Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۰۵-۱۸۵

*غلام‌حسن جعفری[۱]
هژیر محمدی[۲]

بررسی رفتار آشوبناک تلخه‌رود استان زنجان در کواترنری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

چکیده

ژئومورفولوگ‌ها معمولاً به‌عنوان یک اصل ضروری به تشریح گذشته و حال پرداخته و آینده فرآیندها را پیش‌بینی می‌کنند تا ماهیت و سرعت تغییرات را درک نمایند. در دو طرف زنجانرود دشت‌های وسیعی با پوشش رسوبات آبرفتی کواترنری گسترده شده است. شکل ظاهری منطقه به‌گونه‌ای است که چنین به نظر می‌رسد سراب رودخانه‌های هردو طرف، به بلندترین ارتفاعات منتهی شوند؛ اما در قسمتی از بخش‌های جنوب‌غرب دشت‌های زنجانرود، در مجاورت جبهه‌ی کوهستان، آب‌های قسمتی از ارتفاعات جنوبی زنجان توسط رودخانه‌ای به قزل‌اوزن منتقل می‌شود که خط تقسیم آب طرف راست آن، منطبق بر رأس مخروط‌افکنه‌های قدیمی است. برای بررسی این رفتار آشوبناک، ابتدا DEM ۳۰ * ۳۰ محدوده مورد نظر استخراج گردید. برای شبیه‌سازی توپوگرافی گذشته به‌وسیله نرم‌افزار Pixel to code خطوط منحنی میزان متعادل (صاف تا سینوسی)، رقومی شد و ارتفاع خطوط منحنی میزان نامتعادل (بای مدال و پنجه‌ای) در بخش‌های مختلف، بر اساس ارتفاع منحنی‌های میزان متعادل بازسازی گردید. با تغییر سطح اساس قزل‌اوزن، بر آبراهه‌ای با حوضه آبریز کوچک که موازی با زنجانرود، به قزل‌اوزن می‌پیوسته، فرسایش قهقرایی غلبه کرده و مسیر آبراهه‌های بخشی از دامنه‌های شمالی ارتفاعات جنوبی زنجان رود را تغییر داده است. بر اثر این اسارت رودخانه جدیدی به نام تلخه‌رود شکل گرفته است. شواهد این رفتار آشوبناک یک مخروط‌افکنه ۱۱۰ کیلومترمربعی و دشت‌سری با تیپ مخروط‌افکنه به‌هم پیوسته است که در حال حاضر هیچ

*۱- گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان. (نویسنده مسئول). E-mail: jafarihas@znu.ac.ir
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

حوضه آبریزی از بالادست بر آن‌ها تسلط ندارد. کوتاه‌تر بودن طول آبراهه‌ها در یک طرف رودخانه، تفاوت اختلاف ارتفاع زیاد رودخانه از خط تقسیم آب در دو طرف، وجود رسوبات آبرفتی دیاژنز نشده در خط تقسیم آب، تغییر مسیر ۹۰ درجه رودخانه، منحنی‌های میزان با پالس‌های عمیق در بین و پایین‌دست منحنی‌های میزان صاف تا سینوسی ساده ازجمله شواهد دیگر تغییر مسیر این رودخانه است.

کلید واژه‌ها: آشوب، فرسایش قهقرایی، قزل‌اوزن، اسارت، انحراف.

مقدمه

اساس و پایه حل مشکلات و مسائل ژئومورفولوژی کاربردی، نظارت بر تغییرات ژئومورفیک است. ژئومورفولوگ‌ها معمولاً به‌عنوان یک اصل ضروری به تشریح گذشته و حال پرداخته و آینده فرآیندها را پیش‌بینی می‌کنند تا ماهیت و سرعت تغییرات را درک نمایند (Cook and Doornkamp, 1990: 102). در بررسی ژئوفرم‌ها توجه به مفاهیم تئوری کیاس اهمیت بسیار زیادی دارد. Chaos در لغت به معنی درهم ریختگی، آشفتگی، بی‌نظمی و مترادف آن در مکانیک تلاطم[3] است؛ این واژه به معنی فقدان هرگونه ساختار یا نظم است. معمولاً در محاورات روزمره، آشوب و آشفتگی نشانه بی‌نظمی و سازمان نیافتگی است و جنبه منفی در بردارد (Seyed-Javadin, 2009: 328). این تئوری برای اولین بار در سال (۱۹٦۵) توسط ادوارد لورنز در هواشناسی به‌کار رفت، وی آن را به یک علم تبدیل کرد (Karam, 2010). در ژئومورفولوژی استقراء از حال به گذشته با اصطلاح Post Diction در زبان انگلیسی بیان می‌شود و در دو موضوع پیچیده کاربرد دارد. اول محاسبه میزان فرسایش در حال حاضر با مضربی از زمان، معمولاً هزار سال که برای به‌دست آوردن ایده‌های از مقدار زمانی برای یک تغییر محسوس در شکل زمین لازم است. دوم بکار بردن قوانین حاکم بر فرآیندهای معاصر برای تفسیر رویدادهای گذشته، این عمل هنگامی صورت می‌گیرد که احتمال مناسبات مشابه وجود داشته باشد (Nadersefat, 1987). در کوتاه‌مدت معمولاً به‌جز سطح اساس در هر حوضه رودخانه‌ای، سایر بخش‌ها وضع ثابت ندارند، بدین معنی که بعضی نقاط آن براثر فرسایش فرومی‌افتند و یا براثر پرشدگی بالا می‌آیند و بدین گونه مسیر رودخانه هرگز حالت ثابت به‌خود نمی‌گیرد (Khayam, 2011: 59). ولی در درازمدت سطح اساس رودخانه نیز دچار تغییرات زیادی می‌شود چنانچه تغییر سطح اساس رودخانه‌ها یکی از ویژگی‌های اصلی دوران کواترنری به‌حساب می‌آید که به دلیل آن فرم‌زایی در این دوران بسیار فعال بوده است (Kamaneh et al., 2011). اسارت رودخانه یکی از مهم‌ترین تغییرات سیستم رودخانه‌ای است که می‌تواند زمینه تغییرات سایر قسمت‌های سیستم رودخانه‌ای را فراهم آورد به همین خاطر همواره یکی از مفاهیم موردعلاقه ژئومورفولوژیست‌ها بوده است (Schummonf, 1977). در مناطق کوهستانی متأثر از فرآیند بالاآمدگی، اسارت رودخانه می‌تواند شبکه زهکشی را مجدداً سازمان دهد (Mather et al., 2000) و روند تکامل ژئومورفولوژیکی

