



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۲، دوره ۶، شماره ۱، صص ۳۰۷-۲۸۹

بررسی علل و مسائل تغییرات بستر رودخانه زرينه‌رود از روستای کرکره تا میاندوآب

در بازه زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۹

موسی عابدینی^{۱*}، افسانه شیخ زاده^۲، بهروز نظافت تکه^۳

۱- استاد دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل،

ایران abedini@uma.ac.ir

۱- کارشناس ارشد دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی (گرایش

ژئومورفولوژی)، اردبیل، ایران

۳- دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی (گرایش

ژئومورفولوژی)، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰

چکیده

ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی مجرای رودخانه از جنبه‌های مدیریت منابع آب و خاک و مخاطرات مربوطه از اهمیت زیادی برخوردار است. در پژوهش حاضر، مورفولوژی و تغییرات جانبی مجرای رودخانه زرينه‌رود مورد بررسی قرار گرفت. بازه مطالعاتی به طول تقریبی ۹۵ کیلومتر از روستای کرکره تا شهر میاندوآب امتداد می‌یابد. جهت درک بهتر تغییرات مورفولوژیکی، مجرای رودخانه زرينه‌رود به سه بازه مشخص تقسیم‌بندی گردید. بازه اول به طول حدود ۳۵ کیلومتر از روستای کرکره تا محدوده شهر محمودآباد؛ بازه دوم از محدوده شهر محمودآباد تا سد انحرافی نوروزلو و بازه سوم نیز از پایاب این سد تا شهر میاندوآب امتداد می‌یابد. به منظور ارزیابی مورفولوژی و تغییرات جانبی مجرای رودخانه از چهار شاخص ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی، نرخ مهاجرت و ترانسکت بهره گرفته شد. برای استخراج مجرا در دوره‌های زمانی مختلف و همچنین محاسبه شاخص‌های ژئومورفیکی از تکنیک‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده به عمل آمد. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های مورد استفاده از تغییرپذیری فضایی و زمانی زیادی در امتداد رودخانه زرينه‌رود برخوردار می‌باشند. در شاخص زاویه مرکزی کل مجرا در دوره‌های زمانی ۱۹۸۸، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۹ به ترتیب برابر ۸۹/۹، ۹۱ و ۱۰۹/۲ درجه بوده که یک افزایش ملایم در مقدار زاویه مرکزی در طی ۳۰ سال گذشته بودیم، شاخص ضریب خمیدگی در سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۹ به ترتیب ۱/۷ در بازه سوم، ۱/۶۵ در بازه دوم و ۱/۸۱ در بازه دوم هستیم و در شاخص مهاجرت مجرا بیشترین نرخ مهاجرت در ۳۰ سال گذشته ۵/۷۱۶-۹/۰۲۹ متر است و اما در روش ترانسکت در ۴۷۲ هکتار در ۳۰ سال گذشته از اراضی تخریب و فرسایش یافته‌اند. که به ۱۵/۲ هکتار در سال حاصل می‌شود. این امر دلالت بر گوناگونی و تنوع شرایط محیطی حاکم بر مجرا و کناره‌های رودخانه و همچنین دینامیک عرضی بالای رودخانه زرينه‌رود دارد. مورفولوژی بازه اول به طور عمده در کنترل دو متغیر زمین‌شناسی و سیلاب‌ها می‌باشد. شاخص‌ها و بازدهی‌های میدانی نشان‌دهنده تحرک جانبی بالا و بسیار فعال مجرای رودخانه در بازه دوم است. دشت سیلابی توسعه‌یافته، کناره‌های فرسایش‌پذیر، فراوانی سیلاب‌ها، دبی بالا و شیب نسبتاً زیاد جزو مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر تغییرات مورفولوژیکی این بازه به شمار می‌روند. مورفولوژی بازه سوم به شدت به واسطه برداشت شن و ماسه و عملیات کانالیزه کردن تحت تاثیر قرار گرفته است. نتایج همچنین نشان می‌دهند که در طی سال‌های اخیر آهنگ تغییرات جانبی مجرای رودخانه در تمامی بازه‌ها کاهش یافته است. این امر در ارتباط با کاهش قابل توجه دبی رودخانه می‌باشد.

کلیدواژگان: "مورفولوژی رودخانه،" تغییرات مجرا، "ژئومورفوتری،" زرينه‌رود، "

مقدمه

آب و خاک، پایه و اساس حیات بشر به‌شمار می‌آیند. امروزه فرسایش خاک این منابع باارزش و در نتیجه حیات بشر را تهدید می‌کند؛ بنابراین ارزیابی فرسایش خاک و کنترل آن امری ضروری می‌باشد (عابدینی و طولابی، ۱۳۹۶). رودخانه‌ها را می‌توان جزو مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار در فرآیندهای ژئومورفولوژیک زمین و چرخه فرسایش به‌شمار آورد. تا امروز تحقیقات وسیعی بر روی تغییرات مورفولوژیک رودخانه‌ها و فاکتورهای مؤثر بر آنها به انجام رسیده است. در این رابطه، مورفولوژی یا ریخت‌شناسی رودخانه را می‌توان علم درک سیستم رودخانه از منظر شکل و فرم کلی، ابعاد و مشخصه‌های هندسه هیدرولیک، جهت و نیمرخ طولی بستر و نیز روند و مکانیزم تغییرات و تبدیلات آن به حساب آورد (تلوری، ۱۳۸۳). رودخانه‌ها به مثابه سیستم‌های دینامیک، موقعیت و ویژگی‌های مورفولوژیکی خود را به طور مداوم در طی زمان بر اثر دخالت عوامل ژئومورفیک، تکنونیک، هیدرولوژیکی و در برخی موارد در نتیجه عملکردها و دخالت‌های انسان تغییر می‌دهند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). از تغییرات و تحولات یک سیستم رودخانه‌ای می‌توان به تغییر شکل نیمرخ طولی و عرضی بستر رودخانه، تغییر شیب دره و بستر، تغییر عرض، تشکیل تراس‌های آبرفتی، تغییر موقعیت و کمیت رسوب‌گذاری، تشکیل دریاچه‌های مائندری یا نعل اسبی، تغییر موقعیت عرضی و ناگهانی بستر اشاره داشت. شیب، دبی آب، سرعت آب و طبیعت رودخانه فاکتورهایی به‌شمار می‌روند که مسئول تغییر شکل و ابعاد رودخانه‌ها می‌باشند (سینات و همکاران، ۲۰۱۲). در این پژوهش، تغییرات مورفولوژیکی مجرای رودخانه زرینه‌رود در بازه روستای کرکره تا میان‌دوآب مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

مورفولوژی سیستم‌های رودخانه‌ای در ارتباط و تحت تأثیر فرآیندهای حاکم بر آن از قبیل ویژگی‌های آب و هوایی، هیدرولوژیکی، هیدرولیک، وضعیت فرسایش و رسوب‌گذاری و نیز مشخصه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی محیط رودخانه‌ای و حوضه بالادست آن می‌باشد. شناخت و تبیین خصوصیات و آثار متقابل فرم و فرآیندهای حاکم در سیستم‌های رودخانه‌ای که به شناسایی رفتار رودخانه‌ها در محدوده‌های زمانی و مکانی منجر می‌گردد از اهمیت شایان توجهی در طراحی و توسعه مدل‌های مفهومی مرتبط با محیط‌های رودخانه‌ای برخوردار می‌باشد (حاجی بیگلو و همکاران، ۱۳۹۲). در این رابطه، مورفولوژی یا ریخت‌شناسی رودخانه به مطالعه شکل و ساختمان رودخانه‌ها می‌پردازد. مورفولوژی رودخانه‌ها به واسطه فاکتورهای مختلف طبیعی (شیب مجرای رودخانه، دبی جریان، مواد تشکیل دهنده بستر و کناره‌ها، فراوانی و بزرگی سیلاب و ...) و انسانی دستخوش تغییر و دگرگونی

می‌گردند. ارزیابی این تغییرات حادث شده در ویژگی‌ها و وضعیت یک پدیده، از طریق نظارت و مشاهده آن در زمان‌های گوناگون را آشکارسازی تغییرات می‌نامند (فانگ و لدرو، ۱۹۹۸).

