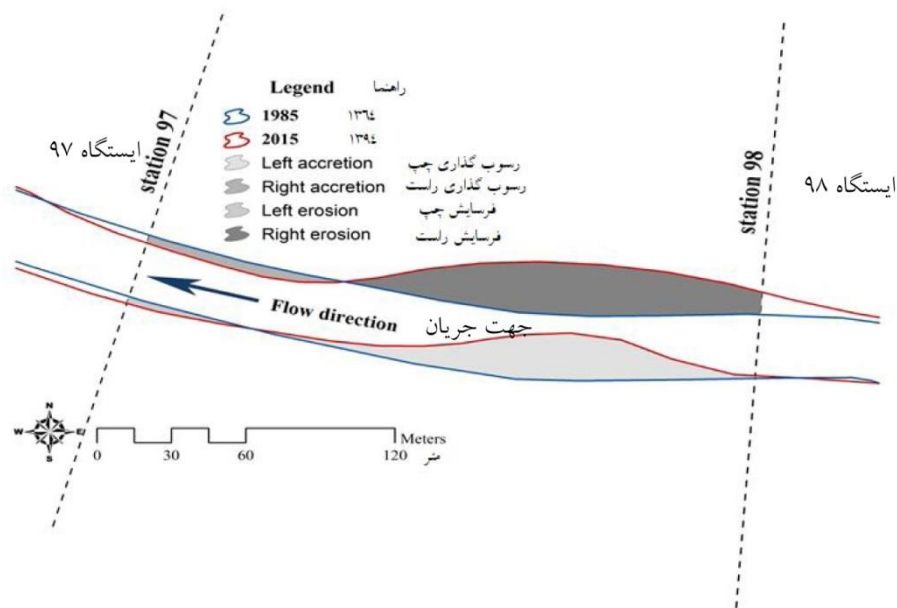
عملیات صحت‌سنجی به‌عنوان مبنای بررسی صحت فرایند استخراج مرز رودخانه با استفاده از مقایسه مرز استخراج شده با این روش و مرز مرجع در مناطقی که احتمال تغییرات به دلیل توپوگرافی شدید و یا احداث سازه‌های مهندسی وجود ندارد، صورت گرفت (۱۵). در ادامه مرز رودخانه در سال‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 با دقت مناسب مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که از ۵۰۷ مقطع عمود بر مسیر جریان با فواصل ۲۵۰ متری به منظور بررسی تغییرات پارامترهای ریخت‌شناسی استفاده شد.



شکل ۲- نمودار روندنما برای استخراج خودکار رودخانه در مقیاس خرد- پیکسل از تصاویر لندست.

Figure 2. Routine diagram for the river's automatic extraction on a pixel-wide scale of Landsat images.





شکل ۳- نمونه‌ای از مقاطع عرضی و میزان جابه‌جایی مرز رودخانه، مساحت فرسایش و رسوب‌گذاری.

Figure 3. Shows an example of transverse sections and the rate of river boundary displacement, erosion and accretion area.

راست کل بازه رودخانه در دوره بلندمدت رسم شد که در شکل ۴ قابل مشاهده است. بر اساس نتایج شکل ۴، رودخانه بازفت بر اساس تغییرات ساحل رودخانه، کوهستانی بودن و دسترسی به منطقه و وجود عارضه‌های طبیعی، هم‌چنین بازدیدهای میدانی و تصاویر گوگل ارث به چهار بازه مجزا تقسیم‌بندی شد. بازه اول، از مبدأ تا فاصله ۴۷ کیلومتر از مقطع اصلی رودخانه بوده، بازه دوم از فاصله ۴۷ کیلومتر تا ۶۲ کیلومتری، بازه سوم از فاصله ۶۲ کیلومتر تا ۸۴ کیلومتر و در انتها، بازه چهارم از فاصله ۸۴ کیلومتر تا انتهای مسیر رودخانه (۱۲۷ کیلومتر) می‌باشد. بازه اول به‌دلیل نوسانات کم و تغییرات اندک دبی، بازه چهارم نیز به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه، نوسانات مخزن سد کارون ۴ و عدم دسترسی کم‌تر مورد توجه قرار گرفت. جابه‌جایی مرز رودخانه بازفت در دوره‌های بلندمدت با توجه به فرسایش و رسوب‌گذاری برای دو بازه مورد بررسی در فاصله زمانی ۱۹۸۵ الی ۲۰۱۵ در جدول ۲ ارائه شده است.

### نتایج و بحث

در این پژوهش پارامترهای ریخت‌شناسی رودخانه بازفت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در دوره‌های بلند و کوتاه‌مدت از سال ۱۳۶۴ (۱۹۸۵) تا ۱۳۹۴ (۲۰۱۵) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در ادامه به تفصیل ارائه می‌شود. دوره‌های کوتاه‌مدت بررسی‌های سالانه از سال ۱۳۸۴ الی ۱۳۹۴ می‌باشد در صورتی که دوره بلندمدت شامل دوره‌های ۱۰ ساله و ۳۰ ساله ۷۳-۱۳۶۴، ۸۴-۱۳۷۳، ۹۴-۱۳۸۴ و ۹۴-۱۳۶۴ بررسی شده است.

نتایج بررسی مجموع فاکتورهای صحت‌سنجی در کنار میزان پایداری آستانه‌ها باعث شد شاخص MNDWI به‌عنوان بهترین شاخص برای تعیین محدوده مرز رودخانه انتخاب شود (۱۵).