3- Turbulence

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

منطقه را متأثر سازد. افزایش قدرت فرسایشی رودخانه، افزایش دبی رودخانه اسیر کننده، افزایش مساحت حوضه آبریز و تشکیل زانوی اسارت از جمله بدیهی‌ترین آثار اسارت رودخانه می‌باشد (Hammond, 2000).

پیشینه پژوهش

Nicolis (1987) معتقد است که از بین انواع فرسایش خاک، فرسایش قهقرایی تأثیرگذارترین نوع فرسایش در وقوع پدیده اسارت رود است. Zhou et al (2002) دینامیک آشوبناک سری جریان را در حوضه آبریز رودخانه هیواهی برای ۵۰۰ سال گذشته و Dombradi et al (2007) بعد فرکتالی در سیستم شبکه زهکشی کارپات را بررسی نمودند. Janhua et al (2007) رواناب سالانه سرچشمه رود تاریم را در سیستم‌های غیرخطی پیچیده یا فرکتال تجزیه و تحلیل نمودند.

Farscati and Lanzoni (2010) رودخانه طولانی مآندر را به‌عنوان رفتاری آشوبناک با استفاده از مدل‌سازی ریاضی ارزیابی کردند. Sadegh Movahed and Hermanis (2011) در تجزیه‌وتحلیل فرکتال نوسانات جریان رودخانه دریافتند که دو بازه زمانی متقاطع وجود دارد که با توجه به فصلی بودن، می‌تواند ناشی از فرکتال طبیعت باشد. Khatibi et al (2012) به بررسی آشوب رودخانه و سری زمان‌های تخلیه پرداختند. Milliman and Syvitski (2013) در بررسی ژئومورفولوژی-زمین‌ساخت در کنترل رسوب دریایی به اهمیت رودخانه‌های کوچک کوهستانی پی بردند.

Tokhmehchi (2004) با به‌کارگیری هندسه فرکتال برای شبیه‌سازی سطوح توپوگرافی به سه روش: پرگار تقسیم سیار، پرگار تقسیم سیار دوبعدی و تغییر نما به طریقه آماری نشان داد که سطوح شبیه‌سازی شده به روش فرکتال از منظر زبری سطح یا بعد فرکتال، نسبت به سطوح شبیه‌سازی شده توسط تخمین گرهای دیگر قابل اعتمادتر است.

Mokhtari (2009) با بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی حوضه آبریز باغلار نشان داد که چشم‌انداز فعلی این سیستم رودخانه‌ای، حاصل تغییراتی است که در دوره‌های اخیر زمین‌شناسی در منطقه به وقوع پیوسته است و وضعیت کنونی سیستم رودخانه‌ای نتیجه تعامل دو عامل انحراف و اسارت بوده است.

Yamani and Kmrani Dalir (2010) تأثیر تغییرات سطح اساس را در ریخت‌شناسی بستر الگوی کانال رودخانه‌های محدوده دلتای سفیدرود بررسی نمودند، نتایج نشان داد که تغییرات کوتاه‌مدت، تراز آب دریای خزر در بازه‌های نزدیک به مصب (حداکثر ۵ کیلومتر از ساحل) را تحت تأثیر خود قرار داده است، این اثرگذاری در خاور دلتای سفیدرود که خط تغییر شیب کوهستان به ساحل نزدیک‌تر و سطح جلگه پهن‌تر است، نسبت به باختر و باختر شمال، بیش‌تر است.

Abasi and Elmizadeh (2010) در تجزیه‌وتحلیل نقش نئوتکتونیک در مورفولوژی و رفتار شبکه زهکشی حوضه انجیران با تکیه بر نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای به این نتیجه رسیدند که بین حرکات

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

زمین‌ساخت و تغییرات شبکه زهکش نوعی تعامل وجود دارد و رفتار این شبکه از فعالیت‌های زمین‌ساخت متأثر می‌باشد.

Soleymanpour et al (2010) آستانه‌های توپوگرافی و عوامل مؤثر بر رسوب‌زایی و گسترش خندق‌ها در منطقه نیریز فارس را با بهره‌گیری از روش Stepwise در نرم‌افزار SPSS بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که رسوب تولیدی ناشی از گسترش خندق‌ها در نیریز تابع سه متغیر گستره آبخیز، درصد سیلت و شن در آبخیز واقع در بالای پیشانی خندق‌ها است.

Dadashzadeh et al (2014) در ارزیابی کیاس فرسایشی و تحولات پیش‌بینی نشده چاله اردبیل با اتکا به روش تحلیل مقاطع توپوگرافی و زمین‌شناسی و شناسایی عوامل ایجاد اسارت رودخانه‌ای به این نتیجه رسیدند که محتمل‌ترین مکان وقوع چنین پدیده‌ای در حوالی کوه خان بلاغی است.

Bakhtiari (2015) معتقد است که در مسیر آبراهه‌هایی که لیتولوژی همگن باشد، آبراهه کم‌تر دچار پیچ‌های تند تغییر مسیر می‌گردد. وجود پیچ‌های تند در مسیر رودخانه ناشی از اسارت یا انحرافی بوده که باعث تغییر مسیر رودخانه شده است.