ارزیابی مورفولوژیکی مجرای رودخانه‌ها و سیلاب‌ها با هدف شناسایی و تبیین کلی شکل، فرایند توسعه و روند تغییرات فضایی جریان و تعیین محدوده تغییر و جابجایی رودخانه‌ها، جهت ارزیابی پایداری آن‌ها، جزو مقوله‌های اساسی در تحقیقات مهندسی رودخانه و ساماندهی سواحل آن به شمار می‌رود. رودخانه‌ها متأثر از فاکتورهای متنوعی از قبیل خصوصیات زمینشناسی، هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی، مورفولوژیکی و چگونگی بهره‌برداری از آن‌ها دست‌خوش تغییر و دگرگونی می‌شوند. این تغییرات به شکل فرسایش یا نهشته‌گذاری در بستر مجرا، فرسایش و تخریب کناره‌ها، تغییر راستای جریان، تغییر و مهاجرت مائدرها و تغییر در شکل و الگوی رودخانه بازتاب پیدا می‌کنند (ایلدرمی و شیخی‌پور، ۱۳۹۵). بررسی‌های ژئومورفولوژی، جزو مهم‌ترین موضوعات علم مهندسی رودخانه به شمار می‌رود که به ارزیابی فرم هندسی، شکل بستر، نیمرخ طولی آبراهه، مقاطع عرضی، تغییر الگوها و تغییر مسیر مجرای رودخانه در گذر زمان می‌پردازد. بنابراین، به منظور درک و تحلیل مورفولوژی رودخانه، آشنایی با موضوعات ژئومورفولوژی و تحقیق در این زمینه از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. عدم توجه به این موضوعات، در مدیریت و ساماندهی حوضه‌های رودخانه‌ای به فرسایش‌های تشدید، از بین رفتن و تخریب گسترده منابع طبیعی کشور منجر خواهد شد (رستمی و همکاران، ۱۳۸۷). در این راستا در حال حاضر، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به قلمرو تازه‌ای ورود پیدا کرده است و به مثابه زیربنایی برای ارزیابی تغییرات محیطی مطرح شده که در راستای مدیریت رودخانه‌ها دارای اهمیتی اساسی است (گریگوری، ۲۰۰۶). هر نوع دست‌کاری و تغییر در مجرای رودخانه‌ها، چه به صورت کمی و چه به صورت کیفی، به پاسخ‌ها و واکنش‌های متفاوتی منجر خواهد شد. اگر این تغییرات حادث شده مطابق با نظام و قانونمندی آب و بستر مجرای رودخانه نباشد پیامدهای مخربی به همراه خواهد داشت که با گذشت زمان مقابله با این پیامدهای منفی پرهزینه‌تر خواهد بود. بدین ترتیب، تغییرات و دگرگونی‌های مستمر مجرای رودخانه‌ها در نتیجه فرایندهای طبیعی و انسانی باعث شده است تا تلاش‌های علمی جهت درک و ارزیابی‌های علمی این نوع تغییرات صورت گیرد. در این راستا، آشکارسازی تغییرات مجرای رودخانه‌ها و علل تغییرات آن از جنبه‌های بسیار زیادی دارای اهمیت بوده و می‌تواند در روند مدیریت علمی و کارآمد سیستم رودخانه‌ها و فرایندهای حاکم بر آنها به نحو مطلوبی مورد استفاده قرار گیرند (یو و همکاران، ۲۰۰۴).

در طی دهه‌های گذشته در راستای شناسایی و درک تغییرات اتفاق افتاده در سطح زمین از روش‌ها و رویکردهای متفاوتی از قبیل کارهای میدانی، ترسیم و مقایسه نقشه‌های کاغذی و داده‌های آماری بهره می‌گرفتند. بدیهی است که ارزیابی تغییرات به صورت سنتی همراه با کارهای میدانی کاری بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. اما در حال حاضر، در کنار رویکردهای سنتی برای ارزیابی تغییرات مجرای رودخانه‌ها سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنسجش از دور (RS) به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴). هدف از پژوهش حاضر، بررسی علل و مسائل تغییرات بستر رودخانه زربینه‌رود از روستای کرکره تا میانداوب در بازه زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۹ می‌باشد.

پیشینه تحقیق

در مورد پهنه‌بندی فرسایش خاک حوضه رودخانه بالخلوچای عابدینی و یعقوب‌نژاد (۱۳۹۶) پژوهشی انجام داده‌اند که نتایج آن نشان داده که حدود ۲۶/۹۳ درصد از مساحت حوضه در محدوده با خطر فرسایش بسیار زیاد و زیاد و حدود ۳۰/۸۸ در محدوده با خطر فرسایش کم و بسیار کم قرار گرفته‌اند. ایلدرمی و شیخی‌پور (۱۳۹۵)، به بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه خرم‌آباد- دوآب و بیسیان و نقش آن در فرسایش و رسوب‌گذاری با استفاده از HEC-RAS پرداختند. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که ظرفیت حمل رسوب در بازه مورد مطالعه رودخانه خرم‌آباد - دوآب و بیسیان متغیر می‌باشد. مقادیر رسوبات محاسبه شده به وسیله رابطه ایگز- وایت به‌عنوان مناسب‌ترین رابطه نشان داد از بین متغیرهای مستقل ظرفیت رسوب بیش‌تر به دبی جریان وابسته است. اندازه ذرات رودخانه مورد مطالعه مشخص شد که در بازه اول (ایستگاه چم‌انجیر)، رسوب‌گذاری، در بازه دوم (بین دو ایستگاه)، فرسایش و در بازه سوم (ایستگاه دوآب و بیسیان)، نیز رسوب‌گذاری رخ می‌دهد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه آزاد رود از جنبه پلانفرم پرداختند. آنها در این پژوهش به این نتیجه دست یافتند که در اغلب بازه‌های رودخانه آزاد شرایط تقریباً پایداری غلبه دارد و به استثنای چند بازه که دارای فرسایش جزئی هستند، ناپایداری‌های زیاد و شدیدی در بازه‌های دیگر وجود ندارد.

خوش‌رفتار و همکاران (۱۳۹۸)، به ارزیابی مماندهای رودخانه قزل اوزن در محدوده شهرستان ماه‌نشان- زنجان پرداختند. جهت نائل شدن به اهداف تحقیق با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای IRS با قدرت تفکیک ۵/۲ متر و تصاویر گوگل ارث در محیط نرم‌افزارهای ArcGIS، Auto CAD و Global Mapper اقدام به محاسبه و اندازه‌گیری پارامترهای هندسی رودخانه نمودند. نتایج نشان می‌دهد که رودخانه به‌طور میانگین در هر چهار دوره