### جابه‌جایی مرز

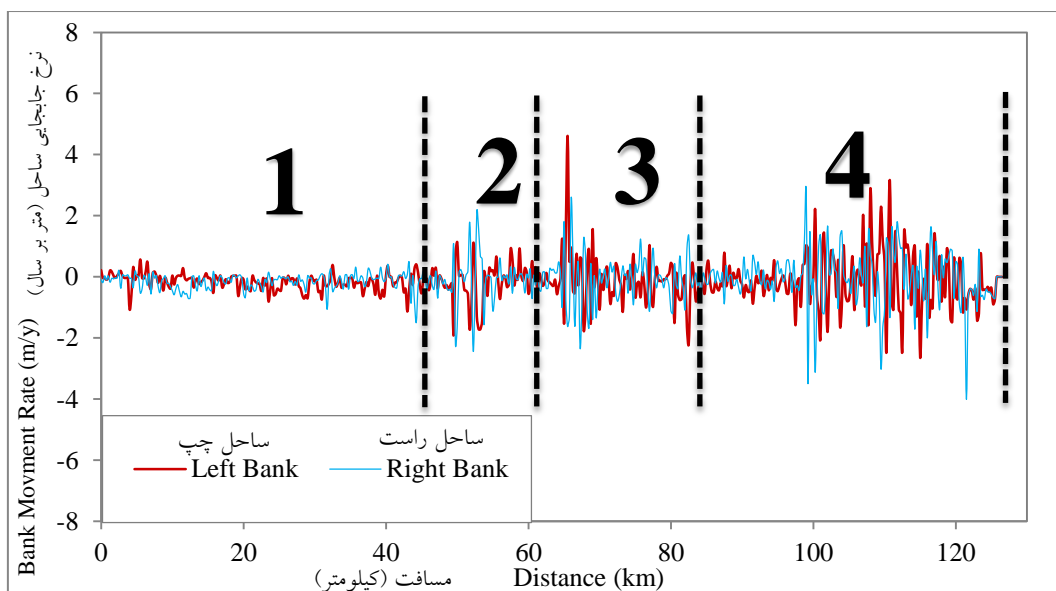
بلندمدت: به‌منظور تعیین بازه‌های رسوب‌گذار و فرسایشی نمودار تغییرات جابه‌جایی ساحل چپ و



آبراهه‌ها در مسیر دانست. از نتایج جدول ۲ مشخص است برای دو دوره ۱۹۸۵-۹۴ و ۲۰۰۵-۱۵ نرخ خالص تغییرات فرسایشی است پس در این دو دوره زمین بیش‌تری از بین رفته است؛ اما برای دوره‌های ۱۹۸۵-۱۵ و ۱۹۹۴-۲۰۰۵ نرخ خالص تغییرات از نوع رسوب‌گذاری است از این رو در این دوره انتظار ایجاد زمین جدید و موقعیت‌هایی جهت برداشت شن و ماسه می‌باشد. اعداد داخل پرانتز در جدول ۲، درصد جابه‌جایی مرز رودخانه نسبت به عرض متوسط آن دوره زمانی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود متوسط نرخ تغییرات مرز رودخانه (متر در سال) نسبتاً کم است و بیشینه آن ۴ درصد عرض رودخانه را شامل می‌شود. بررسی نرخ خالص جابه‌جایی رودخانه بازفت نشان داد دو دوره زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۵ و ۱۹۹۴-۰۵ در هر دو ساحل چپ و راست مقدار رسوب‌گذاری از فرسایش بیش‌تر است اما در دوره ۱۹۸۵-۹۴ و ۲۰۰۵-۲۰۱۵ نرخ فرسایش بیشینه است.

براساس نتایج جدول ۲، در دوره‌های ۱۹۸۵-۹۴ و ۱۹۹۴-۰۵ برای ساحل راست رسوب‌گذاری اتفاق افتاده اما ساحل چپ فرسایشی است. برای دوره ۲۰۰۵-۱۵ نتایج برعکس است و ساحل راست فرسایشی، ساحل چپ رسوب‌گذار بوده که منجر به ایجاد زمین جدید می‌شود. برای دوره بلندمدت ۱۹۸۵-۱۵ هر دو ساحل چپ و راست مقادیر رسوب از فرسایش بیش‌تر است. در بین دوره‌های بلندمدت، بیش‌ترین مقدار فرسایش و رسوب‌گذاری مربوط به ساحل چپ به‌ترتیب در بازه‌های زمانی ۱۹۸۵-۱۵ و ۱۹۸۵-۹۴ رخ داده است.

شکل ۵ میزان جابه‌جایی مرز رودخانه برای سه دوره ۱۹۸۵-۱۹۹۴، ۱۹۹۴-۲۰۰۵ و ۲۰۰۵-۲۰۱۵ به‌ترتیب در ساحل چپ و راست نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است ساحل چپ رودخانه پویاتر از ساحل راست است. این را می‌توان از نتایج جدول ۲ هم پی برد. بیش‌ترین تغییرات مربوط به ابتدای دو بازه می‌باشد که دلیل آن را می‌توان به وجود



شکل ۴- نمودار تغییرات ساحل چپ و راست کل بازه رودخانه بازفت در دوره زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۵.

Figure 4. Chart of left and right bank changes of the whole Bazoft river range during the period 2015-1985.

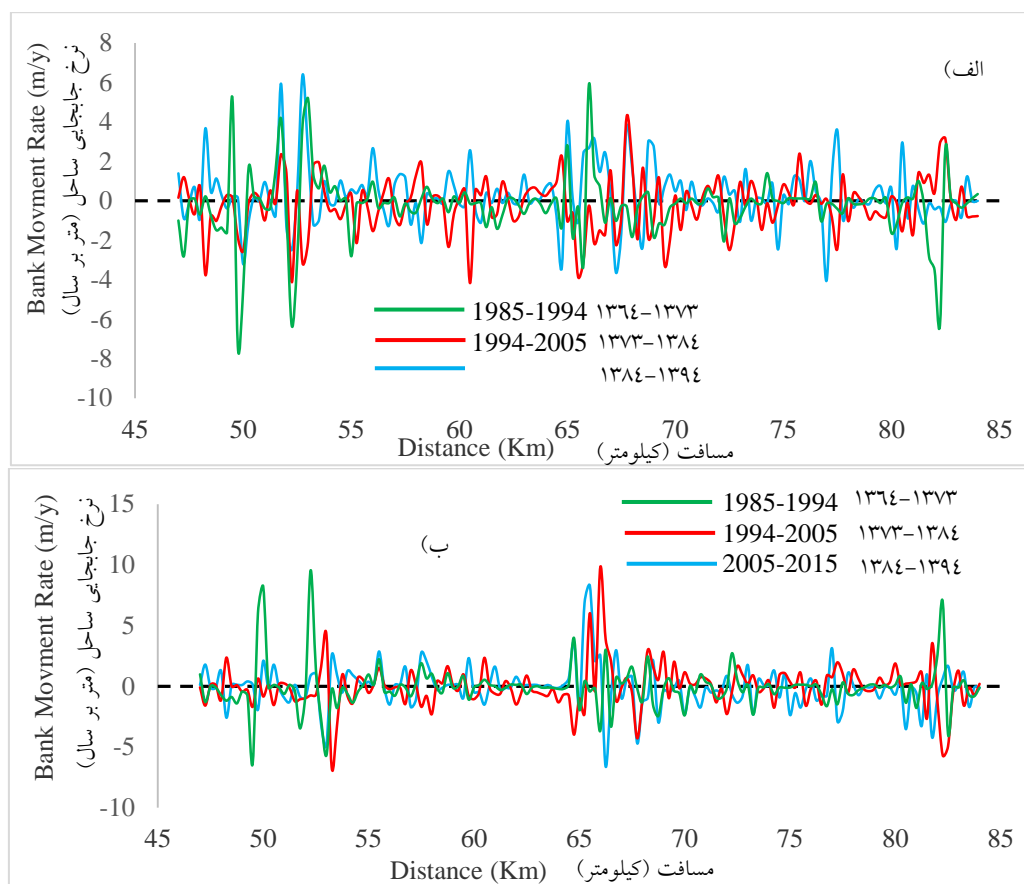
جدول ۲- متوسط نرخ جابه‌جایی مرز رودخانه در دوره‌های زمانی بلندمدت برای دو مقطع مورد نظر (متر در سال)\*.