Jafari and Bakhtiari (2016) در بررسی هیدرو-ژئونرونتیک حوضه آبی قزل‌اوزن با تکیه بر روابط هیدرولوژی و داده‌های اقلیمی، کل حوضه را به ٥٦ زیرحوضه تقسیم کرده و توپوژئونرون، پالئوژئونرون و ژئونرون‌های مجازی را بر اساس الگوی آبراهه‌ای و سطوح فرسایشی مشخص کردند و نتیجه گرفتند که مناطق واقع در پایاب زنجانرود، میانه و در امتداد قزل‌اوزن از بیجار تا میانه تحلیل برنده بوده و مقدار آب دریافتی کم‌تر از آب خروجی آن‌ها است و اگر نبود رودخانه‌هایی همچون انگوران چای، قلعه چای، قرنقوچای و غیره، قزل‌اوزن کاملاً خشک می‌شد. در دو طرف رودخانه زنجانرود دشت‌های وسیعی گسترش دارند که پوشش سطحی آن‌ها رسوبات آبرفتی دوره کواترنری است شکل ظاهری منطقه به‌گونه‌ای است که سراب رودخانه‌های هر دو قسمت باید به بلندترین ارتفاعات منطقه منتهی شوند؛ منتها در قسمتی از بخش‌های جنوب‌غرب دشت‌های زنجانرود، در جبهه‌ی کوهستان، چاله گرابن مانندی وجود دارد که آب‌های قسمتی از دامنه شمالی ارتفاعات جنوبی زنجان را در موازات جبهه کوهستان به قزل‌اوزن انتقال می‌دهد. شکل ظاهری منطقه رفتار آشوبناک رودخانه را تداعی می‌کند و شکل ظاهری لندفرم‌ها تسلط فرآیندهای نئوتکتونیکی را مورد تائید قرار می‌دهد. در قسمت دیگری از حوضه لندفرم‌های ایجاد شده بی‌شباهت به آثار تراس‌های دریاچه‌ای قدیمی نیست. چنین لندفرم‌هایی در دید اول شاهدی بر فعالیت‌های نئوتکتونیکی منطقه در نظر گرفته می‌شوند. چنانچه Sattari (2016) مبنای تشکیل لندفرم‌ها را نئوتکتونیک دانسته و با تحلیل شاخص‌های مورفوتکتونیکی، حوضه را از نظر تکتونیکی فعال شناخته است ولی لندفرم‌های نهایی منتج از نئوتکتونیک نیست؛ هرچند امکان فعالیت‌های نئوتکتونیکی نیز با توجه به گسل‌های موجود در منطقه غیرقابل‌انکار نیست ولی شکل نهایی لندفرم‌های موجود ناشی از تغییر مسیر رودخانه در طی کواترنری است تا فعالیت‌های نئوتکتونیکی. چهره نهایی سطح زمین متأثر از عوامل بیرونی و فرسایش است. هرچند که نقش عوامل درونی را

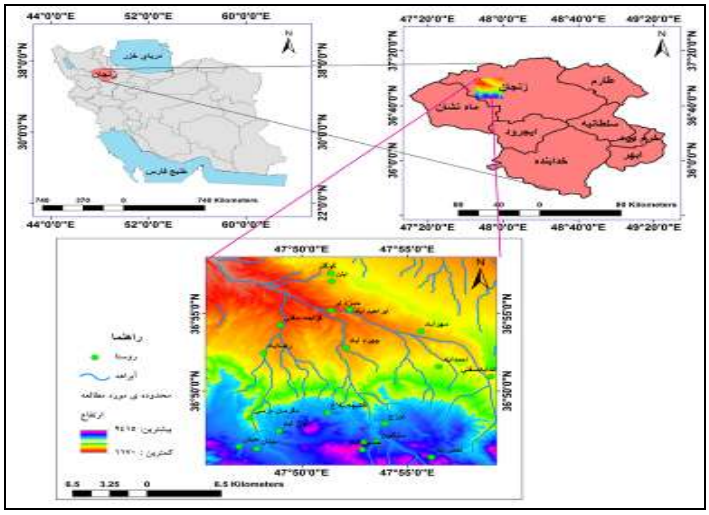
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

تحت عنوان نئوتکتونیک، نمی‌توان نادیده گرفت. وضعیت کنونی حوضه تلخه‌رود زنجان به‌شدت نامتعادل است. لندفرم‌های ناشی از فرسایش قهقرایی، مخروطه‌های‌افکنه کوچک و متداخل از آن جمله‌اند. ولی نگاه سیستماتیک به حوضه و نواحی اطراف آن دال بر این مطلب است که تغییر مسیر رودخانه منجر به تغییر سطح اساس و برهم خوردن چیدمان لندفرم‌ها شده است؛ به‌گونه‌ای که سراب شمالی حوضه تلخه‌رود به رأس مخروط‌های‌افکنه متعددی ختم می‌شود. این مخروط‌های‌افکنه در شرایط کنونی در سراب حوضه مجاور و مسلط به زنجان رود هستند. قرارگیری رأس مخروطه‌افکنه با رسوبات درشت در سراب حوضه زنجان رود، در محل خط تقسیم آب تلخه‌رود و زنجان رود در بخش وسیعی از حوضه و جریان رودخانه شمالی تلخه‌رود در امتداد کنیک کوهستان، باعث عدم تقارن شبکه زهکشی شده است به‌گونه‌ای که در طرف چپ حوضه، آبراهه‌های طولانی وجود دارند که به خط‌الراس کوهستان ختم می‌شود و طرف راست، آبراهه‌های کوتاهی است که انتهای آن‌ها، شروع مخروطه‌های‌افکنه قدیمی است. چنین شواهدی حاکی از آن است که رودخانه در زمان گذشته، در امتداد مخروط‌های‌افکنه جریان داشته و با تغییر مسیر رودخانه و تغییر سطح اساس، شرایط نامتقارنی بر حوضه مسلط شده است. با این شواهد و با دیدگاه سیستمی، به کمک لندفرم‌های کنونی، شرایط پالئوژئومورفولوژی منطقه بازسازی و تجزیه‌وتحلیل شده است.