از انحنای قوس‌های خود کاسته است. همچنین تعداد قوس‌ها در سال ۱۳۷۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ افزایش چشمگیری داشته است. ایلانلو و کرم (۱۳۹۹)، در پژوهشی به ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه جاجرود با استفاده از روش MQI پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که تمامی بازه‌های منطقه از لحاظ روش MQI در شرایط ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفتند که این مسائل ناشی از قطع درختان به منظور ایجاد ساخت و سازهای انسانی، برداشت شن و ماسه، ایجاد تفرجگاه‌های متعدد در حواشی رودخانه و تغییر الگوی رودخانه می‌باشد. معصومی و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه به پیش‌بینی مورفولوژی رودخانه‌ها و سیلاب منطقه دشتیاری برای افق ۲۰۳۰ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنتینل در محیط نرم‌افزارهای ArcGIS، Envi، براساس مدل CA مارکوف پرداختند. ایشان به این نتیجه دست یافتند که بیش‌ترین احتمال وقوع تغییرات بین واحدهای رودخانه و دشت به میزان ۲۴/۸۷ درصد و مزارع و رودخانه به میزان ۲۳/۵ درصد حاصل شد. مزیدی و همکاران (۱۴۰۰)، تعیین اقلیم استان کرمان با استفاده از روشهای منحنی آمبروترمیک، ضریب خشکی دومارتن، اقلیم نمای آمبرژه پرداختند. نتایج نشان داد که با توجه به منحنی آمبروترمیک تقریباً تمام طول سال بجز ماه‌های (دسامبر، نوامبر، اکتبر، فوریه، ژانویه) خشک است. مقدار عددی ضریب خشکی دومارتن با در نظر گرفتن دو پارامتر بارندگی و دمای متوسط سالانه، ۷.۸ (محدوده کمتر از ۱۰) میباشد بنابراین اقلیم منطقه خشک میباشد. باقر آبادی (۱۴۰۱)، بررسی تغییرات اقلیمی شهر کرمانشاه با استفاده از روش‌های ضریب خشکی دومارتن، منحنی آمبروترمیک و اقلیم نمای آمبرژه در بازه‌ی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹ پرداخت. ایشان به این نتیجه رسیدند که توسط بارندگی کرمانشاه در بلند مدت و در طول سه دهه تغییرات فروانی داشته و بیشتر متوسط بارندگی‌ها کمتر از میزان استاندارد بوده اما در بعضی سال‌ها بارندگی بیشتر از میزان استاندارد است. مطالعات مرتبط زیادی هم‌چون نصیریان و همکاران (۱۳۹۲)، میرزایی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، دارابی و همکاران (۱۳۹۵)، عبدالمی و همکاران (۱۳۹۷)، قره‌چلو و همکاران (۱۳۹۹)، درویش‌زاده (۱۴۰۰)، عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) همچنین عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) کار تحقیق دیگر آنان می‌توان اشاره کرد.

کریکی و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی و تجزیه و تحلیل پارامترهای مورفولوژیکی رودخانه تارو در شمال ایتالیا در طی دو قرن اخیر پرداختند. آنها با استفاده از تجزیه و تحلیل پارامترهای مورفولوژیک و مستندات تاریخی از قبیل نقشه و عکس‌های هوایی، تغییرات مجرای رودخانه را شناسایی نمودند و به این نتیجه دست یافتند که بیشترین میزان تغییرات در مورفولوژی رودخانه نتیجه دخالت‌های عامل انسانی بوده است. این تغییرات عمدتاً باعث

تنگ‌شدگی مقطع مجرای رودخانه به واسطه استفاده از بستر رودخانه برای اهداف کشاورزی و صنعتی، ساخت سازه‌ها و پل‌های متعدد و عملیات تثبیت کناره شده است.

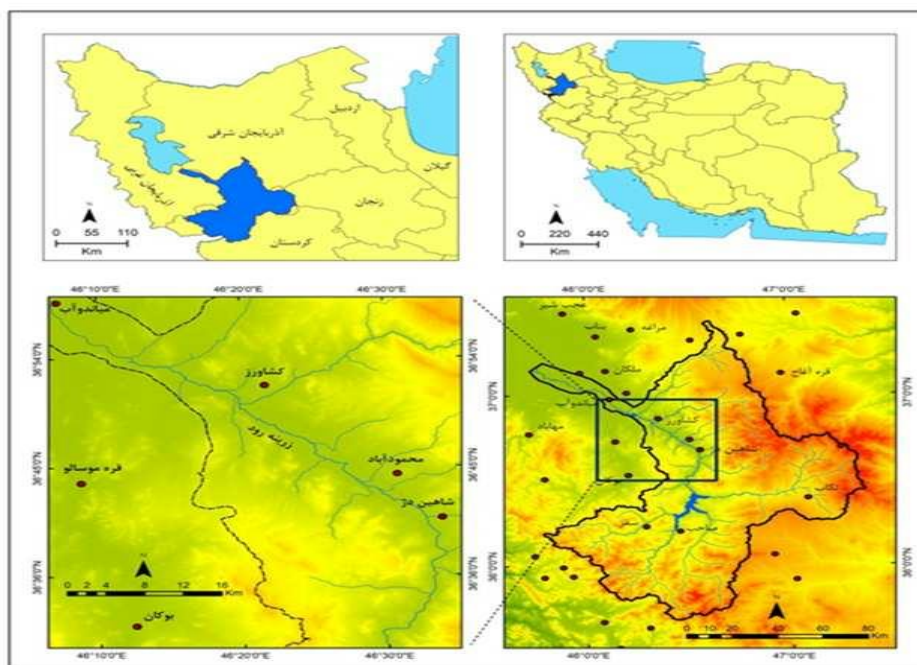
دوان و همکاران (۲۰۱۷) با بهره‌گیری از داده‌های هیدرولوژیکی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی مجرای دو رودخانه گنگ و پادما در بنگلادش پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که پلانفرم مجرای این رودخانه‌ها تغییر پیدا کرده است. همچنین مجرای این دو رودخانه در طی بازه زمانی مطالعاتی دچار تنگ‌شدگی و کاهش عرض گردیده است. بلتی و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی و شناخت ویژگی‌های طبیعی و هیدروژئومورفولوژی رودخانه‌ها با استفاده از روش شاخص کیفیت مورفولوژیکی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه اکنون به‌عنوان یک گام اساسی در ارزیابی شرایط اکولوژیکی رودخانه در نظر گرفته شده است. گولفیری و همکاران (۲۰۱۸)، پژوهش به‌منظور ارزیابی جامع‌تری از شرایط کریدور رودخانه‌ها (مجموعه فضای متاثر از رودخانه)، مقایسه بین شاخص کیفیت مورفولوژیکی و سه شاخص زیستی انجام دادند. نتایج این تحقیق بر اهمیت ارزیابی ابعاد جانب رودخانه تاکید دارد و نیاز به استفاده از شاخص‌های مقیاس به‌مانند شاخص کیفیت مورفولوژیکی برای رسیدن به ارزیابی جامع از شرایط رودخانه و اقدامات مدیریت را مناسب‌تر می‌داند. کوانگ و همکاران (۲۰۱۸)، مساحت آب‌های سطحی رودخانه وولتا را با استفاده از داده‌های ماهواره سنتینل ۲ و لندست ۸ با استفاده از شاخص NDWI به‌دست آوردند. لانگات و همکاران (۲۰۱۹)، به پایش تغییرات دینامیکی کانال رودخانه تانا (کنیا)، با استفاده از رویکردهای سنجش از دور و GIS پرداختند. آن‌ها مقدار افزایش و تغییرات فرسایش در یک بازه به وسیله تصاویر اپتیکی سری زمانی لندست محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که عوامل رژیم جریان هیدرولیکی، کاربری زمین‌های بالادست، شیب طبیعی کانال و پوشش گیاهی اطراف کانال بیش‌ترین تاثیر را در این تغییرات داشته‌اند.

