Archive of SID

پژوهش نامه مطالعات مرزی، سال هفتم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸

آشکارسازی و ارزیابی تغییرات دوره‌ای رودخانه مرزی سومبار در شمال شرق ایران از شاخص‌های مورفومتری رودخانه و سنجش‌ازدور

محمدعلی زنگنه اسدی[۱]، ابراهیم تقوی مقدم[۲]، فرشته بیرامعلی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۸

چکیده

مرز پدیده‌ای ژئواستراتژیک و ژئوپلیتیک می‌باشد که وقتی با عوارض طبیعی همراه می‌شوند همواره دستخوش تغییراتی می‌گردند. امروزه برای پرهیز از مناقشات کشورها با دقت مرز را تعیین و علامت‌گذاری می‌کنند. بنابر این ضروری است از ابزارها و تکنیک‌های جدید این تغییرات شناسایی و برنامه‌ریزی لازم برای ساماندهی این معضل سیاسی انجام گیرد. رودخانه و حوضه آبخیز سومبار (پرسه سو) یکی از سرشاخه‌های رودخانه اترک است که در اثر سیلاب‌های دوره‌ای تغییرات زیادی داشته و برای ساکنین این منطقه مشکلات زیادی به وجود آورده است. در این تحقیق با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاعی و تصاویر ماهواره لندست، سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ و تصویر سال ۲۰۰۸ ماهواره‌ای آر اس هندوستان و نرم‌افزارهای Auto CAD، ENIV و Arc map، بستر دقیق رودخانه تعیین و پارامترهای مورفومتری بستر رودخانه در دو بازه محاسبه شد. سپس بر اساس بازدید میدانی و همچنین ملاحظات زمین‌شناسی و تغییرات کاربری ارضی، تغییرات بستر رودخانه سومبار مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. بر اساس محاسبات انجام‌شده مشخص شد، طول رودخانه سومبار در سال ۱۹۸۹، ۴۸/۵۸ کیلومتر بوده که این میزان در سال ۲۰۰۸، به ۴۸/۴۶ کیلومتر و در سال ۲۰۱۷ به ۴۷/۲۹ کیلومتر کاهش‌یافته است، میانگین زاویه مرکزی پیچان‌رودهای رودخانه سومبار ۴۰/۸۳ درجه در سال ۱۹۸۷ که این میزان در سال ۲۰۰۸ به ۳۶/۲۷ درجه و در سال ۲۰۱۷ به ۳۰/۶۱ رسیده است که این مقدار در بازه دوم بیشتر از بازه اول می‌باشد. تعداد پیچان‌رودها در سال ۱۹۸۷، ۱۵۴ عدد بوده که این میزان در سال ۲۰۰۸، ۱۴۴ و در سال ۲۰۱۷ به ۱۳۶ پیچان‌رود کاهش پیداکرده است. بر اساس یافته‌ها، بخش وسیعی از ساحل ایرانی سومبار در حال فرسایش جریانی رودخانه قرار دارد و اقداماتی از قبیل مقاوم‌سازی بستر و ایجاد بسترهای مصنوعی اجتناب‌ناپذیر است. بااین‌وجود پیشنهاد می‌شود این اقدامات با رعایت شرایط هیدرودینامیک رودخانه باشد.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی، رودخانه سومبار، مورفومتری، سنجش از راه دور.

---

۱. دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران، نویسنده مسئول؛
Email: ma.zanganehasadi@hsu.ac.ir

۲. دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اگرچه امروزه توسعه ارتباطات و حمل‌ونقل در جهان عملکرد مرزها را کمرنگ نموده به خصوص در اروپا اما در بسیاری از مناطق مرزها همواره کارکرد و اهمیت خود را دارند. درگذشته انتخاب مرز بر اساس وجود عارضه خاص توپوگرافی انجام می‌شد و در غیر این صورت به‌صورت قراردادی فی‌مابین دولت‌ها تعیین می‌شد و انتخاب لند فرم‌های ژئومورفولوژیکی به‌عنوان مرز تا حدودی منطقی بود زیرا این مرزها بیان‌کننده یک جدایی و افتراق قومی و فرهنگی بودند به‌طور مثال خط الراس کوه و یا رودخانه‌ها جداکننده مردمانی از دو جنس متفاوت باسلیقه‌هایی متفاوت بود .(Chang,2010:34) از سوی دیگر این عوارض همیشه در حال تغییرند و این تغییرات باعث ایجاد تنش ها و درگیری‌های بر سر حاکمیت آب‌وخاک می‌گردد .(Shuhei & Lagerlof,2015:211) امروزه رودخانه‌ها به‌عنوان مرزهای آبی و به‌عنوان مرز دواحد سیاسی، به‌رغم این‌که دارای مزیت‌هایی همچون مسیر مشخص و پهنای مناسب برای علامت‌گذاری هستند، به دلیل تغییرپذیری طبیعی آن ها، مسلماً نمی‌توانند نقش یک خط ثابت را به‌خوبی ایفا کنند (میرحیدر،۱۳۸۳: ۱۷۰) تغییرپذیری رودخانه ها زمانی به یک بحران سیاسی تبدیل می‌شود که رودخانه‌ها به‌عنوان مرز بین‌المللی شناخته شوند. در این صورت است که با وقوع سیلاب ها، تأسیسات انسانی در معرض نابودی قرارگرفته و مرز بین‌المللی دچار تغییراتی می‌شود و بالطبع آن چالش‌های ژئوپلیتیکی را در بر خواهد داشت (شاکری و همکاران،۵۸:۱۳۹۳). با توجه به ابعاد وسعت این تغییرات استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آن ها با سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در تسریع و تدقیق این مطالعات نقش مؤثری ایفا کند (ارشد و همکاران،۱۸۲:۱۳۸۶). سیستم‌های رودخانه‌ای از پویاترین و پیچیده‌ترین محیط هایی هستند که دائماً در حال تغییر و تحول‌اند. مجموعه‌ای از عوامل مانند شیب آبراهه میزان جریان، مشخصات مصالح بستر، فرکانس و شدت سیلاب تعیین‌کننده الگوی رودخانه و مورفولوژی آن در بستر زمان و مکان می‌باشد Leopold)

www.SID.ir

Archive of SID

.(Wolman,1960:26 &شدت و ضعف هرکدام از عوامل فوق باعث تغییر در الگوی رودخانه می‌شود. کشف تغییرات و فرآیند شناسایی تغییرات یک پدیده به وسیله مشاهده آن پدیده در زمان‌های مختلف است .(Singh,1989:991) ایران با ۱۵ کشور هم‌جواری دارد و درمجموع دارای ۸۷۵۵ کیلومتر مرز مشترک دارد که از این میان ۲۸ رودخانه و ۳ دریاچه به عنوان مرز طبیعی و ژئواستراتژی دارد. بخش زیادی از مرزهای کشور از نوع مرزهای طبیعی و از نوع رودخانه‌ای است ازنظر ژئوپلیتیک مرزهای رودخانه‌ای ایران بیشترین مرز رودخانه ای را با کشور آذربایجان و در رتبه بعدی با کشور ترکمنستان دارد (جوادیان و همکاران،۱۳۹۱) رودخانه سومبار یکی از مهم ترین سرشاخه های رودخانه اترک است که ۲۵ کیلومتر از آن بر اساس پیمان ۱۹۲۶ ایران و شوری به عنوان مرز ایران و ترکمنستان در نظر گرفته شد و بر اساس آن ایران متعهد شد ۵۰ درصد از آب آن وارد خاک ترکمنستان شود (وزارت کشور،۱۳۷۷). هدف اصلی در این تحقیق آشکارسازی تغیرت بستر رودخانه سومبار و ارزیابی طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات مذکور و هم چنین شناسایی پدیده ها و مکانیسم های مختلف ژئومورفولوژیکی غالب در منطقه موردمطالعه با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مبانی نظری

رودخانه ها در طول تاریخ تمدن بشری همواره یکی از منابع مهم در تأمین نیازها و توسعه جوامع انسانی بوده‌اند، رودها به‌عنوان زهکش‌های طبیعی حوضه‌های خود یکی از بسترهای مهم فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و از موضوعات مهم موردتوجه ادارات و سازمان‌ها جهت توسعه کشوری می‌باشند، به‌طوری‌که توسعه و عمران نواحی و موفقیت برنامه‌ریزی‌ها در ارتباط با بحث شناخت رودها، لند فرم‌ها و تحول آن‌هاست. در ژئومورفولوژی نیز بحث تحول و تکامل چشم‌انداز رودها و لند فرم ها یکی از بخش های مهم این رشته را به خود اختصاص داده است درواقع منظور از ژئومورفولوژی رودخانه و بررسی میزان تحول آن

www.SID.ir

Archive of SID

عبارت است از تشریح و تبیین نیمرخ طولی بستر و بررسی اشکال مختلف ناهمواری و عوارض مورفولوژی مسیر رود.