محدوده مورد مطالعه

سیستم رودخانه‌ای قزل‌اوزن در شمال‌غرب کشور، یکی از سیستم‌های رودخانه‌ای خزر است که در دوره‌های اخیر زمین‌شناسی دچار تحولات زیادی شده است. سرچشمه این رودخانه ارتفاعات چهل چشمه کردستان است که بعد از دریافت شاخه‌های متعدد و تلاقی با رودخانه شاهرود وارد سد منجیل و دلتای سفیدرود می‌شود. حوضه زنجان رود بخشی از حوضه آبریز بزرگ رودخانه قزل‌اوزن و یکی از هفده حوضه آبی استان زنجان است. امتداد کلی این حوضه جنوب‌شرقی–شمال‌غربی بوده، از شمال به سلسله کوه‌های طارم و از جنوب به ارتفاعات سلطانیه محدود می‌شود. خط تقسیم در شرق سلطانیه است و عارضه مشخصی ندارد بلکه دشت به‌تدریج ارتفاع یافته و در آن‌طرف خط تقسیم نیز به‌تدریج فرو می‌آید (Alaei Taleghani, 2009: 96). در شرق زنجان ارتفاعات به هم نزدیک شده و عرض فرورفتگی به ۳ تا ٤ کیلومتر تقلیل می‌یابد. زنجانرود رسوبات دوران چهارم را از بین برده و لایه‌های پلیوسن بیشتر کف دشت را تشکیل می‌دهد. در طرفین بستر زنجانرود چندین پادگانه از عناصر توپوگرافی جالب در این ناحیه می‌باشد. ارتفاع ریزشگاه رودخانه زنجان رود به قزل‌اوزن، ۱۱۰۰ متر، شیب متوسط آن ۰/۵ درصد است (Bahramzadeh and maleki, 2011). یکی از زیرحوضه‌های قزل‌اوزن در محدوده ارتفاعات شمالی و جنوبی زنجان، تلخه‌رود یا مهرآباد با موقعیت ریاضی ٤٧ درجه و ٤٥ دقیقه تا ٤٨ درجه طول شرقی و ٣٦ درجه و ٤٥ دقیقه تا ٣٧ درجه عرض شمالی در غرب و جنوب‌غربی شهر زنجان است. مساحت آن بالغ بر ٦٠٠ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط آن ۱۷۸۲ متر از سطح دریا است. این منطقه از شمال به زنجان رود و از غرب به قزل‌اوزن و از شرق به ارتفاعات شمالی زنجان و از جنوب و جنوب‌غربی به شهر ماه نشان منتهی می‌شود (شکل ۱).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تلخه‌رود زنجان

Figure1: Location of the Talkhrrood Zanjan

مواد و روش‌ها

نگاه مجرد و انتزاعی به حوضه‌ها گاهی باعث نادیده گرفتن ژنز و منشأ اصلی لندفرم شده و گاه شکل‌گیری لندفرم به فرآیندی نسبت داده می‌شود که نقش چندانی در ایجاد آن نداشته است؛ هرچند تأثیر فرآیندهای مختلف به‌صورت ترکیبی در شکل‌گیری کلی لندفرم، غیرقابل انکار است. بر این اساس علاوه بر حوضه آبی تلخه‌رود، بخش‌های شمالی زنجان رود نیز به‌عنوان محدوده مورد مطالعه تعیین حدود گردید. سطوح ارضی با لیتولوژی یکسان ولی فرم خطوط منحنی میزان متفاوت، تفکیک شد و در آن‌ها سطوح خطوط منحنی میزان ساده تا سینوسی از سطوح ارضی با خطوط منحنی میزان بای مدال و پنجه‌ای، جدا گردید. پراکندگی منحنی میزان ساده تا سینوسی در بین سطوحی با خطوط منحنی میزان بای مدال و پنجه‌ای، شاهدی بر شرایط همگن گذشته کل آن سطح در نظر گرفته شد که با تغییر سطح اساس، تعادل اولیه برهم‌خورده و فرسایش قهقرایی در بخش‌هایی زیادی از حوضه غالب شده است. تغییر سطح اساس را می‌توان هم با فرآیندهای تکتونیکی و هم فرآیندهای بیرونی توجیه نمود. تغییر سطح اساس اصلی قزل‌اوزن، یکی از عوامل بیرونی است که می‌توان چنین تغییراتی را به آن نسبت داد. انعکاس تغییر سطح اساس اصلی قزل‌اوزن، در حوضه تلخه‌رود با فاصله تقریبی بیش از ۳۶۵ کیلومتر از دریاچه خزر، بعید به نظر می‌رسد. تغییر سطح اساس محلی از عوامل دیگر است که می‌تواند در برهم خوردن نظم منطقه نقش داشته باشد. با این مقدمه، با دیدگاه سیستمی، ضمن بازدیدهای میدانی مکرر و شهود مخروطه‌های‌افکنه قدیمی در ضلع شمالی حوضه تلخه‌رود، بررسی لندفرم‌ها بر اساس انحراف و اسارت رودخانه‌ها مطرح گردید. با وجودی که در روش حوضه‌ای محدوده مطالعاتی بر اساس واحدهای طبیعی تعیین حدود می‌شود (Ramesht, 2014: 18)، بررسی سیستمی پدیده‌ها و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی، اهمیت خاصی دارد. به‌منظور بررسی رفتار آشوبناک، ابتدا DEM ۳۰ * ۳۰ محدوده موردنظر از ماهواره SRTEM سایت http://earthexplorer.usgs.gov استخراج گردید و با استفاده