روش‌شناسی

معرفی منطقه مورد مطالعه

هدف اساسی پژوهش حاضر ارزیابی تغییرات جانبی بازه‌ای از مجرای رودخانه زرينه‌رود می‌باشد. بازه مطالعاتی به طول حدود ۹۵ کیلومتر از محدوده روستای کرکره در شهرستان شاهین‌دژ تا شهر میاندوآب امتداد می‌یابد. این بازه از رودخانه زرينه‌رود در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۷ دقیقه طولی شرقی و ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). بازه مطالعاتی از رودخانه زرينه‌رود

در محدوده اداری- سیاسی شهرستان‌های شاهین‌دژ و میاندوآب قرار گرفته است. از بالادست به طرف پایین‌دست به ترتیب شهرهای شاهین‌دژ، محمودآباد، کشاورز و میاندوآب مهم‌ترین سکونتگاه‌های منطقه مطالعاتی به شمار می‌روند. سرچشمه رودخانه زرینه‌رود از کوه‌های چهل چشمه کردستان است. این رودخانه اراضی وسیعی از استان‌های کردستان و آذربایجان‌های غربی و شرقی را زهکشی می‌کند و پرآب‌ترین رودخانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه به شمار می‌رود. این رودخانه در طی مسیر خود از سرچشمه تا دریاچه ارومیه انشعابات متعددی را دریافت می‌کند که از جمله مهم‌ترین این انشعابات می‌توان به رودخانه‌های جیغاتوچای، خورخوره‌چای، سقزچای، ساروق‌چای، اجرلوچای و قوروچای اشاره کرد.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی بازه مطالعاتی از رودخانه زرینه‌رود (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱)

مواد و روش‌ها

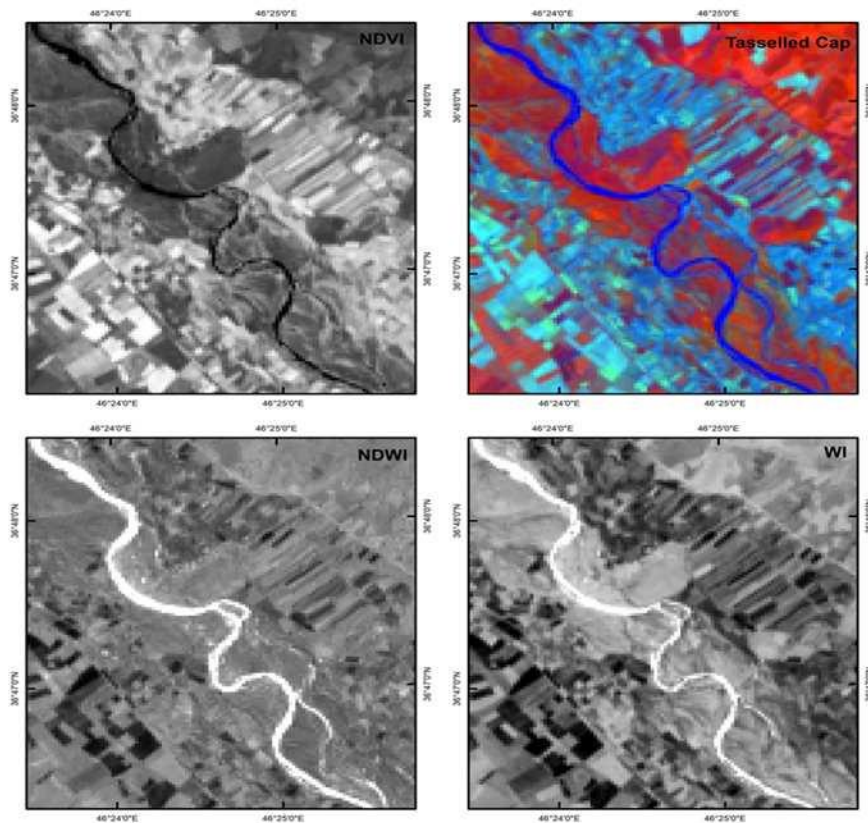
در این بخش از تحقیق، داده‌های مورد استفاده جهت بررسی تغییرات جانبی مجرای رودخانه زرینه‌رود و همچنین شاخص‌های ژئومورفیک به منظور ارزیابی کمی تغییرات مجرای رودخانه معرفی می‌شوند. این تحقیق متکی بر

پردازش تصاویر ماهواره‌ای، شاخص‌های کمی ژئومورفیک و کارهای میدانی می‌باشد. در راستای ارزیابی کمی تغییرات مجرای رودخانه زرينه‌رود از داده‌های مختلفی استفاده شد که مهم‌ترین این داده‌ها به شرح زیر می‌باشند:

در پژوهش حاضر از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ به منظور تامین داده‌های پایه استفاده به عمل آمد. مواد تشکیل دهنده بستر، کناره‌ها و دشت سیلابی رودخانه‌ها از مهم‌ترین متغیرهای موثر بر شکل‌گیری پلانفرم، تغییرات عرضی و در کل تحولات مورفولوژیکی مجرای رودخانه‌ها به شمار می‌روند. در پژوهش حاضر به منظور درک کلی از مواد کناره‌های مجرای رودخانه زرينه‌رود از نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ بهره گرفته شد. آگاهی از توزیع ارتفاعات و شیب منطقه در ارزیابی‌های مورفولوژیکی مجرای رودخانه از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. امروزه تصاویر مدل رقومی ارتفاع (DEM) داده‌ها و اطلاعات جامعی را در این خصوص فراهم می‌نمایند. در پژوهش حاضر، از داده‌های DEM مربوط به ماهواره ALOS-PALSAR با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر استفاده به عمل آمد. ارزیابی تحولات و تغییرات مورفولوژیکی مستلزم آگاهی از تغییرات گذشته و نمای کلی از شکل رودخانه می‌باشد. در این زمینه تصاویر ماهواره‌ای اطلاعات بسیار ارزشمندی را در اختیار قرار می‌گذارند. در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره‌ای Landsat و Sentinel برای ارزیابی تغییرات و شناسایی مجرای رودخانه در دوره‌های زمانی مختلف استفاده به عمل آمد. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث به عنوان ابزار کمکی و تفسیر بصری بهره گرفته شد. داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری یکی از مهم‌ترین و ارزشمندترین داده‌های موجود برای ارزیابی مورفولوژیکی مجرای رودخانه‌ها به شمار می‌روند. بر روی رودخانه زرينه‌رود و انشعابات آن چندین ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که در پژوهش حاضر از آن‌ها استفاده به عمل آمد. در رابطه با بازه مطالعاتی رودخانه زرينه‌رود، داده‌های ایستگاه هیدرومتری ساری‌قمیش از اهمیت بیشتری برخوردار است. داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری زرينه‌رود با مراجعه به سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی تهیه شد. جهت ارائه دورنمایی کلی از وضعیت اقلیمی منطقه مطالعاتی از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی موجود در سطح حوضه زرينه‌رود استفاده به عمل آمد. این داده‌ها از طریق سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی تهیه شدند. در نهایت مطالعات میدانی به منظور شناخت منطقه و تحلیل نتایج حاصل از شاخص‌های کمی صورت گرفت.

نتایج و تجزیه و تحلیل داده‌ها

بر اساس شکل (۲)، نمایان‌سازی بخشی از مجرای رودخانه زرينه‌رود با استفاده از شاخص‌های مختلف ارائه شده است. با توجه به نتایج این شاخص‌ها می‌توان گفت که شاخص تفاضل نرمال شده آب (NDWI) در مقایسه با سایر شاخص‌ها به نحو مطلوب‌تری قادر به تفکیک مجرای رودخانه از سایر عوارض بوده است. به همین دلیل، این شاخص مبنای استخراج مجرای رودخانه زرينه‌رود در پژوهش حاضر قرار گرفت. بر این اساس، مجرای رودخانه زرينه‌رود در سه دوره زمانی استخراج شد. از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر نیز برای استخراج پوشش گیاهی منطقه و همچنین تحلیل‌های مرتبط با علل تغییرات مورفولوژیکی مجرا بهره گرفته شد.