در بین جغرافیدانان دهه ۱۹۶۰ لئوپولد و وولمن[1] ازنظر ساختار مورفولوژیکی، رودخانه ها را به سه دسته مستقیم، مئاندری (پیچان‌رود) و چند شاخه تقسیم کرده‌اند که دراین‌بین الگوی پیچان رودی به دلیل فراوانی آن در طبیعت بیشترین توجه را به خود جلب کرده است (Biedelharn, 1977:286). بریلی و فرایس[2] در سال ۲۰۰۵ با استفاده از ۳ مشخصه تعداد کانال، سینوزیته و پایداری جانبی یک تقسیم‌بندی از الگوی رودخانه ارائه دادند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰ :۱۰۵). تخریب بستر رودخانه و فرسایش کناری توأم با مهاجرت حلقه های پیچان‌رود هرساله موجب تخریب اراضی کشاورزی، تأسیسات ساحلی، پل‌ها و اماکن عمومی می گردد .(Vikrant Jain & Sinha,2004:149) با بررسی ویژگی‌های رفتاری پدیده‌های طبیعی مانند رودخانه‌ها می‌توان رفتار آن‌ها را پیش‌بینی و تا حدودی نیز از بروز مشکلات و سوانح محیطی جلوگیری کرد و یا دست کم تدابیری را برای کاهش مشکلات احتمالی اتخاذ نمود. در آشکارسازی و کشف تغییرات با استفاده از ویژگی تکراری بودن داده های دور سنجی زمان های مختلف، امکان شناسایی و بررسی پدیده‌های متغیر و پویا وجود دارد. بر این اساس روش‌های رقومی مختلفی جهت آشکارسازی و کشف تغییرات و تحولات پدیده‌های سطح زمین در سنجش‌ازدور توسعه داده‌شده است. استفاده از شکل های ماهواره‌ای به دلیل اشراف کلی بر پدیده‌ها و منابع زمینی و ثبت ویژگی‌های پدیده‌ها توسط سنجنده‌ها و درنهایت تجزیه‌وتحلیل توسط سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای کامپیوتری در این زمینه بسیار به ما کمک می‌نماید.

1. Leopold & Wolman
2. brierley & Fryirs

www.SID.ir

Archive of SID

پیشینه پژوهش

دونالدون[1] در سال ۲۰۱۱ به تشریح مسئله تغییرات و جابجایی مرزها رودخانه‌ای پرداخته وراثت قانونی کشورها نسب به بستر رودخانه ها را با ذکر مثال از رودخانه های مرزی بیان نموده است اسینی و آگوینالدو[2] (۲۰۱۳) به ارزیابی تغییرات مآندری و سینوزیته رودخانه مرزی پاراگواری[3] در مرز پاراگوئه و برزیل نموده‌اند و تأثیر مگافن‌ها (مخروطِ افکنه‌های بزرگ) را در تغییرات الگوی بستر رودخانه موردبررسی قراردادند. یو و چو[4] (۲۰۱۳) به ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی کاهش زیستگاه در حوضه رودخانه شنزن[5] در مرز چین و هنگ گنگ با استفاده از روش رگرسیون جغرافیایی وزن‌دار[6] پرداخته‌اند. گرینگر و دکلان[7] (۲۰۱۴) به بررسی نقش تغییرات اقلیمی بخصوص بارش در تغییرات بستر رودخانه، در ۲۱ رودخانه مرزی پرداخته است و عنوان می کند رودخانه هایی مرزی که در مناطق کویری هستند بسیار حساس تر نسبت به تغییرات اقلیمی هستند تاناکا[8] و همکاران (۲۰۱۴) به به بررسی تغییرات بستر رودخانه ناناکیتا در اثر تسونامی سال ۲۰۱۱ پرداخته و تأثیرات ورود آب‌های ساحلی به عمق بستر رودخانه مزبور و تأثیرات آن را موردبررسی قرار داده است. روزو[9] و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی تغییرات رودخانه آمازون در خلال سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۰۶ پرداخته‌اند و تأثیر قدرت هیدرولوژیک رودخانه در فرسایش کناری را مهم‌ترین عامل در تغییرات بستر رودخانه عنوان نموده‌اند. کازادو[10] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات مآندرینگ رودخانه

1. Donaldson
2. Assine & Aguinaldo
3. Paraguay
4. Yu & Cho
5. Shenzhen
6. geographically weighted regression
7. Grainger & Declan
8. Tanaka
9. Rozo
10. Casado

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگ سایوس آرژانتین پرداخته و تغییرات بستر رودخانه را قبل و بعد از احداث سد بررسی و به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش مآندرها باعث تغییرات عمدهای در دشت ایجاد نموده است. رودر[1] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات کاربری و مورفودینامیک رودخانه مرزی اوکوانگو، بین نامبیا و آنگولا با استفاده سنجش‌ازدور پرداخته و تنش‌های بین‌المللی بر سر حاکمیت بر حاشیه رودخانه به‌منظور سکونت را از مهم‌ترین چالش‌ها منطقه عنوان می‌کنند. در ایران نیز مطالعات جامعی در مورد تغییرات بستر رودخانه ها و بالأخص رودخانه‌های مرزی صورت گرفته است. ارشد و همکاران ۱۳۸۶ به ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون از سد گتوند تا فارسیات نموده و بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۸۲ ماهواره‌های لندست و آی آر اس استفاده و با ارزیابی مورفومتری بستر رودخانه و جابه جایی بستر رودخانه تغییرات آن را مورد ارزیابی قرار داده است. بدیعی ازاندهی و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی تغییرات مورفولوژی رودخانه مرزی هیرمند و تأثیر آن در روابط سیاسی ایران و افغانستان پرداخته و با معرفی الگوی شریانی رودخانه، این الگو را به‌عنوان الگوی غالب و زمینه ساز بروز تنش‌های سیاسی می‌داند. رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۱) به شناسایی مناطق خط فرسایش کناری رودخانه آجی چای به طول ۲۲ کیلومتر و در دو بازه زمانی با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نموده و سواحل رودخانه را به ۳ بخش آسیب پذیر، بحرانی و بسیار بحرانی تقسیم‌بندی نموده است. جوادیان و همکاران ۱۳۹۱ به بررسی پیامدها ژئوپلیتیکی تغییر بستر رودخانه هریرود در شمال شرق کشور نموده‌اند. و تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌ها و بارندگی‌های شدید موقتی را مهم‌ترین عامل در تغییر بستر رودخانه و تخریب تأسیسات مرزی معرفی نموده اند. عاشوری و همکاران (۱۳۹۲) با ارزیابی تغییرات رخ داده در بستر رودخانه مرزی ارس قبل و بعد از احداث سد ستارخان پرداخته است. شریفی کیا و همکاران (۱۳۹۲) به آشکارسازی تغییرات الگوی مکانی رودخانه هیرمند و

1. Roder

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل مورفولوژیکی آن پرداخته و با استفاده از تصاویر سال های ۱۳۴۴-۱۳۹۰ محاسبه الگوی هندسی رودخانه را بررسی نموده است. شرفی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده تکنیک های سنجش‌ازدور و محاسبات مورفومتری رودخانه به ارزیابی تغییرات ۲۰ ساله رودخانه اترک در بازه مکانی منطقه آلوم تا اینچه برون را مورد ارزیابی قرار داده است. کهربائیان و همکاران (۱۳۹۳) با ارزیابی تغییرات و تحولات پیچان رودی رودخانه هریرود با استفاده از سنجش‌ازدور در خلال سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۰ پرداخته و مهم‌ترین تغییرات و اتفاقات طبیعی رخ‌داده در محدوده رودخانه هریرود را کاهش تعداد پیچان‌رودها، تخریب ۱۲ میله مرزی، یک پاسگاه و اراضی کشاورزی ۸ آبادی عنوان می‌کند. میرزاوند و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از شاخص‌های لئوپولد و کورنایس به مطالعه الگوی رودخانه بابلرود و سجارود پرداخته و با بررسی تغییرات الگوی رودخانه را پیچان‌رودی شدید عنوان نموده است.