**Table 2. Average Transition Rate of the River Boundary in Long Term Periods for Two Section (m / year)\*.**

نرخ خالص جابجایی در طول رودخانه Net movement rate along the river	ساحل چپ Left Bank		ساحل راست Right Bank		پارامتر Parameter	دوره Period
	رسوب‌گذاری Accretion	فرسایش Erosion	رسوب‌گذاری Accretion	فرسایش Erosion		
	0.98 (2)	1.2 (3)	1.02 (2)	0.84 (2)	متوسط Average	
0.04	6.38 (14)	9.55 (21)	7.39 (17)	5.88 (13)	بیشینه Maximum	1985-1994
	1.25	2.02	1.42	1.36	انحراف معیار Standard Deviation	
	1.11 (3)	1.26 (3)	1.13 (30)	0.9 (2)	متوسط Average	
-0.08	5.70 (14)	9.82 (24)	4.16 (10)	4.27 (11)	بیشینه Maximum	1994-2005
	1.2	1.62	0.91	0.87	انحراف معیار Standard Deviation	
	1.25 (3)	1.14 (3)	1 (3)	1.25 (3)	متوسط Average	
0.14	7.39 (19)	8.30 (22)	4.05 (11)	6.39 (17)	بیشینه Maximum	2005-2015
	1.44	1.46	1.05	1.28	انحراف معیار Standard Deviation	
	1.65 (4)	1.51 (4)	1.75 (4)	1.35 (2)	متوسط Average	
-0.54	6.61 (16)	13.84 (33)	7.32 (17)	7.70 (18)	بیشینه Maximum	1985-2015
	1.6	2.02	1.73	1.62	انحراف معیار Standard Deviation	

\* اعداد داخل پرانتز درصد تغییرات نسبت به عرض متوسط را نشان می‌دهند.

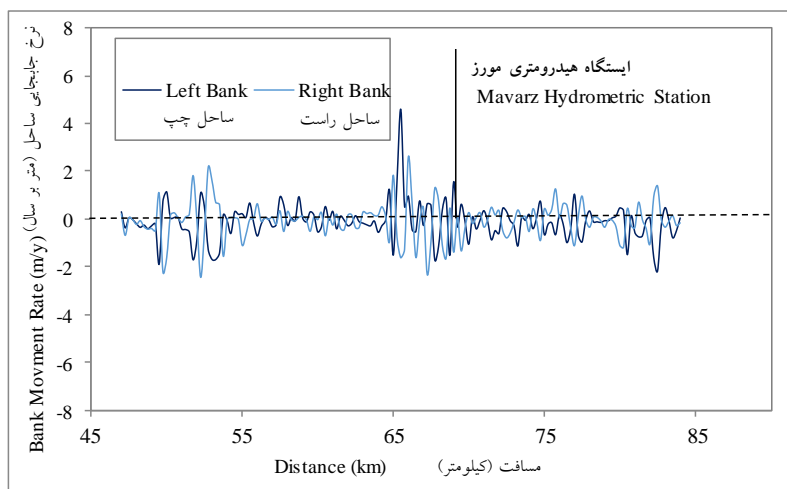
\* The numbers in parentheses show the percentage of variations relative to the average width.



شکل ۵- جابه‌جایی مرز رودخانه در دوره‌های زمانی مختلف در بازه‌های دوم و سوم رودخانه بازفت، الف) ساحل راست ب) ساحل چپ.  
**Figure 5. River boundary displacement at different times in the second and third intervals of the Bazoft River, A) Right bank B) left bank.**

شکل نیز مشخص است بیش‌ترین تغییرات در بازه سوم و در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری مورز رخ داده است.

شکل ۶ جابه‌جایی مرز رودخانه برای هر دو ساحل چپ و راست را در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۵) نشان می‌دهد. همان‌طور که در این



شکل ۶- جابه‌جایی مرز رودخانه در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۵ برای ساحل چپ و راست.  
**Figure 6. River boundary displacement during the period 1985 to 2015 for the left and right bank.**

مقدار رسوب‌گذاری در سال ۲۰۰۶-۲۰۰۷ معادل ۱۰/۴۳ متر در سال برای ساحل راست و در سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ به میزان ۹/۸۵ متر در سال برای ساحل چپ برآورد شده است. با توجه به عرض متوسط رودخانه (۳۷/۸۸ متر) میزان جابه‌جایی مرز رودخانه در ساحل راست به صورت فرسایش و در ساحل چپ به صورت رسوب‌گذاری معادل ۱۸٪ عرض متوسط رودخانه می‌باشد.