شکل (۲)، نمایان‌سازی مجرای رودخانه زرينه‌رود با استفاده از شاخص‌های مختلف (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

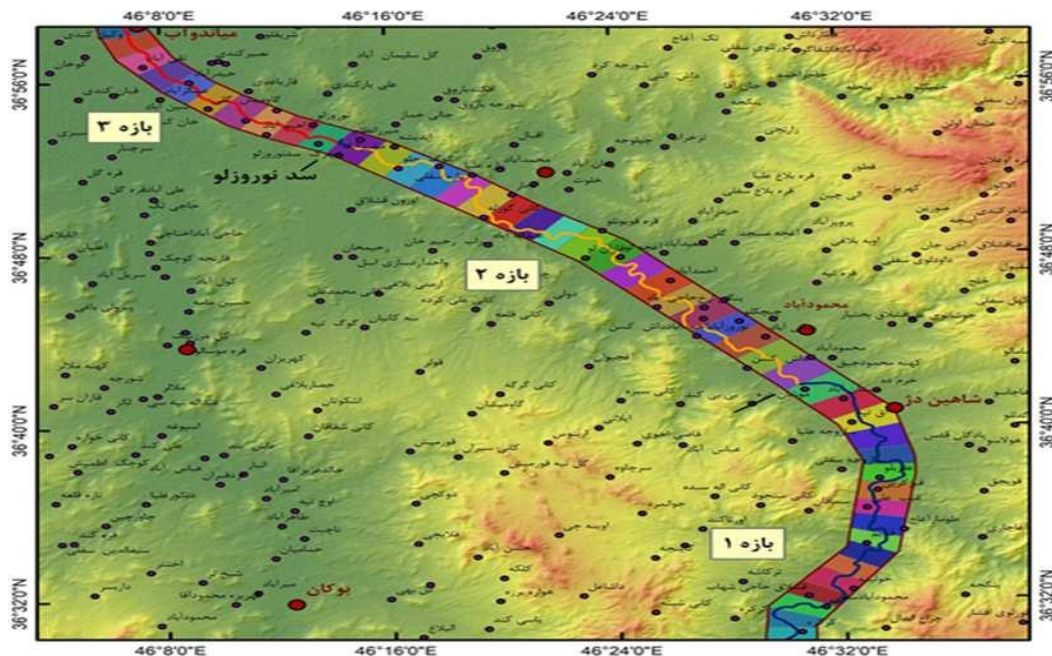
بازه‌بندی مجرای رودخانه زرینه‌رود برای تحلیل‌های مورفولوژیکی

در این پژوهش بازه‌ای از رودخانه زرینه‌رود به طول حدود ۹۵ کیلومتر از نظر تغییرات عرضی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. طول زیاد بازه مطالعاتی باعث شده است که رودخانه از واحدهای ژئومورفولوژیکی متفاوتی عبور کند و دارای شرایط محیطی متنوعی باشد. از این‌رو جهت سهولت بررسی‌ها و همچنین درک بهتر علل تغییرات جانبی، بازه‌بندی مجرای رودخانه ضرورت پیدا می‌کند. بازه مطالعاتی رودخانه زرینه‌رود از جنبه‌های مختلف به سه زیربازه مشخص قابل تقسیم‌بندی است. مبنای این تقسیم‌بندی و همچنین شرایط عمومی این بازه‌ها به شرح زیر می‌باشند: بازه (۱) یا بازه کوهستانی: طول این بازه در حدود ۳۵ کیلومتر می‌باشد. این بازه از محدوده روستای کرکره (ابتدای بازه مطالعاتی از رودخانه زرینه‌رود) تا محدوده شهر شاهین‌دژ یا شهر محمودآباد امتداد می‌یابد. در این بازه، رودخانه زرینه‌رود در داخل دره‌ای نسبتاً کم عرض در حال جریان است. بنابراین، کوهستان‌های دو طرف رودخانه به شدت بر مورفولوژی رودخانه تاثیرگذار هستند. این بازه از اختلاف ارتفاع و شیب بالاتری نسبت به بازه‌های پایین دست خود برخوردار می‌باشد. این امر باعث می‌شود که رودخانه از انرژی بیشتری برخوردار باشد. همچنین، مواد تشکیل دهنده بستر رودخانه در این بازه بسیار درشت دانه می‌باشند و عمدتاً از قلوه‌سنگ تشکیل شده‌اند. در واقع، انرژی بالای رودخانه در این بازه امکان ماندگاری رسوبات در حد شن و ماسه را در بستر رودخانه نمی‌دهد. در این بازه به علت کم عرض بودن دره، دشت سیلابی نیز از توسعه چندان‌ی برخوردار نیست و فعالیت‌های کشاورزی محدودی در داخل دره صورت می‌گیرد. ترانسکت‌های شماره ۱ تا ۱۷ در محدوده این بازه قرار گرفته‌اند.

بازه (۲) یا بازه نیمه‌کوهستانی: طول این بازه در حدود ۴۳ کیلومتر می‌باشد که از محدوده شهر محمودآباد (انتهای بازه اول) تا سد نوروزلو امتداد می‌یابد. مجموعه‌ای از متغیرها این بازه را از سایر قسمت‌های رودخانه زرینه‌رود مجزا نموده است. رودخانه زرینه‌رود در این بازه در اکثر موارد در داخل یک دشت سیلابی توسعه یافته در حال جریان است. این دشت سیلابی در میان دو مجموعه کوهستان‌های غربی و شرقی شکل گرفته است. توسعه زیاد دشت سیلابی و شکل‌گیری خاک‌های حاصلخیز شرایط مناسبی را برای فعالیت‌های کشاورزی فراهم نموده است. همچنین، مواد تشکیل دهنده بستر رودخانه شامل گراول یا شن همراه با ماسه‌های ریز تا درشت است. رودخانه در این بازه از الگوی مائندری برخوردار است. ترانسکت‌های شماره ۱۸ تا ۳۶ در محدوده این بازه واقع شده‌اند.

بازه (۳) یا بازه دشتی: طول این بازه در حدود ۱۷ کیلومتر است و از پایاب سد نوروزلو تا شهر میان‌دوآب را شامل می‌شود. این بازه از نظر ژئومورفولوژیکی منطبق بر مخروط‌افکنه زرینه‌رود (میان‌دوآب) می‌باشد. مشخصه بارز این

بازه دخالت شدید عامل انسانی در مورفولوژی مجرای رودخانه می‌باشد. این دخالت بیشتر به صورت برداشت شن و ماسه بستر نمود یافته است. به دلیل قرارگیری بر روی مخروط افکنه میان‌دوآب (زرینه‌رود) فعالیت‌های کشاورزی - مخصوصا به صورت باغات - مشخصه مهم پیرامون زرینه‌رود در این بازه می‌باشد. به عبارتی می‌توان گفت که واحد کوهستان نقشی در مورفولوژی این بازه ندارد. همچنین قرارگیری این بازه در پایاب سد نورزولو باعث شده است که حجم دبی رودخانه در این بازه نسبت به بازه‌های بالادست به شدت کاهش پیدا کند که خود باعث کاهش دینامیک عرضی مجرا شده است. این بازه شامل ترانسکت‌های شماره ۳۷ تا ۴۶ می‌باشد (شکل ۳).

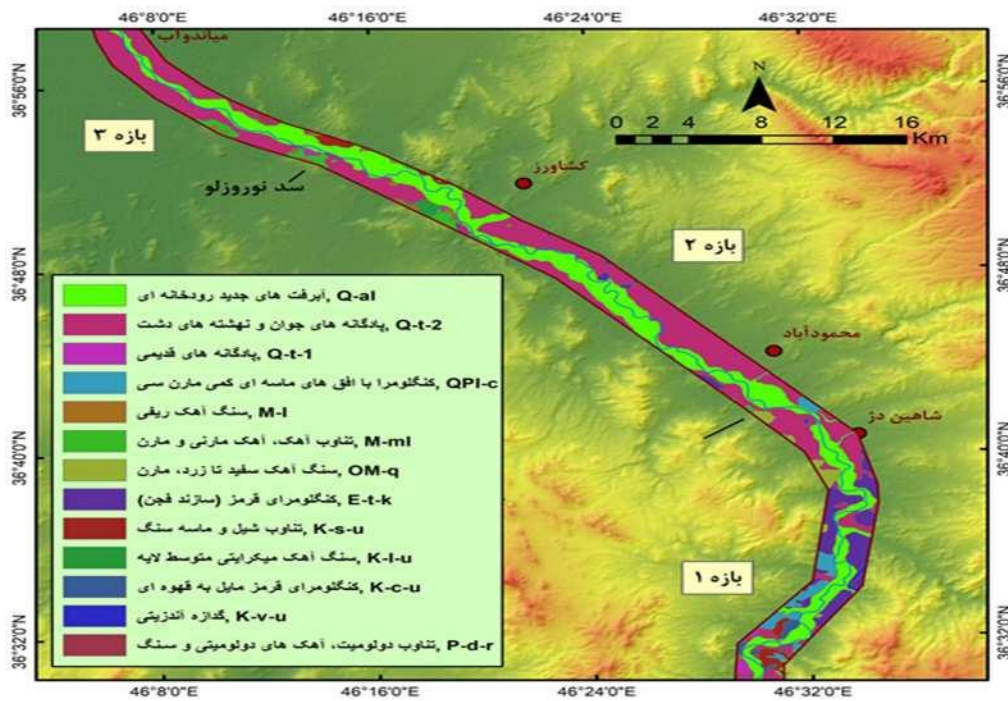


شکل ۳ بازه‌بندی مجرای رودخانه زرینه‌رود همراه با ترانسکت‌های ترسیم شده و نقاط مسکونی (منبع: نگارندگان،