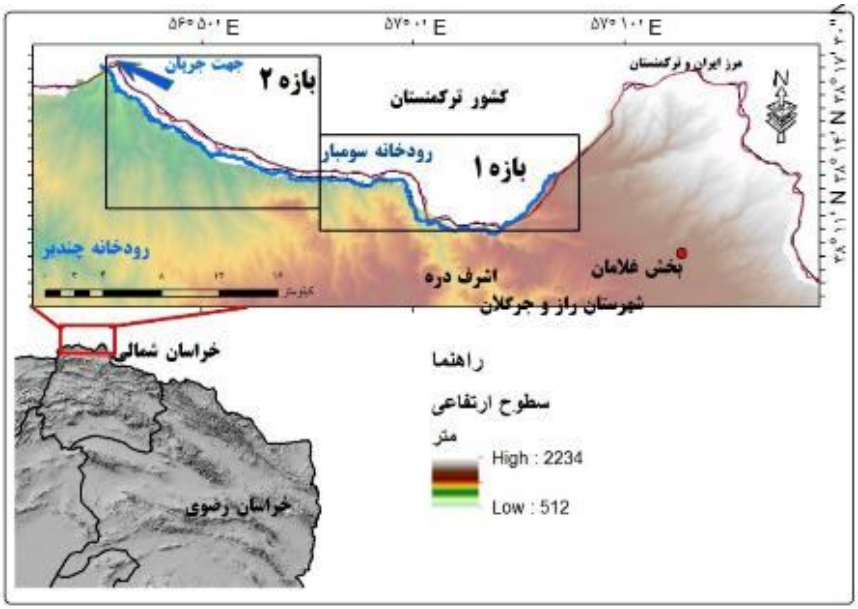
محدوده موردمطالعه

محدوده موردمطالعه وسعتی برابر با ۷۸ کیلومترمربع در چهارچوب مختصاتی ˝ ۱۷ ˚ ۳۸ تا ˝ ۰۵ ˚ ۳۸ عرض شمالی و ˝ ۰۳ ˚ ۵۷ تا ˝ ۴۲ ˚ ۵۶ طول شرقی قرار دارد این محدوده یک حریم یک کیلومتری است که در ساحل (ترکمنستان) و ساحل (ایرانی) رودخانه سومبار ترسیم‌شده است (شکل ۱). رودخانه سومبار در منتهی‌الیه شمال شرقی کشور و در مجاورت مرز ترکمنستان قرارگرفته است سرشاخه اصلی رودخانه سومبار، پرسه سو می‌باشد که از ارتفاعات کپه داغ سرچشمه گرفته و به طول ۲۵ کیلومتر در مرز ایران با ترکمنستان جریان دارد که در این تحقیق به دو بازه تقسیم شده است. بازه شامل سرشاخه سومبار، تا حوالی روستای کهنه کصیر ترکمنستان و بازه دوم از روستای کهنه کصیر تا حد نهایی رودخانه در خاک ایران را شامل می‌شود. این رودخانه در خارج از مرز ایران با شعبه رودخانه (ترکان) تاتلی کلا که از کوه های گوراکسداغ ترکمنستان سرچشمه می‌گیرد یکی شده و پس از عبور از دشت کاراکلا رودخانه ترساکام از سمت شمال و در محدوده ایران رودخانه

www.SID.ir

Archive of SID

چندیر را دریافت می‌کند این رودخانه پس از طی مسافت ۵۰ کیلومتری در منطقه چات در مرز ایران به اترک متصل شده و در امتداد مرز ایران به سمت دریای خزر امتداد می یابد. روستاهای اشرف دره، قوری دره، کلاته بهار، کلاته ابریشم، کلاته کاریز و سنگسار به همراه بخش مرکزی غلامان از مهم‌ترین سکونت‌گاه‌های مهم در منطقه به شمار می‌رود. طبق سرشماری ۱۳۹۰، جمعیت روستا –شهر غلامان ۳۶۰۰ نفر و جمعیت کل بخش غلامان در حدود ۱۴۳۲۰ نفر می‌باشد. سطح حوضه آبریز رودخانه سومبار در چات حدود ۸۲۷۰ کیلومترمربع است که ۱۸۷۵ کیلومترمربع آن در خاک ایران واقع است. مساحت حوزه آبریز شاخه‌های چندیر و غلامان به ترتیب حدود ۸۹۶ و ۹۷۹ کیلومترمربع است (وزارت کشور ۱۳۷۷).



شکل شماره۱. منطقه موردمطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

روش پژوهش

جهت ارزیابی تغییرات رخ داده در بستر رودخانه سومبار مراحل زیر انجام شد. اطلاعات مکانی از منطقه ویژگی‌های طبیعی آن از طریق نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، تصاویر ماهواره‌ای ETM سال ۱۹۸۷-۲۰۱۶ و IRS سال ۲۰۰۸ سازمان جغرافیایی کشور و اسناد و گزارش‌ها و کتاب‌های موجود گردآوری و اطلاعات موردنیاز استخراج شد. از نرم‌افزارهایی چون آرک مپ، انوی، اتوکد، گوگل ارث، جهت تحلیل‌های جغرافیایی و سنجش‌ازدور استفاده شد و تمامی اطلاعات گردآوری‌شده از منطقه در پایگاه اطلاعاتی دسته بندی و پردازش شد. انتخاب یک منطقه مرزی و یا یک محدوده ژئواستراتژیک همواره یکی از چالش‌های فراروی محققین علوم طبیعی است. با توجه به مرزی بودن منطقه سومبار و حساسیت‌های خاص امنیتی این منطقه دستیابی به اطلاعات بسیار مشکل و در مورد برخی اطلاعات غیرممکن بود. همچنین بازدید از منطقه همراه با تمهیدات امنیتی بود و منحصر به بخشی از بستر رودخانه سومبار شد. سعی شد تصاویر ماهواره ای درزمانی باشد که رودخانه دارای جریان ثابت و حداکثری باشد تا بتوان به سهولت خط انفصال آب از خشکی را جدا کرد. جهت ارزیابی بهتر منطقه موردتحقیق به دو بازه ۱ و ۲ تقسیم شد و محاسبات مورفومتری رودخانه در این دو بازه انجام گرفت. همچنین پردازش دقیق‌تر تصاویر یک حریم ۳ کیلومتری از وسط بستر رودخانه به سمت خاک ایران و ترکمنستان کشیده شد و تمامی پردازش‌ها در این بازه‌ها صورت گرفت. ابتدا برای استخراج بستر رودخانه از تصاویر ماهواره ای از شاخص اختلاف نرمال شده آب[1] استفاده شد (رابطه ۱) که اساس آن بر انعکاس طیفی سبز و مادون‌قرمز نزدیک است .(Macfeeters,2013) برای تصویر آی آر اس از اعمال فیوژن باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک ۵/۸ متری با سایر باندها استفاده شد.