در ادامه به منظور تخمین میزان فرسایش و رسوب‌گذاری مرز رودخانه رابطه‌ای بین مقدار جابه‌جایی مرز رودخانه و دبی متوسط سالانه رودخانه ایجاد شد که نتایج در شکل ۷ قابل مشاهده است. به‌طور کلی رابطه دبی سالانه و میزان فرسایش/رسوب در ساحل‌های چپ و راست از همبستگی خوبی برخوردار نیست. ضریب همبستگی بین نرخ فرسایش ساحل چپ و راست و دبی سالانه به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۰۵ به دست آمد. در مقابل این ضریب بین نرخ رسوب‌گذاری ساحل چپ و راست با دبی سالانه ۰/۱۸ و ۰/۲۹ می‌باشد. اگرچه همبستگی بین نرخ فرسایش ساحل چپ و راست و دبی سالانه فاقد اعتبار است ولی همان‌طور که مشخص است همبستگی فرسایش با دبی در ساحل چپ بیشتر ساحل راست است در حالی که همبستگی رسوب با دبی در ساحل راست بیشتر از ساحل چپ است چرا که فرسایش در درجه اول تابعی از میزان دبی سالانه است این در حالی است که مقدار رسوب‌گذاری در درجه اول تابعی از غلظت رسوب و ته‌نشینی بار معلق است (۱۵).

قابل مشاهده است تغییرات مرز رودخانه (متر در سال) در دوره سی‌ساله نسبت به دوره‌های ده‌ساله از شدت کم‌تری برخوردار است. به بیان دیگر می‌توان بیان نمود در چشم‌انداز بلندمدت به دلیل افزایش زمان، نرخ جابه‌جایی مرز رودخانه کاهش می‌یابد. همان‌طور که پیش از این بیان شد، بیش‌ترین تغییرات مرز رودخانه در هر دو ساحل چپ و راست در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری مورز در مجاورت جاده خوزستان- چهارمحال بختیاری اتفاق افتاده است، این موضوع را می‌توان به دلیل وجود آبراهه‌های متعدد و زیرشاخه‌های جانبی عامل اصلی تغییرات شدید مرز رودخانه در این محدوده دانست.

**کوتاه‌مدت:** متوسط جابه‌جایی فرسایش و رسوب‌گذاری مرز رودخانه برای ساحل چپ و راست رودخانه بازفت با فواصل زمانی یک ساله در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد متوسط فرسایش کوتاه‌مدت در ساحل چپ ۶/۷ متر در سال و در ساحل راست ۶/۹۵ متر در سال می‌باشد.

بیشینه مقدار فرسایش در ساحل راست و چپ به ترتیب در حدود ۱۰/۱۵ و ۹/۸۱ متر در سال است که برای ساحل راست در سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ و ساحل چپ نیز در سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ رخ داده است. محدوده تغییرات فرسایش (تفاوت بیشینه و کمینه) در ساحل سمت راست ۵/۸۵ متر در سال می‌باشد. این در حالی است که در ساحل چپ میزان تغییرات ۸/۲۵ متر در سال برآورد می‌شود. هم‌چنین میانگین نرخ رسوب‌گذاری در ساحل راست ۶/۸۴ و در ساحل سمت چپ ۶/۸۲ متر در سال به دست آمد. بیشینه

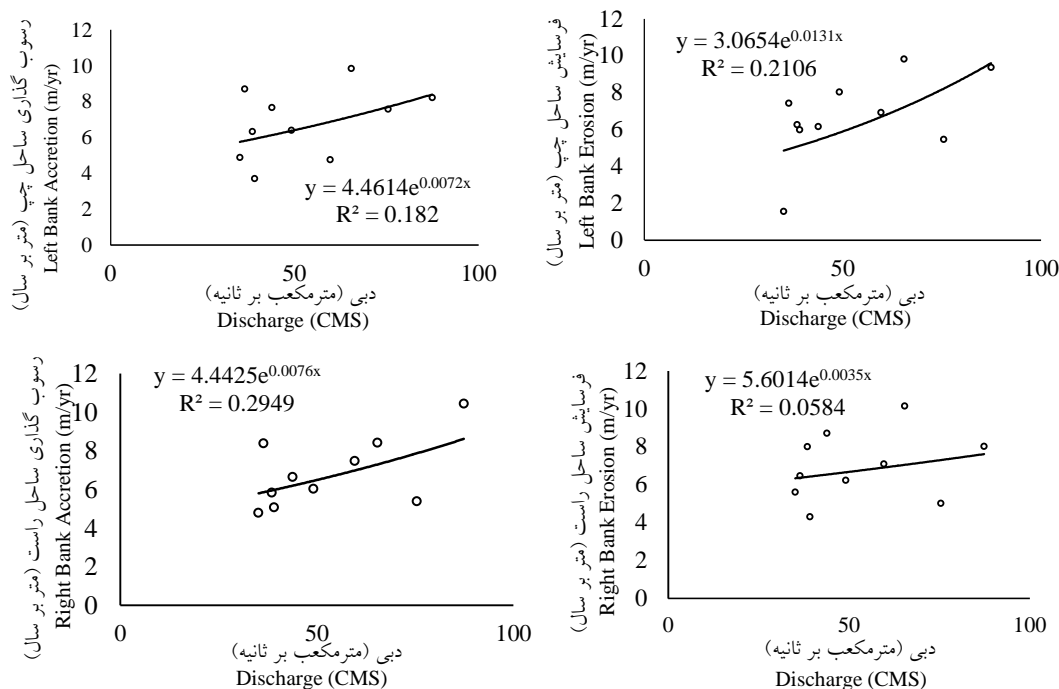
جدول ۳- میانگین نرخ جابه‌جایی سالانه کوتاه‌مدت\* رودخانه بازفت در بازه دوم و سوم (متر در سال).

Table 3. Average rate of annual displacement short term\* Bazoft River in second and third intervals (m per year).