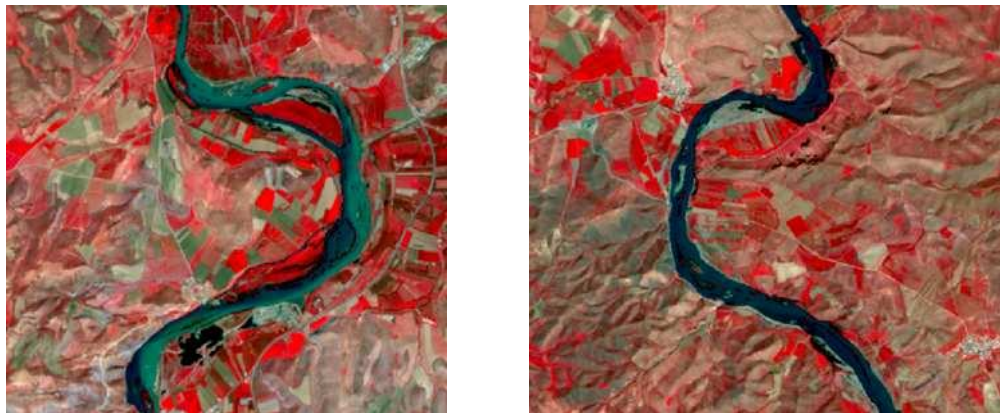
(۱۴۰۱)

بازه اول: متغییر زمین‌شناسی یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده تغییرات مورفولوژیکی مجرای رودخانه در بازه اول می‌باشد. در واقع، در این بازه مجرای رودخانه در دره‌ای باریک و کم عرض جریان دارد. هر چند در برخی از مقاطع عرض دره افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه امکان توسعه یک دشت سیلابی فراهم می‌شود. با وجود این، دشت سیلابی این بازه از عرض کمی برخوردار است. بنابراین در اکثر موارد، توسعه مائدرهای رودخانه در نتیجه برخورد به کوهستان‌های پیرامون محدود می‌شود (۴). در این موارد، به دلیل برخورد جریان آب رودخانه و انحراف آن در طی دبی‌های بالاتر احتمال ایجاد میان‌بر و قطع مائدر (از نوع میان‌بر تدریجی) وجود دارد. از طرف دیگر، در این بازه از رودخانه زرینه‌رود حجم دبی رودخانه، مخصوصا در ماه‌های فروردین و اردیبهشت بالاست. تقریبا همه ساله بخش عمده‌ای از عرض دره توسط سیلاب‌های دوره‌ای

غرقاب می‌شود. فراوانی وقوع سیلاب در این بازه شرایط مساعدی را برای میان‌برهای تدریجی و تغییر مسیرهای کوچک مقیاس فراهم می‌سازد. بنابراین می‌توان بیان داشت که ساختمان زمین‌شناسی همراه با فراوانی سیلاب‌ها دو عامل اساسی کنترل‌کننده تغییرات مورفولوژیکی بازه اول رودخانه زربینه‌رود می‌باشند (شکل ۵). در این بازه نقش دخالت‌های انسانی در مورفولوژی رودخانه محدود می‌باشد. با توجه به موارد گفته شده، بالا بودن تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های مورفومتریک قابل توجه است. در حالت کلی، انرژی بالای رودخانه در این بازه شرایط مساعدی را برای تغییرات ناگهانی مورفولوژیکی مجرای رودخانه (به صورت میان‌برهای تدریجی و تغییر مسیرهای کوتاه) فراهم نموده است. با این حال، به دلیل محدودیت‌های اعمال شده توسط واحد کوهستان، تغییرات همیشه در یک حالت میانگین بوده و مقادیر متوسط شاخص‌های مورفومتریک در طی دوره‌های زمانی مختلف تقریباً ثابت بوده‌اند.



شکل ۵ نقشه زمین‌شناسی بازه مطالعاتی از رودخانه زربینه‌رود (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)



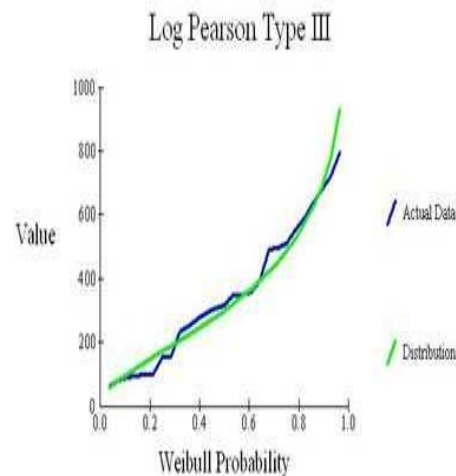
شکل ۵ سیلابی شدن کل دره زربینه رود در مقاطعی از بازه اول و مانع کوهستان در مقابل توسعه مئاندرها (منبع:

نگارندگان، ۱۴۰۱)

بازه دوم: شرایط محیطی رودخانه زربینه رود به کلی متفاوت از بازه بالادست و بازه پایین دست می باشد. در این بازه، متغیرهای زیادی در مورفولوژی مجرای رودخانه دخالت می کنند. در این بازه یک دشت سیلابی توسعه یافته شکل گرفته است که از جنبه های مختلف شرایط مساعدی را برای شکل گیری و توسعه مئاندرها فراهم ساخته است. از طرف دیگر، مواد تشکیل دهنده کناره های رودخانه مخلوطی از شن، ماسه و رس می باشند که نسبت به فرسایش آسیب پذیر هستند. بخش عمده ای از کناره های مجرای رودخانه براساس نقشه های زمین شناسی منطقه (شکل ۴) متشکل از آبرفت های جدید و جوان می باشند. بنابراین، رودخانه قادر به فرسایش کناره های خود و توسعه در دشت سیلابی می باشد. در حالت کلی، سازندهای زمین شناسی پیرامون مجرای رودخانه زربینه رود را از نظر فرسایش پذیری می توان به دو دسته کلی تقسیم بندی نمود: سازندهای فرسایش پذیر متشکل از سه واحد آبرفت های جدید رودخانه ای (Q-al)، پادگانه های جوان و نهشته های دشت (Q-t2) و پادگانه های قدیمی (Q-t1) می باشند. این سازندها به سهولت توسط فرایندهای رودخانه ای فرسایش می یابند و در نتیجه محدودیتی از نظر تغییرات مورفولوژیکی ایجاد نمی کنند. سایر سازندهای زمین شناسی منطقه مطالعاتی جزو سازندهای مقاوم منطقه بوده و در نقاطی که کناره های رودخانه منطبق بر این واحدها می باشند از پایداری بالایی برخوردار هستند. این سازندها با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه (شکل ۴) عمدتاً متشکل از کنگلومرا، سنگ آهک ریفی و گدازه های آندزیتی می باشند. یکی دیگر از متغیرهایی که به شدت مورفولوژی رودخانه در این بازه را تحت تاثیر قرار می دهد مربوط به سیلاب های دوره ای می باشد (همانند بازه بالادست). می توان گفت که سیلاب ها نقش اصلی را در ایجاد میان برها در این بازه برعهده دارند. در حالت کلی، سیلاب ها یکی از مهم ترین فرایندهای ژئومورفولوژیکی مجرای رودخانه