1. Normalized Difference Water Index

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه۱: $\frac{(BAND\ 2-BAND4)}{(BAND\ 2+BAND\ 4)}$

در ادامه مسیر دقیق رودخانه برای هر یک از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ با استفاده از نرم‌افزارARC MAP ، ترسیم شد. به‌منظور ارزیابی تغییرات بستر رودخانه سومبار فایل های برداری مربوط به رودخانه در ۳ دوره تحقیق، تبدیل به فرمت مخصوص فایل‌های نرم‌افزار اتوکد شد؛ سپس در محیط نرم‌افزار اتوکد دوایر مماس بر پیچان‌رودها برازش داده شد. با استفاده از این دوایر پارامترهای طول‌موج، طول قوس، شعاع انحناء جهت محاسبه شاخص ضریب خمیدگی لئوپلد و سایر ویژگی‌های مورفومتری رودخانه محاسبه شد. جهت بررسی تغییرات ارتفاعی با توجه به سازند زمین شناسی پروفیل طولی رودخانه ترسیم شد. لایه لیتولوژی محدوده تحقیق ساخته و با پروفایل طولی رودخانه همپوشانی شد. و در نهات مقدار فرسایش کناری رودخانه در شش مقطع عرضی مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تدقیق مراحل آشکارسازی تغییرات، طی مشاهدات میدانی، تعداد ۱۰ نقطه به‌عنوان نقطه معرف مشخص و تغییرات مورفولوژیکی و کاربری ارضی بستر رودخانه سومبار در ۲۹ سال دوره تحقیق مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت. نقشه کاربری اراضی با روش حداکثر احتمال و طبقه‌بندی نظارت‌شده برای سال‌های تحقیق تهیه و تغییرات رخ‌داده در هر عرصه مورد ارزیابی قرار گرفت.

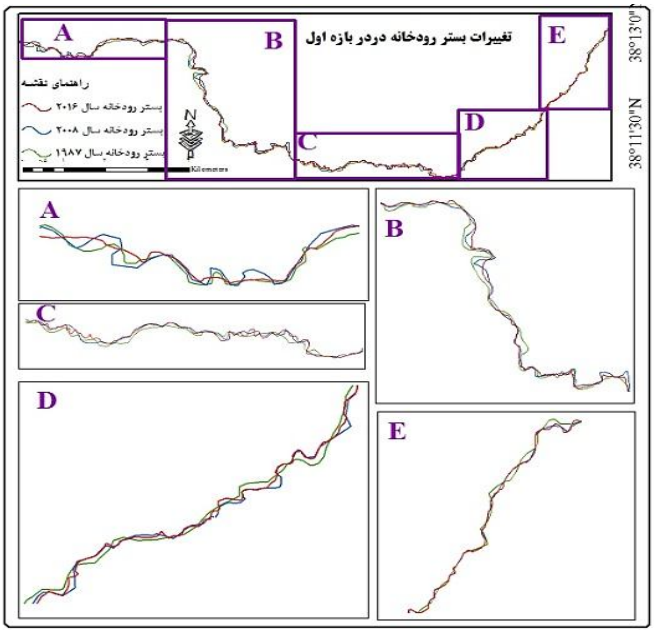
بحث و یافته‌ها

تفسیر بصری تغییرات با آشکارسازی بستر رودخانه سومبار: جهت ارزیابی بهتر تغییرات محدوده موردمطالعه به دو بازه تقسیم شد. بازه ۱ از نقطه اتصال سرشاخه رودخانه سومبار با مرز ایران تا حوالی روستای مرزی کهنه کصیر ترکمنستان ادامه دارد (شکل ۲) و بازه دوم محدوده روستای کهنه کصیر تا آخرین نقطه انفصال رودخانه با مرز ایران می‌باشد به‌منظور تفسیر بصری تغییرات رودخانه، بستر رودخانه سومبار در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۹،۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ مطابق شکل ۳ لایه رقومی خطی برای بستر رودخانه در هر سال ترسیم و همپوشانی شد. همان طور که ملاحظه می‌شود بخش وسیعی از بستر رودخانه در خلال ۲۹

www.SID.ir

Archive of SID

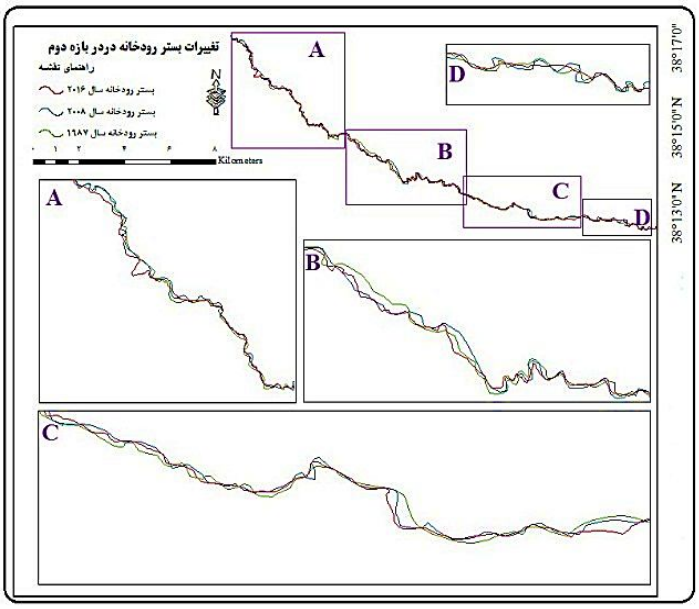
سال گذشته در خطی مستقیم بسترسازی شده که اگرچه این امر ازنظر تثبیت مرز بین‌المللی اقدامی مناسب است اما به‌طورکلی بستر هیدرولوژیکی رودخانه را دستخوش تحول نموده که می‌تواند در آینده تبعات جبران‌ناپذیری داشته باشد.



شکل شماره۲. تغییرات بستر رودخانه سومبار در بازه اول

www.SID.ir

Archive of SID

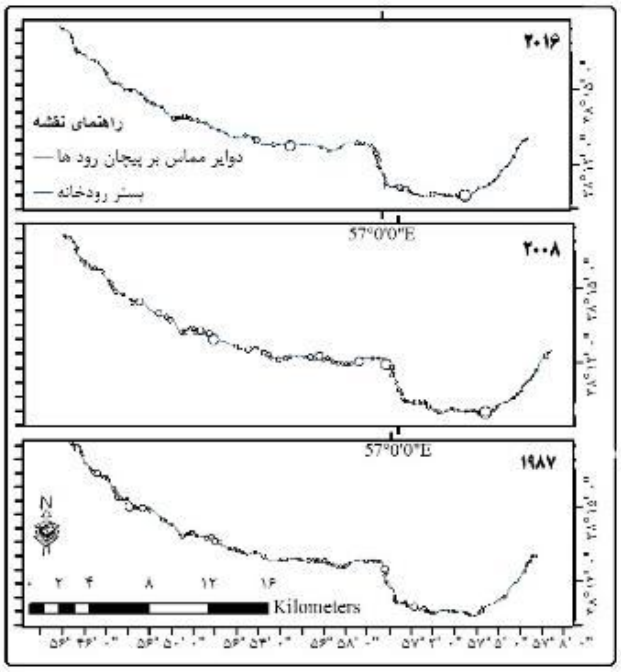


شکل شماره۳. تغییرات بستر رودخانه سومبار در بازه دوم

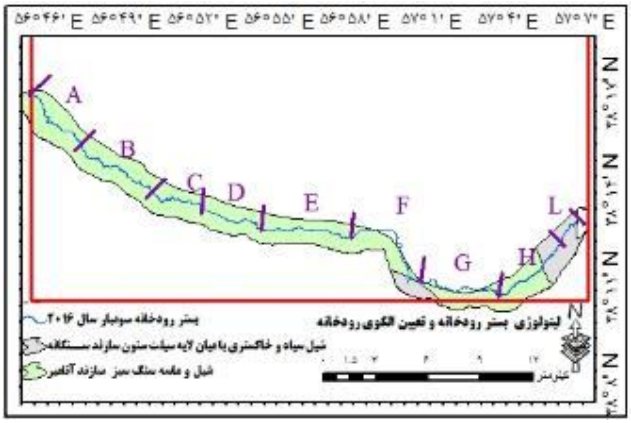
همپوشانی بستر رودخانه در سال های تحقیق نشان دهنده این است که رودخانه در طی ۲۹ سال دوره تحقیق تغییرات فراوانی داشته است. در بخش سفلی رودخانه (شکل ۲) در سال های گذشته با توجه به تغییرات کاربری اراضی و سیلاب‌های فصلی در دو ساحل رودخانه چه در خاک ایران و یا ترکمنستان، بخش وسیعی از سواحل رودخانه را دستخوش تغییر نموده است. با توجه به وضعیت شیب توپوگرافی منطقه و رودهایی که از سمت ترکمنستان وارد سومبار می‌شوند رسوب بیشتری داشته است و شرایط برای تثبیت رسوب در ساحل رودخانه مهیاتر است لذا باعث ایجاد زمین های با شیب کم در ساحل شمالی رودخانه سومبار شده است. جهت ارزیابی مورفومتری ابتدا فایل های برداری بستر رودخانه سومبار که از تصاویر ماهواره‌ای به‌دست‌آمده است را به نرم‌افزار اتوکد انتقال داده سپس با دوایر مماس بر پیچان‌رودها مطابق با شکل ۴ به‌دقت ترسیم شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره۴. ترسیم دوایر مماس جهت محاسبات مورفومتری بستر رودخانه