ساحل چپ Left Bank			ساحل راست Right Bank			دوره زمانی Period
نرخ خالص Net Rate	رسوب گذاری Accretion	فرسایش Erosion	نرخ خالص Net Rate	رسوب گذاری Accretion	فرسایش Erosion	
-2.13	7.59	5.46	-0.37	5.38	5.01	2005-06
1.15	8.22	9.37	-2.41	10.43	8.02	2006-07
-0.04	9.85	9.81	1.74	8.41	10.15	2007-08
-1.29	8.71	7.42	-1.92	8.38	6.46	2008-09
2.26	3.72	5.98	-0.76	5.06	4.3	2009-10
-0.07	6.33	6.26	2.18	5.83	8.01	2010-11
-3.33	4.89	1.56	0.82	4.87	5.6	2011-12
1.62	6.4	8.02	0.21	6.02	6.23	2012-13
2.16	4.76	6.92	-0.38	7.47	7.09	2013-14
-1.51	7.67	6.16	2.07	6.64	8.71	2014-15
-0.11	6.82	6.7	0.118	6.84	6.95	میانگین Average
1.91	1.94	2.31	1.6	1.8	1.79	انحراف معیار Standard Deviation
5.59	6.13	8.25	4.59	5.65	5.85	محدوده Range
	-0.12			0.11		خالص Net

\* مقادیر مثبت نشانگر فرسایش و مقادیر منفی رسوب گذاری را نشان می‌دهند.

\* Positive values indicate erosion and negative accretion values.



شکل ۷- رابطه همبستگی دبی سالانه و میزان متوسط رسوب گذاری / فرسایش ساحل چپ و راست.

Figure 7. Correlation of annual discharge and average accretion / erosion of the left and right bank.

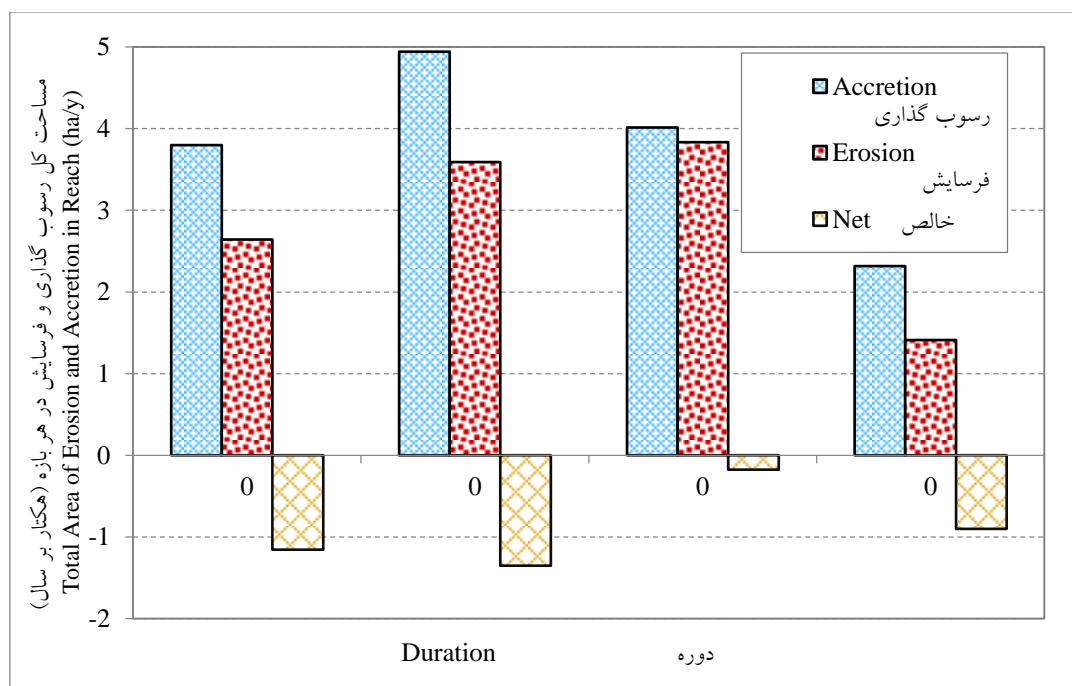
مساحت فرسایش و رسوب‌گذاری

بلندمدت: نتایج تغییرات ساحل رودخانه بازفت به دلیل فرسایش و رسوب‌گذاری در شکل ۸ ارائه شده است. بر این اساس از سال ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۴ در کل رودخانه (ساحل چپ و راست) مساحت رسوب‌گذاری حدود ۳۴/۱۶ هکتار و مساحت فرسایش ۲۳/۷۶ هکتار به دست آمد که حدود ۱۰/۴ هکتار اراضی ایجاد شده است. بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۵ نیز رسوب‌گذاری بر فرسایش غالب بوده به طوری که مساحت رسوب‌گذاری و فرسایش در دو طرف رودخانه به ترتیب ۵۴/۳۷ و ۳۹/۴۷ هکتار برآورد می‌شود که با توجه به این مقادیر ۱۴/۹ هکتار رسوب خالص رخ داده است. در بازه زمانی ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۵ شرایط با دوره‌های قبل کمی متفاوت است و مقدار کل اراضی فرسایش‌یافته حدود ۳۸/۳۳ و رسوب‌گذاری ۴۰/۱۱ هکتار است که نهایتاً این دوره زمانی با ۱/۷۸ هکتار زمین جدید همراه می‌باشد که در

مقایسه با دو دوره قبل مقدار آن کم‌تر است. در بازه ۰۵-۱۹۹۴ حداکثر مساحت رسوب‌گذار به منظور برداشت شن و ماسه وجود دارد.

به‌طور خلاصه می‌توان بیان نمود نرخ فرسایش در دوره دوم مطالعه در مقایسه با دوره اول و سوم به ترتیب حدود ۱/۶۶ و ۱/۰۲ برابر می‌باشد. هم‌چنین میزان فرسایش دوره سوم نسبت به دوره اول حدود ۳۸ درصد افزایش داشته است. برای نرخ رسوب‌گذاری روند تغییرات به این ترتیب است که رسوب‌گذاری دوره دوم حدود ۱/۶ برابر دوره اول است، درحالی‌که میزان رسوب‌گذاری دوره سوم نسبت به دوره دوم حدود ۳۶ درصد کاهش داشته است. هم‌چنین نتایج بیانگر افزایش ۱/۱۷ برابری رسوب‌گذاری دوره سوم نسبت به دوره اول مورد مطالعه است.

روند کاهشی فرسایش در ده سال منتهی به سال ۲۰۱۵ می‌تواند به‌خاطر وقوع خشک‌سالی و کاهش آورد رودخانه در این دوره باشد.