زیربنه رود در بالادست سد انحرافی نوروزلو می‌باشد. برای پی بردن به اهمیت این متغیر کافیت که به دوره‌های بازگشت سیلاب‌های رودخانه زیربنه رود اشاره شود. برای محاسبه دوره‌های بازگشت سیلاب‌های رودخانه مطالعاتی از نرم‌افزار Smada استفاده شد. نتیجه محاسبات به صورت شکل (۶) می‌باشد. با توجه به دبی‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف (شکل ۶) می‌توان گفت که زیربنه رود در بازه‌ای بالادست سد نوروزلو رودخانه‌ای به شدت سیلابی به شمار می‌رود. به گونه‌ای که حتی سیلاب‌های با دوره بازگشت پایین نیز از حجم دبی بالایی برخوردار هستند. به عنوان نمونه دبی سیلاب‌های با دوره بازگشت ۵ ساله در حدود ۵۴۰ مترمکعب در ثانیه است که از توان شکل‌زایی بالایی برخوردار است. در حالت کلی، سیلاب‌های رودخانه با سرریز شدن از کناره‌ها قادرند به تغییر مسیر مجرا و ایجاد میان‌بر منجر شوند.

Predictions			
Exceedence Probability	Return Period	Calculated Value	Standard Deviation
0.9950	200.0	1318.7790	518.2549
0.9900	100.0	1188.5410	386.5565
0.9800	50.0	1051.5620	274.9622
0.9600	25.0	907.4405	186.0329
0.9000	10.0	704.7902	108.4904
0.8000	5.0	540.4197	78.8361
0.6670	3.0	411.0531	64.1777
0.5000	2.0	299.6213	50.5937
0.2550	1.3	174.1413	33.6342
0.3250	1.5	207.8753	38.0025
0.5950	2.5	358.6057	58.0914
0.9960	250.0	1359.3200	564.6092
0.9970	333.3	1410.6130	627.0743
0.9980	500.0	1481.0790	720.1169



شکل ۶ دوره‌های بازگشت سیلاب‌های رودخانه زیربنه رود (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

بازه سوم: مورفولوژی این بازه را می‌توان در کنترل دخالت‌های انسانی دانست. برداشت گسترده شن و ماسه بستر و کناره‌های رودخانه و کانالیزه کردن مجرای رودخانه مهم‌ترین دخالت‌های انسان در این بازه می‌باشد. برداشت وسیع شن و ماسه باعث گود افتادن مجرای رودخانه و قطع ارتباط آن با دشت سیلابی شده است. کناره‌های رودخانه حالت پرتگاهی پیدا کرده و با شیب تند از اراضی هموار پیرامون خود جدا می‌شود. از طرف دیگر، این بازه در پایین دست سد انحرافی نوروزلو واقع شده است. در محل سد مذکور حجم زیادی از آب رودخانه جهت مصارف شرب و کشاورزی شهرستان‌های میاندوآب، ملکان و بوکان برداشت می‌شود. همچنین این سد محل تامین آب خط لوله انتقال آب زیربنه رود به تبریز می‌باشد. بنابراین جریان آب در این بازه بسیار محدود شده است و حجم قابل

توجه آب تنها به اوایل بهار محدود شده است. بنابراین، این بازه را از نظر مورفولوژی می توان بازه ای غیرفعال در نظر گرفت (شکل ۷).



شکل ۷ بستر آشفته و گود افتاده رودخانه زرينه رود در بازه سوم (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، مورفولوژی و تغییرات جانبی بازه ای از مجرای رودخانه زرينه رود مورد بررسی قرار گرفت. بازه مطالعاتی به طول تقریبی ۹۵ کیلومتر از روستای کرکره تا شهر میاندوآب امتداد می یابد. زرينه رود با حوضه زهکشی وسیع خود بزرگترین و پرآبترین رودخانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه به شمار می آید. این تحقیق از نظر تغییرات جانبی مجرا، فرسایش کناره، مخاطرات ناشی از دینامیک عرضی مجرا و مخاطره سیلاب دارای اهمیت است. جهت درک بهتر تغییرات مورفولوژیکی، مجرای رودخانه زرينه رود به سه بازه مشخص تقسیم بندی گردید. بازه اول به طول حدود ۳۵ کیلومتر از روستای کرکره تا محدوده شهر محمودآباد امتداد می یابد. بازه دوم از محدوده شهر محمودآباد تا سد انحرافی نورولو و بازه سوم نیز از پایاب این سد تا شهر میاندوآب امتداد می یابد. در هر یک از بازه ها متغیرهای محیطی و انسانی مختلفی بر مورفولوژی و تغییرات جانبی مجرای رودخانه موثر هستند. در دو بازه نخست نقش فاکتورهای طبیعی در شکل گیری و تغییرات مورفولوژیکی مجرای رودخانه زرينه رود بیشتر است؛ در حالی که مورفولوژی بازه سوم را می توان در کنترل غالب دخالت های انسانی به شمار آورد. مورفولوژی بازه اول (بازه کوهستانی) به طور عمده در کنترل دو متغیر زمین شناسی و سیلاب ها می باشد. زمین شناسی، عمدتاً به عنوان یک عامل محدود کننده در توسعه مائدرها به شمار می رود و سیلاب ها نقش عمده ای در انحراف جریان آب و ایجاد میانبر و تغییر مسیرهای کوچک مقیاس بر عهده دارند. این بازه از رودخانه زرينه رود را می توان پرانرژی ترین بازه رودخانه مطالعاتی محسوب داشت. با وجود این، در اکثر مقاطع به دلیل حضور واحد کوهستان

در بلافصل کناره‌ای رودخانه، این انرژی قادر به شکل‌زایی موثر و توسعه مئاندرها نیست. در بازه دوم، تنوع شرایط محیطی و انسانی باعث پیچیدگی زیاد در فاکتورهای تاثیرگذار بر مورفولوژی رودخانه شده است. به همین دلیل شاخص‌های کمی مورد استفاده در این بازه از بیشترین میزان تغییرات برخوردار شده‌اند. شاخص‌ها و بازدیدهای میدانی نشان‌دهنده تحرک جانبی بالا و بسیار فعال مجرای رودخانه در این بازه است. دشت سیلابی توسعه‌یافته، کناره‌های فرسایش‌پذیر، دریافت انشعابات مختلف، فراوانی سیلاب‌ها، دبی بالا و شیب نسبتاً زیاد و در نتیجه انرژی زیاد جزو مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر تغییرات مورفولوژیکی این بازه از رودخانه زربینه‌رود به شمار می‌روند. در بازه سوم دخالت‌های انسانی نقش قاطعی در تحولات و تغییرات مورفولوژیکی مجرای رودخانه دارند. مورفولوژی این بازه به شدت به واسطه برداشت شن و ماسه بستر و کناره‌ها و عملیات کانالیزه کردن تحت تاثیر قرار گرفته است. به دلیل برداشت بی‌رویه شن و ماسه بستری گودافتاده شکل گرفته است که ارتباط بسیار محدودی با اراضی هموار پیرامون خود دارد. نتایج هم‌چنین نشان می‌دهند که در طی سال‌های اخیر آهنگ تغییرات مورفولوژیکی و جانبی مجرای رودخانه در تمامی بازه‌ها کاهش یافته است. این امر در ارتباط با کاهش قابل توجه دبی رودخانه می‌باشد. با وجود این، کاهش دبی رودخانه به منظم شدن مئاندرها و افزایش ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی آنها منجر شده است. این امر به این دلیل است که فراوانی دبی‌های طغیانی به رخداد میان‌بر و آشفستگی مورفولوژی مجرای رودخانه منجر می‌شود.