شکل ۵. تعیین الگوی شریانی رودخانه سومبار و لیتولوژی بستر رودخانه

www.SID.ir

Archive of SID

در این تحقیق جهت تعیین و ارزیابی الگوی رودخانه از شاخص سینوزیته استفاده شد (جدول ۱ و شکل ۵). شاخص سینوزیته از تقسیم طول رودخانه در بخش موردبررسی بر طول مستقیم دره رودخانه به متر به دست می‌آید (شایان و همکاران،۱۳۹۳). عوامل متعددی در الگوی رودخانه نقش دارند ازجمله این عوامل ساختار زمین شناسی، وضعیت گسل ها و توپوگرافی بستر رودخانه که بسته به تأثیر هریک از عوامل مذکور رودخانه از الگوی خاصی تبعیت می‌کند. شاخص سینوزیته از تقسیم طول رودخانه در بخش موردبررسی بر طول مستقیم دره رودخانه به متر به دست می‌آید (شایان و همکاران ۱۳۹۳). اگر ضریب سینوزیته در یک رودخانه بین ۱ تا ۱/۰۵ باشد، رودخانه از نوع مستقیم است، اگر بین ۱/۰۶ تا ۱/۲۵ باشد رودخانه از نوع سینوسی است، بین ۱/۲۶ تا ۲ باشد رودخانه از نوع پیچان‌رودی و اگر بیشتر از ۲ باشد رودخانه از نوع پیچان‌رودی شدید است. (یمانی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول شماره ۱. محاسبه ضریب سینوزیته رودخانه در ۹ بازه متمایز

کد بخش	ضریب سینوزیته	الگوی رودخانه	علت
A	۱/۳۸۴	سینوسی	کاهش شیب رودخانه و رسوب‌گذاری
B	۱/۲۸۶	سینوسی	افزایش رسوب توسط آبراهه‌ها متصل شده
C	۱/۴۰۹	پیچان‌رودی	پیشروی کوه‌ها در بستر رودخانه
D	۱/۲۲۴	مستقیم	دست‌کاری بستر رودخانه توسط انسان
E	۱/۰۶۷	مستقیم	دست‌کاری بستر رودخانه توسط انسان
F	۱/۴۹۴	پیچان‌رودی	فرسایش در اثر افزایش شیب
G	۱/۴۴۶	پیچان‌رودی	فرسایش در اثر افزایش شیب
H	۱/۲۶۳	سینوسی	سرشاخه رودخانه کاوش در دامنه‌ها
L	۱/۲۵۲	سینوسی	سرشاخه رودخانه کاوش در دامنه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص ضریب خمیدگی لئوپولد شاخصی برای ارزیابی شدت تغییرات پیچان‌رودها می‌باشد که طبق رابطه زیر به دست می‌آید.(Leopold & Wolman,1960:214)

رابطه ۲: $S = \frac{L}{\lambda/2}$

در این رابطه λ طول‌موج است که به فاصله افقی بین دو نقطه متناظر از دو قوس پیچان‌رود متوالی واقع بر محور رودخانه اطلاق می‌شود. و L به فاصله عرضی رودخانه در محل قوس اطلاق می‌گردد. طبق محاسبات انجام شده ضریب خمیدگی در طی ۲۹ سال تحقیق کاهش‌یافته و میانگین شعاع دایره بیشتر شده است. زاویه مرکزی به‌عنوان معیاری جهت تقسیم‌بندی و شناسایی میزان توسعه پیچان‌رودی یک رودخانه مورداستفاده قرار می‌گیرد. کورنایس برای بیان کیفی توسعه و پیشرفت پیچان‌رودی شدن رودخانه‌های آبرفتی و تمایز آن ها از یکدیگر از معیار زاویه مرکزی استفاده نموده است. بر اساس رابطه ۳ زاویه مرکزی قوس‌ها محاسبه و میانگین حسابی آن برای قوس‌های رودخانه به دست می‌آید (تلوری،۱۳۸۳).

رابطه ۳: $A = \frac{180L}{R\pi}$

مطابق به رابطه ۳، A زاویه مرکزی، L طول قوس، R شعاع انحنا، π عدد پی می‌باشد. با توجه به تقسیم‌بندی Cornice (1980) ، هرگاه زاویه مرکزی رودخانه برحسب درجه در بازه مندرج در جدول ذیل قرار بگیرد الگوی رودخانه بر اساس آن تعیین می‌شود درصد فراوانی زاویه مرکزی قوس‌های پیچان‌رودی بابل رود در جدول ۲ درج‌شده است

جدول شماره ۲. تقسیم‌بندی کورنایس از الگوی رودخانه و درصد فراوانی نوع پیچان‌رودها

الگوی رودخانه	زاویه مرکزی (درجه)	درصد فراوانی برای سال ۱۹۸۷	درصد فراوانی برای سال	درصد فراوانی برای سال ۲۰۱۶
شبه پیچان‌رود	۰-۴۱	۵۹/۴	۵۱/۲۶	۴۸/۹۲
پیچان‌رود	۴۱-۸۵	۱۱/۸	۹/۵	۸/۵
پیچان‌رود	۸۵-۱۵۸	۴/۵	۳/۲	۲/۹
پیچان‌رود خیلی	۱۵۸-۲۹۶	...	...	....
نعل اسبی	<۲۹۶	..	...	...

www.SID.ir

Archive of SID

سایر محاسبات مورفومتری رودخانه سومبار در سه دوره زمانی و در دو بازه متمایز مطابق با جدول ۳ انجام شد.

جدول شماره۳. محاسبات مورفومتری بستر رودخانه سومبار

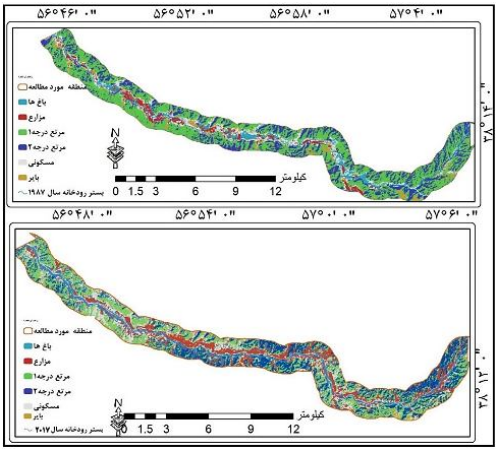
سال	۱۹۸۷				۲۰۰۸				۲۰۱۶			
پارامتر (میانگین)	بازه ۱	بازه ۲	میانگین	کل	بازه ۱	بازه ۲	میانگین	کل	بازه ۱	بازه ۲	میانگین	کل
طول رود (کیلومتر)	۲۴/۸۹	۲۳/۶۸	–	۴۸/۵۸	۲۵/۵۲	۲۲/۹۴	–	۴۸/۴۷	۲۴/۸۸	۲۲/۴۱	–	۴۷/۲۹
تعداد پیچان‌رود	۸۹	۶۵	–	۱۵۴	۸۰	۶۴	–	۱۴۴	۷۸	۵۸	–	۱۳۶
شعاع دایره (متر)	۲۵۱/۴۲	۲۵۴/۴۴	–	–	۲۵۸/۱۱	۲۶۰/۴	–	–	۲۵۹/۴۳	۱۶۰/۷۷	–	–
طول دره (متر)	۵۸۶۳/۱	۵۷۵۸/۵	–	–	۵۹۹۱/۳	۵۸۷۷	–	–	۵۳۴۱/۹	۵۳۴۰/۸	–	–
طول‌موج (متر)	۴۳۹۴/۴	۴۳۴۸/۴	–	–	۴۵۶۴/۳	۴۵۱۱	–	–	۴۰۸۸/۱	۳۹۱۷/۵	–	–
ضریب خمیدگی	۱/۳۳۴	۱/۳۲۴	۱/۳۲۹	–	۱/۳۱۲	۱/۳۰۱	۱/۳۰۷	–	۱/۳۰۶	۱/۲۸۵	۱/۲۹۵	–
زاویه مرکزی (درجه)	۳۹/۹۲	۴۱/۳۲	۴۰/۸۳	–	۳۷/۸۸	۳۵/۹۴	۳۶/۲۷	–	۳۳/۱۶	۲۸/۱۳	۳۰/۶۱	–