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

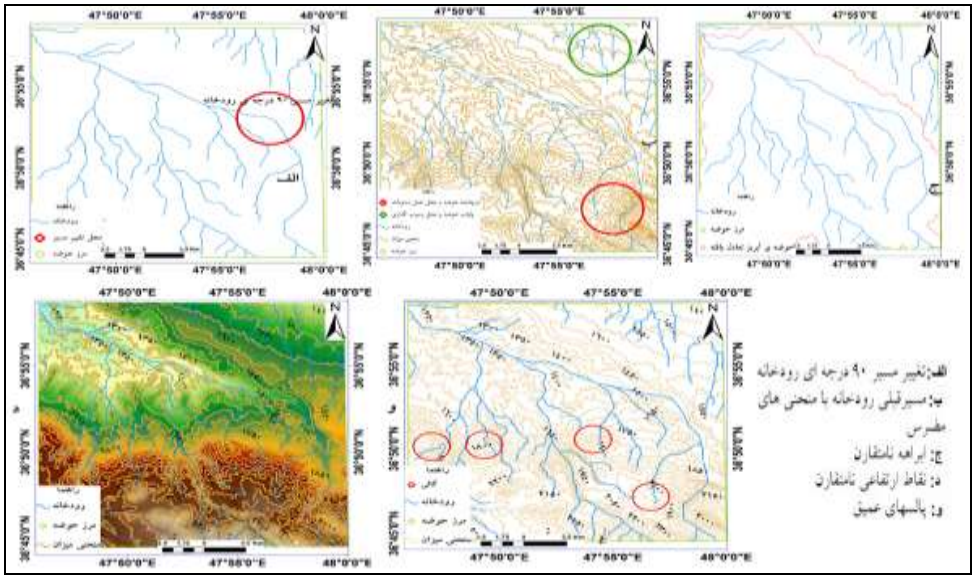
از نرم‌افزار Arc GIS، لایه توپوگرافی استخراج گردید. همچنین با استناد به نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی لایه‌های لیتولوژی رقومی و مورد استفاده قرار گرفت. منحنی میزان ساده تا سینوسی در بین خطوط منحنی میزان بای مدال و پنجه‌ای با لیتولوژی همگن به عنوان مواریث باقی‌مانده از تعادل گذشته در نظر گرفته شد و سطوح ارضی بین آن‌ها بازسازی گردید. برای شبیه‌سازی توپوگرافی گذشته به‌وسیله نرم‌افزار Pixel to code خطوط منحنی میزان ساده تا سینوسی به‌عنوان سطوح دارای تعادل، رقومی شد و به کمک آن‌ها ارتفاع خطوط منحنی میزان بای مدال و پنجه‌ای در سطوح نامتعادل بازسازی گردید. ارتفاع مسیر پدیده انحراف یا اسارت رودخانه یا مسیر آبراهه‌های جدید، در جدول مشخصات نقاط دیجیت شده مرحله قبل، در نرم‌افزار Surfer حذف گردید؛ یعنی داده‌های ارتفاعی نقاطی که در شرایط کنونی جزئی از بستر رودخانه بوده ولی در پایین‌تر از ارتفاع سطوح بازسازی‌شده قرار می‌گرفتند، حذف گردید تا سطوح گذشته و در نتیجه مسیر قبلی بازسازی گردد. توپوگرافی گذشته به کمک مشخصات X, Y, Z (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) سطوح باقی‌مانده، از طریق میانیابی به روش Kriging در نرم‌افزار Surfer بازسازی شد. توپوگرافی به‌دست آمده در نرم‌افزار Global mapper حوضه‌بندی شد و بستر گذشته آبراهه‌ها بازسازی گردید. با ترسیم پروفیل‌های طولی و عرضی عمود و موازی آبراهه‌ها در توپوگرافی کنونی و شبیه‌سازی‌شده گذشته، تفاوت‌های ارتفاعی و میزان فرسایش برآورد شد. بر اساس مشاهدات میدانی خطای احتمالی یافته‌های اسنادی اصلاح گردید و تجزیه‌وتحلیل نهایی انجام شد.

یافته‌ها و بحث

تفاوت لیتولوژی در دو طرف رودخانه یکی از عوامل مهم اثرگذار در فرسایش‌پذیری بستر و کناره‌های رودخانه در وقوع پدیده اسارت است. سازندهای واقع در میسر رودخانه از لیتولوژی مشخصی تشکیل شده‌اند. لیتولوژی متفاوت در دو طرف رودخانه نشان‌دهنده‌ی تغییر مسیر آن یا انطباق رودخانه با گسل است. در صورتی که مسیری عبور جریان آب از سازندهای زمین‌شناسی با مقاومت متفاوت باشد، در این صورت طبقات سخت مقاومت کرده و طبقات نرم و سست در معرض تخریب قرار می‌گیرند و همین امر موجب انحراف مسیر جریان آب می‌شود. بررسی‌های میدانی حاکی از آن است که شواهد اسارت یا انحراف را در نقشه‌های توپوگرافی به این شرح منعکس شده‌اند: ۱- تغییر مسیر با زاویه ۹۰ درجه یا بیش‌تر در امتداد رودخانه‌ها (شکل ۲، الف). ۲- وجود رسوبات آبرفتی درشت‌دانه در سراب رودخانه‌ها. قسمت ابتدایی و میانی رود یعنی سرچشمه و میاناب، مسیر حمل رسوبات و قسمت پایانی یا همان پایاب و گاهاً در میاناب، محل بر جای‌گذاری رسوبات هستند. رسوبات آبرفتی در سرچشمه قرار نمی‌گیرند، بودن آن‌ها در چنین مکانی، حاکی از تغییر مسیر رودخانه است. بر اساس یافته‌های Ramesht (2013: 48-49) خطوط منحنی میزان در این‌گونه رسوبات که تا حدی دیاژنز شده‌اند، به‌صورت مضرس و بدون قلل متعدد است که با الگوی منحنی‌های میزان منطقه در بخشی از سراب زنجان رود انطباق دارد (شکل ۲، ب). ۳- آبراهه یک حوضه باگذشت زمان تقریباً متقارن می‌شود یعنی ساحل سمت چپ و راست آن در طی زمان هم‌اندازه و