منابع

- ایلانلو، مریم، کرم، امیر، (۱۳۹۹). ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه جاجرود با استفاده از روش MQI. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۶، بهار ۹، صص ۵۳-۳۵.
- ایلدرمی، ع.، شیخی پور، آ.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه و نقش آن در فرسایش و رسوبگذاری با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه خرم‌آباد- دوآب ویسان). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، جلد ۵، شماره ۳، صص ۱۴۶-۱۶۳.
- باقرآبادی، ر. (۱۴۰۱). بررسی تغییرات اقلیمی شهر کرمانشاه با استفاده از روش‌های ضریب خشکی دومارتن، منحنی آمبروترمیک و اقلیم‌نمای آمبرژه در بازه‌ی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹. جغرافیا و روابط انسانی، ۴(۴)، ۱۷۳-۱۸۵.

تلوری، ع.، ۱۳۸۳. مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه. وزارت جهاد سازندگی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۴۵۴ ص.

حاجی بیگلو، م.، دستورانی، م.، قزل سوفلو، ع.، اختصاصی، م.، ۱۳۹۲. تغییرات مورفولوژیکی رودخانه و ارتباط آن با فرآیندهای حاکم (مطالعه موردی: رودخانه فیروزه - شاهجوب). نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۱.

خوشرفتار، ر.، احمدی، الف.، فیض‌اله پور، م.، حامدی، ن.، ۱۳۹۸. بررسی پیچان‌رودهای قزل‌اوزن در محدوده‌ی شهرستان ماه‌نشان-زنجان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، شماره پیاپی ۲۸، صص ۱۵-۳۰.

رستمی، ا.، اکبرپور سراسکانرود، م.، اصغری سراسکانرود، ص.، ۱۳۸۷. فرسایش شدید در حوضه رودخانه اورتاسو (هشترود) نتیجه بی توجهی به علم ژئومورفولوژی. اولین همایش ملی جایگاه مطالعات ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ۱۵۹-۱۴۸.

رضایی مقدم، م.، ثروتی، اصغری سراسکانرود، صیاد، (۱۳۹۱). تحلیل وضعیت پایداری مجرای رودخانه‌ی قزل‌اوزن با استفاده از روش‌های تنش برشی، شاخص مقاومت نسبی بستر و مطالعات صحرائی پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، جلد ۱، شماره ۱، صص ۳۳-۴۶.

رضائی مقدم، م.، نیکجو، م و ملکی، ح.، ۱۳۹۶. بررسی تحولات مورفولوژیکی الگوی رودخانه‌ی آزاد رود با استفاده از شاخص‌های هندسی. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۸، شماره ۴، شماره پیاپی ۶۸: ۱-۱۶.

قره چلو، س.، گنجی، ک.، احدی، ا.، (۱۳۹۹). بررسی اثر شاخص‌های مورفولوژیکی رودخانه گرگانرود بر پهنه‌های سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تحلیلی مکانی (منطقه مطالعاتی: شهر آق قلا). جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳۵، صص ۲۲۵-۲۰۵.

عابدینی، موسی و سوسن طولابی. (۱۳۹۶). مدل‌سازی فرسایش خاک و تولید رسوب با سه مدل EPM، WEPP و Fournier در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سولاچای- اردبیل)، تحقیقات جغرافیایی، ۱۲۵، ۹۳-۱۰۵.

عابدینی، موسی و سوسن طولابی. (۱۳۹۲)، مقایسه کارایی مدل‌های WEPP و EPM در برآورد فرسایش خاک و میزان رسوبدهی حوضه آبخیز سولاچای، مجله انجمن ژئومورفولوژی ایران، ۱، ۹۶-۷۹.

عابدینی، م، پیروزی، فعال نذیری، م. (۱۴۰۱) بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان گیوی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره MABAC و تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده‌های OLI - TM): دوره ۱۱، شماره ۳ - شماره پیاپی ۴۳، 10.22067/GEOEH.2022.73137.1121

عابدینی، م، بهرامی نیا گوجه‌بیگلوف، مصطفی‌زاده، حسام پاسبان، (۱۴۰۱)، بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای. دوره ۱۱، شماره ۴۴.

مزیدی، ا، عنایت‌پور، م، حسینی، س. س. (۱۴۰۰). تعیین اقلیم استان کرمان با استفاده از روشهای منحنی آمبروترمیک، ضریب خشکی دومارتن، اقلیم نمای آمبروزه. جغرافیا و روابط انسانی، ۴(۲)، ۴۳-۳۵. doi: 10.22034/gahr.2021.287987.1565

معصومی، ح، ر، حبیبی، ع، غریب نیا، م ر، (۱۴۰۰). پیشبینی مورفولوژی رودخانه ها و سیلاب منطقه دشتیاری برای افق ۲۰۳۰. نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۳، شماره ۳، صص ۶۴۹-۶۳۸.

Abdolahi Baghsiahi, A., R. Heshmatian and S. Mahdavi. 2018. The main aphorism of the Makran coast with the integration of the HEC-RAS and GIS model (Bahu Kalat River). 11th International River Engineering Seminar, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran (in Persian).

Belletti, Barbara, Rinaldi, Massimo, Bussetini, Martina, Comiti, Francesco, M. Gurnell, Angela, Mao, Luca, Nardi, Laura, Vezza, Paolo. 2017, Characterising physical habitats and fluvial hydromorphology: A new system for the survey and classification of river geomorphic units, Journal Geomorphology, Vol (283): 143 -157.

Clerica A. Pergo S. Chelli A. Tellini C (2015) Morphological changes of the floodplain reach of the taro River (Northern Italy) in the last two centuries, vol527. Pp 1106-1122.

Darabi, H., K. Shahedi and M. Mardian. 2016. Preparation of flood hazard and susceptibility maps using frequency ratio method in Pol-e Doab Shazand Watershed. Watershed Engineering and Management. 8(1): 68-79 (in Persian).

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.

- Golfieria, Bruno, Suriana, Nicola, Hardersen, Sönke, (2018) , towards a more comprehensive assessment of river corridor conditions: A comparison between the Morphological Quality Index and three biotic indices, *Journal Ecological Indicators*, 84: 525-534.
- Gregory, k. j (2006), *The Human role in Changing River Channels*, *Geomorphology* 79, pp172-191.
- Kwang, C., Matthew, E., Jnr, O., & Amoah, AS., 2018. Comparing of Landsat 8 and Sentinel2.A using Water Extraction Indexes over Volta River. *Journal of Geography and Geology*; Vol. 10, No. 1; 10(1):1–7. DOI: 10.5539/jgg.v10n1p1
- Langat, PK., Kumar, L., & Koech, R., 2019. Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques. *Geomorphology*. Elsevier B.V 325:92–102. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.007>
- Mirzaeizadeh, V., M. Niknuzhad and J. Ouladi. 2015. Evaluating non-parametric supervised classification algorithms in land cover map using Landsat-8 images. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 6(3): 29-44.
- Sainath, P.A., Shashikant, I.B., Pragati, P.D., & Ravindra, D.G. (2012). River Change Detection and Bank Erosion Identification using Topographical and Remote Sensing Data. *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*-ISSN: 2249-0868. Foundation of Computer Science FCS, New York, USA. Volume 2– No.3, PP. 1-7.
- Wang, J. P. M., Rich, K. P., Price and W. D. Kittle (2004), Relations Between NDVI and Tree Productivity in The Central Great Plains. *International Journal of Remot Sensing*. Vol 25, Issue 16, pp. 3127-3138.
- Yu, F., Price, K.P., Ellis, J., and D. Kastens (2004), Satellite Observations of Seasonal Vegetation Growth in Central Asia: 1982-1990, *Photo Grammetric Engineering and Remot Sensing* Vol. 70(4):461-469.