تغییرات کاربری اراضی حاشیه رودخانه سومبار: تغییر در کاربری اراضی یکی از مهم ترین علل نابودی چهره بکر و طبیعی زمین می‌باشد که باعث تغییر در مکانیسم فرآیندهای طبیعی در محیط حوضه و رودخانه می‌شود. در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ تغییرات کاربری محدوده حاشیه رودخانه سومبار مورد کاوش و ارزیابی قرار گرفت (شکل ۶).



شکل شماره ۶. نقشه کاربری ارضی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷

بدین منظور از روش حداکثر احتمال، و طبقه‌بندی نظارت‌شده نقشه کاربری ارضی برای سال‌های مذکور تهیه و عرصه‌های تغییریافته مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۶). برای طبقه‌بندی عرصه‌های موجود در منطقه نمونه‌هایی از سطح منطقه به‌عنوان نمونه‌های آزمایشی انتخاب شد، سپس با استفاده از این نمونه‌ها کاربری اراضی موجود در منطقه تشخیص و نقشه کاربری اراضی برای ۲ سال مذکور تهیه شد در جدول ذیل میزان تغییرات هریک از عرصه‌ها در خلال سال‌های تحقیق محاسبه‌شده است.

جدول شماره۴. تغییرات کاربری اراضی در محدوده موردمطالعه

عرصه	مساحت عرصه سال ۱۹۸۷ به km2	مساحت عرصه سال ۲۰۱۷ به km2	درصد تغییرات
باغ‌ها	۵/۹۴	۱۰/۰۲۶	۱۲/۶۷
مزارع	۴/۰۱۹	۱۳/۴۷	۱۷/۵۲
مراتع درجه ۱	۳۶/۷۶	۲۴/۹۸	۳۳/۶۸
مرتع درجه ۲	۱۷/۸۵	۱۵/۹۵	۲۰/۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

مسکونی	۸/۸۶	۱۲/۳۸	۱۵/۹۸
بایر	۳/۷۵	۰/۳۷	-۰/۸۷

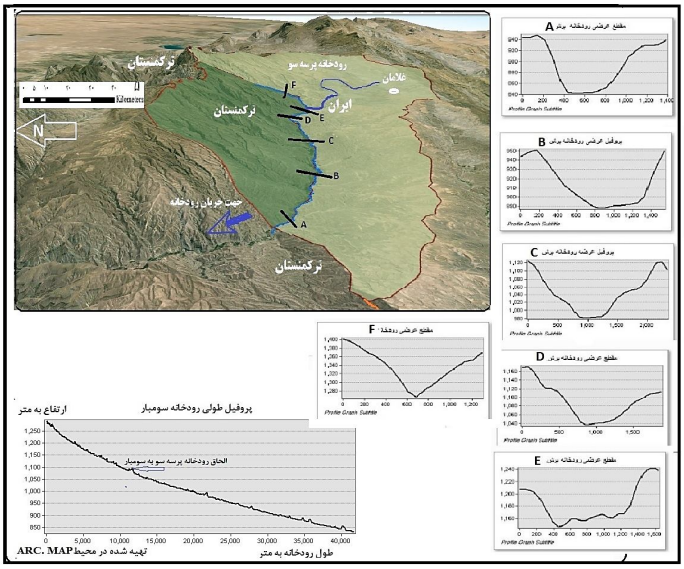
طبق محاسبات انجام‌شده سطح باغ‌های منطقه از ۵/۹۴ در سال ۱۹۸۷ به ۱۰/۰۲۶ در سال ۲۰۱۷ رسیده است همچنین سطح زیر کشت مزارع اعم از دیم و آبی از ۴/۰۱۹ به ۱۳/۴۷ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۷ رسیده است. این افزایش سطح زیر کشت باعث کاهش سطوح برهنه و بایر و سایر مراتع شده است. تغییرات در کاربری اراضی محدوده موردمطالعه تأثیرات زیادی در بستر رودخانه داشته به نحوی‌که طبق محاسبات انجام شده بستر رودخانه را به باریکه آبی تبدیل نموده است که در مواقع سیلابی باعث تخریب دیوار رودخانه و به زیر آب رفتن مزارع کشاورزی می‌شود.

پروفیل طولی و عرضی رودخانه سومبار

پروفیل طولی رودخانه‌یک ابزار بسیار کارا برای بررسی آشفتگی‌ها و تغییرات بستر رودخانه تحت تأثیر ساختار زمین‌شناسی و گسل‌های موجود و نوع رسوبات و تکامل حوضه می‌باشد که اگر بتوان در دوره‌های متعدد نیمرخ طولی آن را ترسیم کرد تحولات رخ‌داده در سطح حوضه بسیار مشخص می‌نمایاند. در این تحقیق با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و همچنین بستر پایش شده از روی تصاویر ماهواره‌ای نیمرخ طولی رودخانه سومبار ترسیم شد. (شکل ۷). نیمرخ عرضی رودخانه نشان‌دهنده فرآیندهای هیدرودینامیک رودخانه و تأثیر آن در تغییر کانال و دره رودخانه می‌باشد. طبیعتاً هرگاه نیمرخ عرضی رودخانه به شکل V باشد نشان‌دهنده مکانیسم کاوش در سیکل فرسایش است و هرگاه شکل تشتکی داشته باشد یعنی رودخانه در مرحله تراکمی است (Kondolf,2003:602). نمایش نیمرخ عرضی رودخانه سومبار در ۶ برش عرضی حاکی از این است که فرآیند غالب بالادست رودخانه سومبار در محل برش‌های E و F کاوشی است و هر چه به سمت پایین‌دست حرکت می‌کنیم دره‌ها بازتر شده و زمینه برای فرآیندهای تراکمی مساعدتر می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره۷. نمای سه‌بعدی از حوضه آبریز (نما از خروجی حوضه به سمت بالادست رود سومبار) و پروفیل طولی و عرضی رودخانه

در شکل ۸ تغییرات بخشی از بستر رودخانه سومبار را نشان می‌دهد که در سال ۱۹۸۷ در اثر افزایش دبی رودخانه، کم شدن شیب عمومی وجود رسوبات سست رودخانه دارای الگوی پیچان‌رودی بوده ولی در سال ۲۰۰۸ با کاهش دبی در اثر خشک‌سالی‌های اخیر از پیچان رودهای آن کاسته شده است و در سال ۲۰۱۶ که رودخانه حالت سینوسی و در برخی نقاط کاملاً مستقیم شده است.