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

متقارن می‌گردد. چنین تقارنی ممکن است بر اثر تکتونیک یا تغییر سطح اساس برهم بخورد. عدم تقارن زهکشی در حوضه‌ای، همانند حوضه مورد مطالعه، اگر یک‌طرف رودخانه فاقد آبراهه قابل توجه و مساحت ناچیز باشد، ناشی از تغییر مسیر رودخانه بوده است. به عبارتی کوتاه‌تر بودن آبراهه‌ها در یک طرف رودخانه نسبت به‌طرف دیگر حاکی از تغییر مسیر رودخانه است. قسمتی که طول آبراهه‌ها خیلی کوتاه‌تر دارد، خلاف جریان قبلی رودخانه را نشان می دهد (شکل ۲، ج). ٤- تفاوت ارتفاعی خط تقسیم آب در دو طرف رودخانه امر بدیهی است؛ اما تفاوت ارتفاع زیاد همراه با طول آبراهه‌ی کم‌تر و وجود رسوبات آبرفتی دیاژنز نشده در خط تقسیم آب کناره کم ارتفاع‌تر، ناشی از تغییر مسیر و تغییر سطح اساس رودخانه است. در واقع ساحلی کم ارتفاع‌تر، امتداد مسیر قبلی را نشان می‌دهد (شکل ۲، د). ۵- منحنی‌های میزان با پالس‌های عمیق یا سینوس‌های عمیق در بین منحنی‌های صاف تا سینوسی ساده در لیتولوژی‌های همگن دلیلی بر تغییر سطح اساس و تسلط فرسایش قهقرایی ناشی از تغییر مسیر رودخانه است (شکل ۲).



شکل ۲: شواهد ژئومورفولوژیکی پدیده‌ی اسارت

Figure 2: Geomorphologic evidences of captivity

در چنین محیط‌هایی منحنی‌های میزان صاف ناشی از طولانی‌تر بودن شرایط تعادل محیط و منحنی‌های میزان با پالس‌های عمیق ناشی از کوتاه‌تر بودن شرایط تعادل محیطی است. سطح اساس کنترل‌کننده فرسایش قهقرایی و انرژی رودخانه و به‌تبع آن حمل رسوبات و V شکل نمودن دره‌ها است. تغییر آن رودخانه را وادار به تجدید جوانی و ایجاد دره‌های V شکل و سرزمین‌های نامتعادل ازنظر فرم می‌نماید. در شبکه رودخانه قزل‌اوزن، چهار ژئونرون اصلی شناسایی‌شده است. با ترتیب از سراب به سمت پایاب شامل: بیجار، زنجان، میانه و طارم که ازنظر فضایی به‌وسیله‌ی تنگه‌هایی به یکدیگر متصل می‌شوند. این سطوح درگذشته اجازه خروج ماده و انرژی را نداده و آن‌ها را در خود ایزوله می‌نمودند. چنین مناطقی در واقع نقش دریاچه‌های فصلی و دائمی را بازی می‌کردند و کانون شبکه

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

آب‌هایی همگرا بوده‌اند. سپس در اثر تحولات بعدی، استقلال خود را از دست داده و سبب تغییر نیرو و ماده در شاخه‌های فرعی قزل‌اوزن شده‌اند. تغییرات سطح اساس محلی حوضه زنجان رود درگذشته حدود ۲۰۰ متر بوده است. شاهد آن وجود رسوبات فسیل شده و دور از رودخانه اصلی در ارتفاع ۱۲۹۶ متری است (Rostam Khani, 2014: 95). در چنین مناطقی رودخانه‌ها با توجه به لیتولوژی، تغییرات سطح اساس محلی و حرکات تکتونیکی دوره‌های مختلف زمین‌شناسی باعث حفر هرچه بیش‌تر بستر خود شده‌اند و یک نوع جوانی در آن‌ها به‌وجود آورده که با نزدیک شدن رودخانه به سطح اساس باانرژی بیش‌تر، ماده بیش‌تری را حمل می‌کند. شواهد ژئومورفولوژیکی حاکی از آن است که جهت جریان رودخانه تلخه‌رود طی دوره کواترنری از جنوب به سمت شمال بوده و عمل رسوب‌گذاری مواد آبرفتی بر روی لیتولوژی مارن انجام شده است. این رودخانه در واقع از سرشاخه‌های زنجان رود بوده و از طریق زنجان رود به قزل‌اوزن می‌پیوسته در صورتی‌که با تغییر مسیر جهت جریان رودخانه شرقی–غربی شده و امروز به‌صورت مستقل به قزل‌اوزن می‌ریزد. لیتولوژی مسیر جدید رودخانه، تناوبی از مارن قرمز و قهوه‌ای روشن، ژیپس و میان لایه‌های ماسه‌سنگ است؛ به‌استثنای بخش کوچکی از پایاب رودخانه که لیتولوژی با میان لایه مرمر است همگی حساسیت کمی نسبت به فرسایش دارند. با غلبه فرسایش تفریقی و از بین رفتن لیتولوژی مقاوم، فرسایش به جنس سست رسیده و با کندوکاو بیش‌تر، سطح اساس جدیدی در ارتفاع کم‌تر از سطح اساس قبلی ایجاد شده و با تسلط فرسایش قهقرایی میان لایه‌های ماسه‌سنگی–آهکی از بین رسوبات مارنی و کنگلومرایی به‌صورت تیغه‌هایی رخنمون پیدا کرده‌اند (شکل ۳). براثر انحلال و تداوم فرسایش، یکسری لندفرم‌هایی مثل گراند کانیون‌ها، دره‌های U شکل و تنگ‌های بسیار عمیق و کم‌عرضی همانند تنگ اندآباد به‌وجود آمده‌اند (شکل ٤).