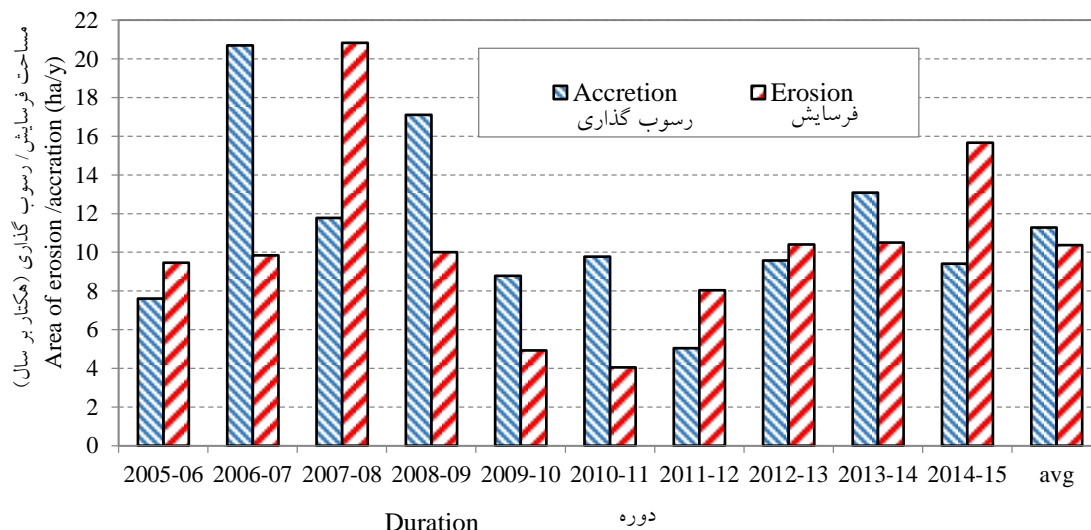


شکل ۸- مساحت رسوب‌گذاری و فرسایش در کل رودخانه بازفت (ساحل چپ و راست).

Figure 8. The area of accretion (Sedimentation) and erosion in the entire Bazoft River (the left and right bank).

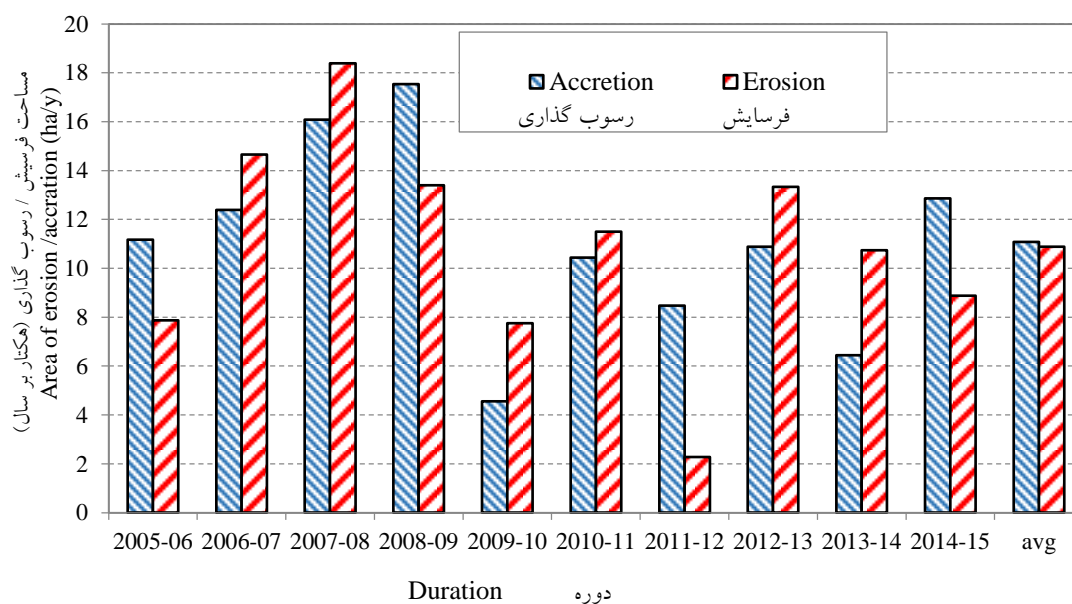
کوتاه مدت: شکل های ۹ و ۱۰ به ترتیب مساحت فرسایش و رسوب گذاری در ساحل راست و چپ رودخانه را برای دوره های یک ساله منتهی به سال ۲۰۱۵ نشان می دهد.

برای دوره ۳۰ ساله ۱۹۸۵-۲۰۱۵ به طور متوسط فرسایش و رسوب گذاری رودخانه به ترتیب حدود ۴۲/۳۵ و ۶۹/۴۳ هکتار برآورد می شود که در این شرایط ۲۷/۰۸ هکتار زمین ناشی از رسوب گذاری ایجاد شده است.



شکل ۹- مقدار مساحت فرسایش و رسوب گذاری در ساحل راست رودخانه بازفت.

Figure 9. The amount of erosion and accretion area on the right bank of the Bazoft River.



شکل ۱۰- مقدار مساحت فرسایش و رسوب گذاری در ساحل چپ رودخانه بازفت.

Figure 10. The amount of erosion and accretion area on the left bank of the Bazoft River.



وجود ندارد و در این ساحل مساحت رسوب‌گذاری حدود ۲ درصد بیش‌تر از فرسایش می‌باشد. این در حالی است که در ساحل راست رسوب‌گذاری حدود ۸ درصد از میزان فرسایش بیش‌تر است. بیشینه مساحت رسوب‌گذاری در ساحل راست رودخانه در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری مورز و در مجاورت جاده خوزستان- چهارمحال و بختیاری می‌باشد که با توجه به پیچان‌رودهای موجود در این فاصله، معقول به‌نظر می‌رسد. بنابراین این منطقه را می‌توان محل مناسبی به‌منظور برداشت برداشت شن و ماسه پیشنهاد داد.