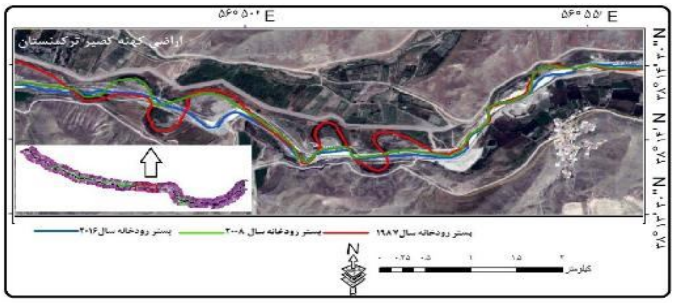
www.SID.ir

Archive of SID

شکل شماره۸. تغییرات بستر رودخانه سومبار در نزدیکی اراضی کهنه کصیر ترکمنستان

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا نقشه زمین‌شناسی منطقه با بستر رودخانه همپوشانی شد تا تأثیر گسل‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی مشخص شود. رودخانه سومبار بر روی سازندهای سنگانه و آتامیر، متعلق دوره کرتاسه –مزوزوئیک قرار دارد که دارای ضخامت بالای ۷۰۰ متر بوده و عموماً سیمایی تپه‌ماهوری و فرسوده دارد و گسل خاصی نیز در مسیر رودخانه قرار ندارد (قرابیگلی،۱۳۸۸). طبق بررسی‌ها الگوی رودخانه سومبار در بالادست از نوع پیچان‌رودی است؛ ولی الگوی کلی رودخانه سینوسی است که با دخالت انسان و همچنین شیب زمین میل به مستقیم شدن دارد. بسترسازی به‌منظور حفظ تمامیت ارضی، برداشت شن و ماسه از سطح رودخانه، همچنین کاهش آبدهی رودخانه از مهم ترین عوامل تغییر الگوی رودخانه می‌باشند. بر اساس محاسبات مورفومتری بستر رودخانه سومبار مشخص شد که بیشترین درصد فراوانی مرکزی رودخانه سومبار در سال ۱۹۸۷ به زاویه میزان،



www.SID.ir

Archive of SID

۵۹/۴ و در سال ۵۱/۲۶،۲۰۰۸ بوده که طبق تقسیم‌بندی کورنایس در دسته ۰-۴۱ درجه‌ای قرار می‌گیرد که مربوط به حالت شبه پیچان‌رودی است که در حال تمایل به پیچان‌رودی توسعه‌نیافته است. ضریب خمیدگی در طی ۲۹ سال تحقیق کاهش‌یافته و میانگین شعاع دایره بیشتر شده است. عواملی چون تغییرات اقلیمی، کاهش دبی رودخانه و تثبیت بستر رودخانه توسط مرزنشینان به‌منظور حفظ خطوط مرزی و جلوگیری از تخریب زمین‌های کشاورزی باعث کاهش ضریب خمیدگی و افزایش میانگین شعاع دایره شده است. همچنین میانگین زاویه مرکزی پیچان رودهای رودخانه سومبار ۴۰/۸۳ درجه در سال ۱۹۸۷ که این میزان در سال ۲۰۰۸ به ۳۶/۲۷ درجه و در سال ۱۰۶ به ۳۰/۶۱ رسید. بررسی این میزان در دو بازه رودخانه نشان دهنده این است که در بازه دوم میانگین زاویه مرکزی پیچان‌رودها بیشتر از بازه اول است. همچنین تعداد پیچان‌رودها در سال ۱۹۸۷ ۱۵۴ عدد بوده که این میزان در سال ۲۰۰۸، ۱۴۴ و در سال ۲۰۱۶ به ۱۳۶ پیچان رود کاهش پیداکرده است. بر اساس استخراج نقشه کاربری ارضی و تطبیق آن با نقشه کاربری سال ۲۰۱۷ مشخص شد تغییرات زیادی در محدوده موردمطالعه ایجادشده است به نحوی‌که سطح زیر کشت محصولات کشاورزی فوق‌العاده افزایش داشته است. نیمرخ طولی رودخانه نشان می‌دهد بستر رودخانه از نوع مقعر می‌باشد به‌نحوی‌که تا محل الحاق رودخانه پرسه سو، شرایط کاوش شدید در شیب زیاد بستر حکم فرماست و پس از رودخانه پرسه سو شیب رودخانه کمتر شده و رسوبات رودخانه سومبار و همچنین رودهای متصل شده به آن در بستر رودخانه ته‌نشین می‌شود. این شرایط باعث شده از این محدوده به بعد نیمرخ طولی رودخانه با تعقر بسیار کم و مستقیم باشد. نیمرخ عرضی رودخانه سومبار در برش‌های مذکور نشان می‌دهد شیب و گرانش رودخانه بیشتر به سمت ساحل ایرانی رودخانه سومبار است یعنی ساحل شمالی رودخانه در خاک ترکمنستان با شیب ملایم به رودخانه منتهی می‌شود. این در حالی است قسمت عمیق‌تر رودخانه در سمت ایران و قسمت کم‌عمق‌تر رودخانه در خاک ترکمنستان است. مکانیسم مذکور باعث کاوش بیشتر در ساحل ایرانی

www.SID.ir

Archive of SID

سومبار و تراکم رسوب در ساحل خارجی سومبار شده است. در این پژوهش که هدف از آن آشکارسازی و ارزیابی تغییرات بستر رودخانه سومبار بود از منابع اطلاعاتی متعددی ازجمله تصاویر ماهواره ای با دقت بالابود استفاده شد. از سویی دیگر به دلیل مرزی بودن منطقه محدودیت‌های فراوانی چه در گردآوری اطلاعات و چه برداشت نقاط کنترل میدانی فراروی روند تحقیق قرار داشت بااین‌وجود با استفاده از حداکثر منابع اطلاعاتی موجود این پژوهش صورت گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش به‌طور خلاصه عبارت‌اند از: بر اساس محاسبه شاخص سینوزیته و همچنین آمار فراوانی زاویه مرکزی مشخص شد طبق تقسیم‌بندی کورنایس در دسته ۰-۴۱ درجه‌ای قرار می‌گیرد که مربوط به حالت شبه پیچان‌رودی است. در حالت کلی رودخانه سومبار ازنقطه‌نظر سیکل فرسایش هنوز در مرحله جوانی قرار دارد و الگوی رودخانه عمدتاً سینوسی و شبه پیچان‌رودی است که در برخی نقاط براثر تثبیت دیواره مرزی و مستقیم سازی بستر به‌منظور کاهش تنش‌های سیاسی مرزنشینان به‌صورت مستقیم درآمده است که این اقدام زمینه را برای بروز سیلاب‌های با قدرت زیاد دربارش های سیلابی را فراهم آورده است. همچنین با توجه به سازندهای آهکی سنگانه و آتامیر در بستر رودخانه و تکتونیک پایدار در منطقه هیچ گونه تغییرات ساختاری و ژئولوژیک در بستر رودخانه مشاهده نشده است. طبق نتایج تحقیق تغییرات حادث‌شده در بستر رودخانه سومبار، در برخی نقاط به نفع ایران بوده و در بیشتر موارد به ضرر ایران بوده است پروفیل طولی بستر رودخانه نشان می‌دهد با توجه به شیب زیاد بستر رودخانه مقعر است و پس از اتصال رودخانه پرسه سو به دلیل افزایش رسوبات در بستر و کمتر شدن شیب عمومی پروفیل رودخانه شکل مستقیم به خود گرفته است. تغییرات رخ داده در بستر رودخانه در وهله اول موجب تغییر خطوط مرزی می‌شود و این تغییرات به نفع ایران نیست و بخش وسیعی از ساحل ایرانی سومبار در حال فرسایش جریانی رودخانه قرار دارد. و ایجاد اقداماتی از قبیل مقاوم‌سازی بستر و ایجاد بسترهای مصنوعی

www.SID.ir

Archive of SID

اجتناب‌ناپذیر است. بااین‌وجود پیشنهاد می‌شود این اقدامات با رعایت شرایط هیدرودینامیک رودخانه باشد.