شکل ۳: رخنمون میان لایه‌های ماسه‌ای در مارن های منطقه

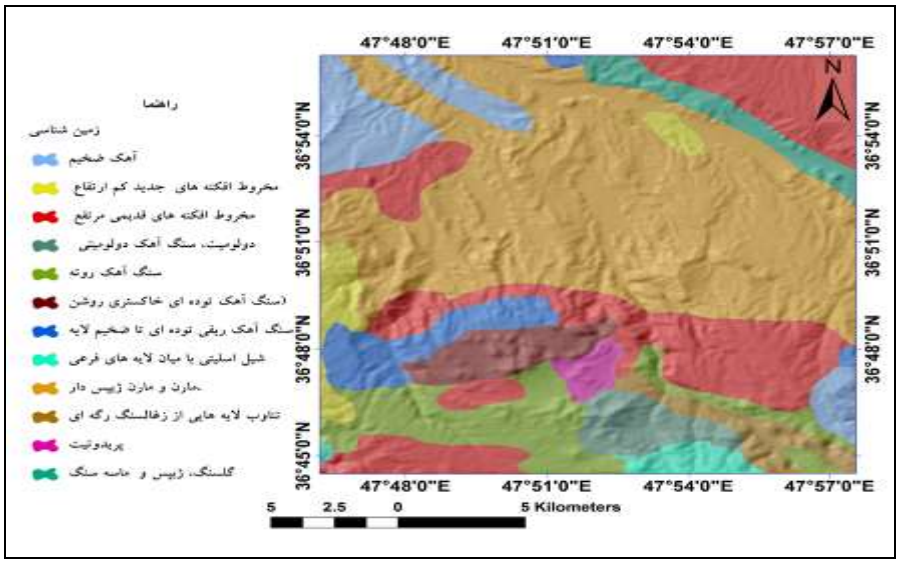
Figure 3: Outcrops sandy between layers in the Marls

شکل ٤: نمایی از تنگ اندآباد

Figure 4: View of the Andabad strait

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

اغتشاش گسل‌ها در تلخه‌رود و وضعیت لیتولوژیکی منطقه نیز در تغییر مسیر آبراهه‌ها بی‌تأثیر نبوده است. هنگامی که رودخانه عمود بر محور چین‌خوردگی با طاقدیس جریان داشته باشد، رسوبات سست موجود در میان لایه‌های ماسه‌سنگی سریع‌تر فرسایش یافته از محیط خارج شده و میان لایه‌های ماسه‌سنگی به دلیل مقاومت بیش‌تر باقی‌مانده‌اند و با ادامه چنین روندی جهت انطباق زمین‌شناسی، انحرافی در مسیر رودخانه به‌وجود آمده که رودخانه موازی با محور ناهمواری جریان یافته است. ساحل راست مسیر جدید دارای آبراهه‌های به طول بسیار کم‌تر از سمت چپ است. وجود رسوبات مخروطه‌های‌افکنه قدیمی در سرشاخه‌های مسیر اولیه رودخانه که به زنجان رود متصل می‌شده، حاکی از تسلط فرآیند آلوویالی در منطقه بوده است. چنین مکان‌هایی در شرایط کنونی سراب رودخانه است، جایی که فرآیند فلوویالی تازه در حال شکل‌گیری است. زهکش اصلی تلخه‌رود، قبل از وقوع پدیده اسارت، زنجان رود بوده است. در این مسیر رودخانه توانسته یک مخروط‌افکنه تیپیک ایجاد کند که با دره اندآباد دریک امتداد قرارگرفته‌اند. علاوه بر این رودخانه اصلی رودخانه‌های فرعی دیگری داشته که بر دامنه‌های شمالی ارتفاعات جنوبی زنجان جریان داشته و به‌صورت آبراهه‌های پراکنده به سمت زنجان رود هدایت می‌شدند و درگذر از منطقه کوهستانی به دشت رسوبات آبرفتی بادبزنی کوچک‌تر و به‌هم پیوسته‌ای را تا رسیدن به زنجان رود برجای گذاشته‌اند که در نقشه‌های زمین‌شناسی به‌عنوان رسوبات مخروط‌افکنه‌ی بالایی یا قدیمی شناخته می‌شوند (شکل ۵).



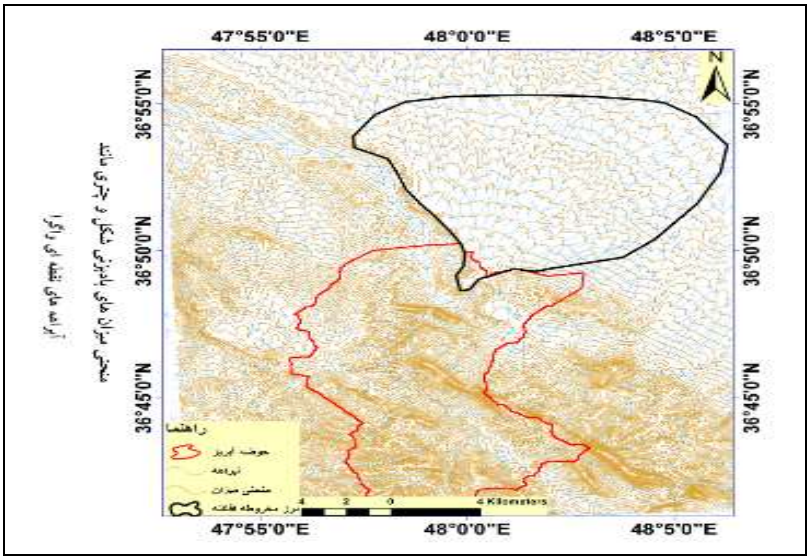
شکل ۵: زمین‌شناسی حوضه تلخه‌رود و اطراف آن