### نتیجه‌گیری کلی

رودخانه بازفت که یک رودخانه کم‌عرض و کوهستانی می‌باشد طی سال‌های مختلف تحت تأثیر ترکیبی از فرآیندهای فرسایش و رسوب‌گذاری ناشی از دبی پایه رودخانه و سیلاب دچار تغییراتی در پلان شده است. با احداث سد کارون ۴ این تغییرات به‌خصوص در بازه ۱۲۷-۸۴ کیلومتری، مشهود و میزان فرسایش رودخانه بازفت در مدیریت و بهره‌برداری این سد تأثیرگذار است و از این لحاظ بررسی تغییرات ریخت‌شناسی این رودخانه اهمیت ویژه‌ای دارد.

بررسی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه بازفت با استفاده از بررسی تصاویر ماهواره‌ای در یک بازه سی ساله نشان داد که بیش‌ترین تغییرات در بازه ۶۲ تا ۸۴ کیلومتری رودخانه می‌باشد که دلیل این امر وجود پیچان‌ها در نزدیکی ایستگاه هیدرومتری مورز و وجود آبراهه‌های موجود در این مسیر می‌باشد. بنابراین با ساماندهی رودخانه و حفاظت سواحل در این محدوده می‌توان میزان فرسایش سواحل را کاهش داد. با توجه به پیچان‌های فراوان موجود در این مسیر، بیش‌ترین مساحت رسوب‌گذاری در نزدیکی ایستگاه

همان‌طور که مشاهده می‌شود ساحل راست رودخانه در سال ۲۰۰۷-۰۸ میزان فرسایش اختلاف زیادی با مقدار رسوب‌گذاری دارد اما در سال ۲۰۰۶-۰۷ این روند کاملاً برعکس است و مقدار رسوب‌گذاری اختلاف زیادی با مقدار فرسایش دارد. برای ساحل راست در ۵ دوره از کل دوره ۱۰ ساله مورد بررسی، رسوب‌گذاری بیش‌تر از فرسایش است و برای ۵ دوره دیگر رودخانه فرسایشی بوده است که نشان‌دهنده تعادل سیستم رودخانه در این ساحل در دوره‌های کوتاه‌مدت است. بیش‌ترین میزان رسوب‌گذاری و فرسایش (حدود ۲۱ هکتار) مربوط به سال‌های ۲۰۰۶-۰۷ و ۲۰۰۷-۰۸ است. با توجه به مقادیر متوسط، در این ساحل میزان رسوب‌گذاری از فرسایش بیش‌تر است.

در ساحل چپ رودخانه روند تغییرات با ساحل راست متفاوت است. در این ساحل، در ۶ دوره زمانی مقدار فرسایش از مقدار رسوب‌گذاری بیش‌تر است و در ۴ دوره دیگر مقدار رسوب‌گذاری از فرسایش بیش‌تر است. در سال ۲۰۱۱-۱۲ مقدار رسوب اختلاف نسبتاً زیادی با فرسایش دارد. بیشینه مقدار رسوب ساحل چپ (۱۷/۵ هکتار) مربوط به سال ۲۰۰۸-۰۹، در حالی که مقدار فرسایش (۱۸ هکتار) در سال ۲۰۰۷-۰۸ حداکثر مقدار خود را دارد. در سال ۲۰۱۱-۱۲ میزان رسوب‌گذاری در ساحل چپ تقریباً ۴ برابر فرسایش است. در سال‌های ۲۰۰۸-۰۹ و ۲۰۰۹-۱۰ میزان فرسایش در ساحل راست ۱/۷ برابر رسوب‌گذاری است. هم‌چنین کم‌ترین میزان فرسایش و رسوب‌گذاری به‌ترتیب در سال‌های ۲۰۱۱-۱۲ و ۲۰۰۹-۱۰ برای ساحل چپ و در سال‌های ۲۰۱۰-۱۱ و ۲۰۱۱-۱۲ برای ساحل راست رخ داده است. بر اساس نتایج متوسط رسوب‌گذاری و فرسایش در دوره‌های کوتاه‌مدت می‌توان گفت که تفاوت زیادی بین متوسط رسوب‌گذاری و فرسایش ساحل چپ

ساحل چپ بیش تر دچار فرسایش است در صورتی که در ساحل راست میزان رسوب گذاری از فرسایش بیش تر است.

پیشنهاد می شود که با استفاده از تصاویر ماهواره ای و روش عمق سنجی تغییرات بستر رودخانه مورد بررسی قرار گیرد تا ارتباط بین تغییرات مرز رودخانه و بستر نیز مشخص شود.

هیدرومتری مورز و در مجاورت جاده خوزستان- چهارمحال و بختیاری می باشد پس می توان این منطقه را محل مناسبی به منظور برداشت شن و ماسه پیشنهاد داد.

بررسی ها نشان داد میزان فرسایش متأثر از دبی رودخانه است به طوری که در دوره ۱۵-۲۰۰۵ که دبی رودخانه کاهش یافته است، تغییرات کمتری نسبت به دیگر دوره ها مشاهده شد. هم چنین مشخص شد