منابع

- ارشد، صالح؛ مرید، سعید؛ میر ابوالقاسمی، هادی (۱۳۸۶) بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش‌ازدور: مطالعه موردی رودخانه کارون از گتوند تا فارسیات (۸۲-۱۳۶۹)، مجله علوم کشاورزی و منابع، دوره۱۴، شماره۶، صص. ۱۹۴-۱۸۰.
- اسماعیلی، رضا؛ حسین زاده، محمدمهدی؛ متولی، صدرالدین (۱۳۹۰) تکنیک های میدانی در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، چاپ اول، تهران: انتشارات مؤسسه انتشاراتی لاهوت.
- بدیعی ازنداهی، مرجان؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ گودرزی مهر، سعید (۱۳۹۰) نقش تغییرات مورفولوژی رودخانه مرزی هیرمند در روابط سیاسی ایران و افغانستان، پژوهش های جغرافیای انسانی، دوره ۴۳، شماره۴، صص. ۲۲۰-۱۹۷.
- تلوری عبدالرسول (۱۳۸۳) اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، تهران: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد.
- جوادیان، سیدحمید؛ ابراهیمی، مجید؛ شریفان، سمیرا؛ نژادسلیمانی، حمید (۱۳۹۱) پیامدهای ژئوپلیتیکی ـ امنیتی تغییر بستر رودخانه های مرزی شمال شرق کشور مطالعه موردی رودخانه مرزی هریرود، همایش ملی شهرهای مرزی و امنیت، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ محمدفر، عادل؛ ولیزاده کامران؛ خلیل (۱۳۹۱) آشکارسازی تغییرات کناری و شناسایی مناطق خطر رودخانه آجی‌چای در محدوده خواجه تا ونیار، هیدروژئومورفولوژی، دوره۲۳، شماره ۴، صص.۱۴-۱.
- شاکری، زارع، حجت؛ بهنیافر، ابوالفضل؛ قربانی شورستان، علی؛ هاشمی، معصومه (۱۳۹۳) مطالعه تحوّلات ژئومورفولوژی بستر رودخانه هریرود و تأثیر آن بر مرز بین المللی، جغرافیا و پایداری محیط، دوره۴، شماره۲، صص. ۷۰-۵۷ .

www.SID.ir

Archive of SID

- شایان، سیاوش؛ زارع، غلامرضا؛ یمانی، مجتبی؛ شریفی‌کیا، محمد؛ سلطان‌پور، محسن (۱۳۹۳) به‌کارگیری داده‌های سنجش‌ازدور در آشکارسازی تغییرات پیچان‌رودی دلتای مند –بوشهر، فصلنامه سپهر، دوره ۲۴، شماره ۹۳، صص.۴۰-۲۷.
- شرفی سیامک، شامی ابوالفضل، یمانی مجتبی (۱۳۹۳)، بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه اترک در بازه زمانی ۲۰ ساله، مجله آمایش جغرافیایی فضا گرگان، دوره ۴ شماره ۱۴ صفحه ۱۲۹-۱۵۰
- عاشوری، محمد؛ رضایی مقدم، محمدحسین؛ پیری، زهرا (۱۳۹۲) بررسی تغییر مورفولوژی بستر رودخانه پیش و پس از احداث سد با استفاده از HEC RAS و) GIS مطالعه موردی: منطقه پایین‌دست سد ستارخان اهر)، نشریه جغرافیای طبیعی، دوره۴۵، شماره ۱، صص.۱۰۰-۷۵.
- قرابیگلی، غلامرضا و آریافر، امیر (۱۳۸۸) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ناحیه کپه داغ.
- کهربائیان، پروین؛ بهنیافر، ابوالفضل؛ شاکری زارع، حجت؛ رضائی¬عارفی، محسن (۱۳۹۳) تحولات مورفولوژیکی و الگوی پیچان‌رودی بستر رودخانه مرزی هریرود با استفاده ازRS ، مجله پژوهش‌های کمی، دوره۳، شماره۳، صص.۶۴-۵۳.
- شریفی‌کیا، محمد؛ مال‌امیری، نعمت؛ سیاوش، شایان (۱۳۹۲) آشکارسازی تغییرات الگوی مکانی رودخانه هیرمند و تحلیل مورفولوژیکی آن، مجله ژئومورفولوژی کمی، دوره ۱۱، شماره ۳، صص.۱۶۰-۱۴۹.
- میرحیدر، دره (۱۳۸۳) جغرافیایی سیاسی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- میرزاوند، محمد؛ قاسمیه، هدی؛ نظری سامانی، علی‌اکبر؛ ولی، عباسعلی؛ ساداتی نژاد، سیدجواد (۱۳۹۴) بررسی الگوی پیچان‌رودی رودخانه‌ها با استفاده از شاخص‌های لئوپولد و کورنایس (رودخانه بابل رود و سجاد رود). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، دوره ۶، شماره۱۱، صص.۱۵۲-۱۶۱.
- وزارت کشور (۱۳۷۷) مطالعه توسعه اقتصادی و اجتماعی حوضه آبریز اترک (اترک سفلی)، استانداری استان گلستان.

www.SID.ir

Archive of SID

- یمانی، مجتبی؛ علمی زاده، هیوا؛ مقصودی، مهران؛ مقیمی، ابراهیم؛ نوحه گر، احمد (۱۳۹۰) بررسی تغییرهای پیچان‌رودی و ناپایداری بستر رودها در جلگه شمالی تنگه هرمز برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس سابق)، دوره ۱۴، شماره ۴، صص. ۱۱۳-۱۰۱.
- یمانی، مجتبی؛ دولتی، جواد؛ زارعی، علیرضا (۱۳۸۹) تأثیرگذاری عوامل هیدروژئومورفیک در تغییرات زمانی و مکانی بخش میانی رودخانه اترک»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۳۵، شماره ۹۹، صص.۲۴-۱.
- Roder, A. & Propper, M. & Stellmes, M. & Hill, A. (2016) Reprint of "Assessing urban growth and rural, land use transformations in a cross-border situation in Northern Namibia and Southern Angola", Land Use Policy, Vol.53, pp.97–111.
- Casado, A. & Peiry, J.L. & Campo, A.M. (2016) Geomorphic and vegetation changes in a meandering dryland river regulated by a large dam, Sauce Grande River, Argentina. Geomorphology, Vol.268, pp. 21–34.
- Assine, M. L. & Aguinaldo, S. (2009) Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil, Geomorphology, Vol.113, No.1-3, pp.189-199.
- Biedelharn, D.S. & Elliot, C.M. & Watson, C. (1997) The WES stream investingation and stream bank stabilization, handbook. U.S. Army Engineering.
- Brierley, G. J. & Fryirs, K. A. (2005) Geomorphology and river management: applications of the River Styles framework, Blackwell, Oxford, UK.
- Chang, Bowon. (2010) "The power of geographical boundaries: Cultural, political, and economic border effects in a unitary nation", Graduate Theses and Dissertations.
- Donaldson, J.W. (2011).= Paradox of the moving boundary: Legal heredity of river accretion and avulsion, Water Alternatives, Vol.4, No.2, pp.155-170.
- Grainger, S. & Declan, C. (2014) Climate change and International River Boundaries: fixed points in shifting sands, Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, Vol.5, No.6, pp.835-848

www.SID.ir

Archive of SID

- Tanaka H. & Adityawan, M. B. & Mano, A. (2014) Morphological changes at the Nanakita River mouth after the Great East Japan Tsunami of 2011, Coastal Engineering, Vol.86, pp.14–26.
- Leopold, L. & Wolman, M.G. (1960) River Meanderes, Bulletin of the Geological Society.
- Max, G. Rozo. & Afonso, Nogueira. Carlomagno, Soto-Castro. (2006) Remote sensing-based analysis of the platform changes in the Upper Amazon River over the period 1986–2006 Journal of South American Earth Sciences, Vol.51, pp. 28–44.
- mcFeeters S. K. (2013) Using the Normalized Difference Water Index (ADD I) within Geographic Information System to Detect Swimming Pools for mosquito Abatemen A Practical Approach, Remote Sensing, Vol.5, No.7, pp. 3544-3561.
- Singh, A. (1989) Digital change detection techniques using remotely sensed data, International Journal of Remote Sensing, Vol.10, pp.989–1003.
- Shuhei, K. & Lagerlof, N. (2015) Natural Borders, Seminar in University of Guelph in October 2014.
- Tools in Fluvial Geomorphology, (2016) 2nd Edition G. Mathias Kondolf, Hervé Piégay ISBN: 978-0-470-68405-4, June, Wiley-Blackwell.
- Vikrant, Jain. & Sinha, R. (2004) Fluvial dynamics of an anabranching river system in Himalayan foreland basin, Baghmati river, north Bihar plains, India, Geomorphology, Vol.60, No.1–2, pp. 147-170.
- Yu Jing, Xie. & Cho, Nam Ng. (2013) Exploring spatio-temporal variations of habitat loss and its causal factors in the Shenzhen River cross-border watershed, Applied Geography Vol.39, pp. 140-150.

www.SID.ir