### منابع

1. Fawcett, T. 2006. An introduction to ROC analysis. Pattern recognition letters. 27: 8. 861-874.
2. NASA. 2006. Landsat 7 science data users handbook, (on-line). available on. [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf). Pp: 15-65.
3. Organi, M., Serajian, M.R., and Homayouni, S. 2009. Detection under the pixel of urban areas changes by spectral composition analysis. National Geosciences Conference of Tehran Mapping Organization of Iran. Pp: 1-11. (In Persian)
4. Yao, Y., Ta, W., Jia, X., and Xiao, J. 2011. Bank erosion and accretion along the Ningxia-Inner Mongolia reaches of the Yellow River from 1958 to 2008. Geomorphology. 127: 99-106.
5. Théau, J. 2012. Change detection. In Springer Handbook of Geographic Information. Springer Berlin Heidelberg. Pp: 75-94.
6. Archana, S., and Garg, R.D. 2012. Nayan Sharma. "RS-GIS Based Assessment of River Dynamics of Brahmaputra River in India". J. Water Resour. Prot. 4: 63-72.
7. Ministry of Energy and Office of Engineering and Technical Measures for Water. 2012. Guide to River Morphology Studies. Iran. J. 592: 17-18. (In Persian)
8. Sharfi, S., Shami, A., and Yamani, M. 2014. Investigation of Morphological Changes in Atrak At 20 Years. Geographic Space Magazine. 4: 14. 127-148. (In Persian)
9. Javheri Tehrani, M., Mousavi, F., and Hosseini, Kh. 2015. The study of morphology of warps with controlled flow using RS and GIS techniques (Case study: Zayandeh Rood River in the lower Zayandeh-e-Rood Dam). J. Soil Water Sci.: Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 20: 77. 25-44. (In Persian)
10. Alawi Panah, S.K. 2015. The principles of remote sensing and the interpretation of satellite imagery and aerial photographs. second edition. Tehran University Press. 780p. (In Persian)
11. Khastar Brujeni, M. 2015. Investigation of morphological changes of the Armand River using Landsat satellite images. PHD Seminar. Mashhad Ferdowsi University. Pp: 62-88. (In Persian)
12. Dhari, S., Arya, D.S., and Murumkar A.R. 2015. Application of remote sensing and GIS in sinuosity and river shifting analysis of the Ganges River in Uttarakhand plains. Applied Geomatics. 7: 13-21.
13. Yamani, M., Rahimi, M., and Veysi, A. 2015. Morphometry and Comparison of Artical Variants Transformations in the Three Recent Decades Case Study: Downstream of Moghan Dam. J. Quan. Geomorph. Res. 3: 4. 74-89. (In Persian)
14. Li, W., and Gong, P. 2016. Continuous monitoring of coastline dynamics in western Florida with a year time series of Landsat imagery. Remote Sensing of Environment. 179: 196-209.

15. Khastar Brujeni, M., Khodashenas, S.R., Samadi Boroujeni, H., and Taheriyani, E. 2016. Investigation of morphological changes in the Ermand river during the last thirty years (1995-1956) using Landsat satellite images. *J. Civil Engin. Amir Kabir University of Technology*. At the time of printing. (In Persian)
16. Dewan, S., Corner, R., Saleem, A., Rahman, M., Haider, R., Rahman, M.D., and Sarker, M. 2017. Assessing channel changes of the Ganges-Padma River system in Bangladesh using Landsat and hydrological data. *Geomorphology*. 276: 257-279.
17. Jozi, S.A., Rezaeian, S., and Saei, F. 2017. Study of morphologic changes in Karun River using linear directional mean, remote sensing and geographic information system. *Urban Manage Energy Sustainability*. 1: 1. 71-78.
18. Wang, X., Liu, Y., Ling, F., Liu, Y., and Fang, F. 2017. Spatio-Temporal Change Detection of Ningbo Coastline Using Landsat Time-Series Images during 1976–2015. *Inter. J. Geo-Inf.* 6: 68-89.
19. Taheriyani, E., Khastar Brujeni, M., and Samadi Boroujeni, H. 2017. Comparison of Pixel Pea Performance of Two MNDWI and AWEI<sub>shadow</sub> Indicators in Low and Narrow Rivers. *J. Inf. Technol. Engin.* 5: 2. 99-122. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(6), 2020**http://jwsc.gau.ac.ir**DOI: 10.22069/jwsc.2019.15616.3080*

## **Investigation of morphological change at Bazoft River Banks in the recent thirty years (1985-2015) using Landsat satellite images**

**\*A. Koohizadeh Dehkordi<sup>1</sup>, R. Fatahi Nafchi<sup>2</sup>, M. Khastar Boroujeni<sup>3</sup>  
and H. Samadi Boroujeni<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Shahrekord University, Iran,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University, Iran,

<sup>3</sup>Ph.D. Student, Dept. of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: 09.15.2018; Accepted: 01.10.2020

### **Abstract**

**Background and Objectives:** The study of changes in the behavior of rivers is of particular importance in the protection of aquifers and the determination of the boundaries of the river bed, as well as the reduction of possible damages. Dams are among the structures that have the greatest impact on river morphology. Therefore, it is very important to study the morphology of rivers leading to large dams in planning and ease of strategic decision making on the construction of engineering structures along the river. In recent years, due to the unique characteristics of remote sensing and satellite images, many studies have been done to investigate the morphological changes of rivers. In this research, the study uses 26 Landsat satellite images to investigate the morphological changes of the Bazoft River between 1985 and 2015.

**Materials and Methods:** In order to evaluate the morphology of a river, determination of the morphological parameters such as river boundary displacement, changes in the area caused by erosion and accretion of the banks in the long and short periods is essential. It should be noted that the short and long term periods were 1 and 10 years, respectively. To determine the required satellite image data, 26 frames of Landsat satellite images were selected and analyzed using ENVI and GIS softwares. Finally, the map of the studied river boundary was prepared and difference between the main channel of the river on the left and right bank on the cross section in two different years was considered as the main channel movement in that time interval. The negative and positive values of the main channel movement considered as accretion (land development) and erosion (land degradation), respectively.

**Results:** The results showed that the most changes occurred in the 62 to 84 km range of Bazoft River, which is due to the presence (existence) of riffles near the Mavarz hydrometric station and numerous lateral branches in these two intervals. Investigating the area of erosion and accretion in long-term periods showed that in the years 1985-1994, 1994-2005 and 2005-2015, the river was associated with coastal accretion. For the 30-year period of 1985-2015, the average accretion and erosion of the river was estimated to be about 69.43 and 42.34 ha, respectively, in which 27.99 hectares of land were created by sedimentation. In the short run, the results showed that there is no significant difference between the mean accretion and erosion of the left bank, and on this bank the accretion area is about 2% more than erosion, whereas on the right bank of accretion, there were about 8% of the erosion that this difference is meaningful at 95%.

---

\* Corresponding Author; Email: koohizadeh@stu.sku.ac.ir

**Conclusion:** Investigation of the morphological changes of Bazoft River using satellite images in a thirty-year period showed that the most changes are in the range of 62 to 84 km of the river, which can be reduced by controlling the river and protecting the coasts in this area. The most accretion area was observed near the Mavarz hydrometric station and adjacent to Khuzestan-Chahar Mahal and Bakhtiari road so it can be proposed as a suitable place for sand and gravel harvesting as a nonstructural method for river protection. Generally, the left bank was more prone to erosion, while the amount of accretion in the right bank is greater than the erosion.

**Keywords:** North Karoun, Remote Sensing, River Morphology, Spectral Analysis