Figure 5: Geology of the Talkherood basin and its surroundings

در امتداد تلخه‌رود به سمت زنجان رود، رسوبات آبرفتی باقی مانده‌اند که از فرم مخروط‌افکنه‌ای و اندازه رسوبات آن، چنین استنباط می‌شود که بر اثر رودخانه‌ای با دبی و انرژی زیاد ایجاد شده‌اند. تغییر مسیر تلخه‌رود باعث انقطاع همین سرشاخه‌ها شده و تسلط فرسایش قهقرایی در آن‌ها را شدت بخشیده است. شواهد باقی‌مانده از مخروط‌افکنه قدیمی در قسمت خروجی بستر اولیه تلخه‌رود از کوهستان، به بهترین شکل بر روی نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

ماهواره‌ای منعکس شده و در نقشه‌های توپوگرافی به‌صورت منحنی‌های میزان بادبزنی (چتری شکل) و آبراهه‌های نقطه‌ای واگرا قابل ردیابی است. در نقشه‌های زمین‌شناسی نیز رسوبات آبرفتی در همان محدوده، نمایانگر رسوبات مخروط‌افکنه قدیمی است. وسعت این مخروط‌افکنه حدود ۱۱۰ کیلومترمربع است و حوضه آبریزی که این مخروطه‌افکنه را تغذیه می‌کرده حدود ۱۱۵ کیلومتر مربع وسعت داشته است (شکل ٦). ضخامت رسوبات در رأس مخروط‌افکنه در حدود ۱۵ الی ۲۰ متر متغیر است که بر روی سازندهای سست رس و مارنی قرار گرفته است (اشکال ۷ و ۸).



شکل ٦: محدوده مخروطه‌افکنه قدیمی و انعکاس آن بر روی نقشه توپوگرافی

Figure 6: The area of the old alluvial fan and its reflection on the topographic map

شکل ۷: سطح مخروطه‌افکنه همراه با رسوبات آبرفتی

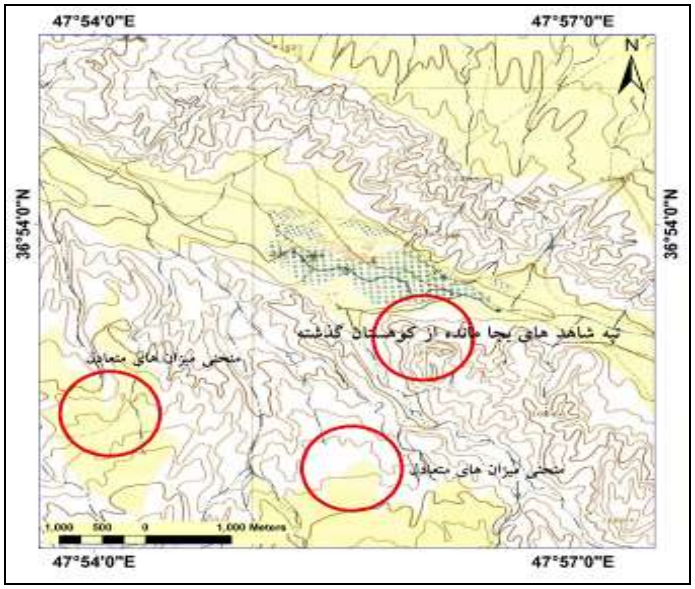
Figure 7: The surface of the alluvial fan and alluvial deposits

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

شکل ۸: ضخامت مخروطه‌افکنه و رخنمون مارن بعد از قطع شدن مخروطه‌افکنه

Figure 8: Thick marl outcrop alluvial fan and alluvial fan after being cut

شبیه‌سازی توپوگرافی: همان‌طور که در بخش روش‌شناسی به آن اشاره شد برای شبیه‌سازی توپوگرافی گذشته باید بر مبنای منحنی‌های میزان که حالت تعادل دارند و تپه‌های شاهد باقی‌مانده لندفرم‌های گذشته که ارتفاع ثابت‌تری داشته‌اند عمل کرد، ارتفاع منطقه برحسب آن‌ها و با توجه به لیتولوژی بازسازی گردید (شکل ۹).



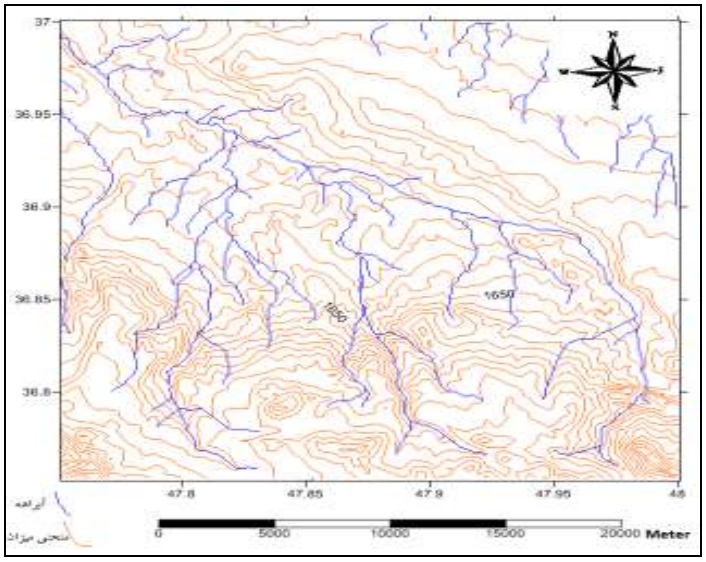
شکل ۹: شواهد مکانی بازسازی ارتفاعات گذشته در نقشه‌های توپوگرافی

Figure 9: Spatial evidences of reconstructing reights in topographic maps

بر این اساس با کمک نرم‌افزار pexel to code نقاط موردنظر شناسایی و مختصات جغرافیایی و ارتفاع آن‌ها دیجیت (رقومی) گردید و بر اساس ارتفاع آن‌ها ارتفاع مناطق نامتعادل و درنتیجه نقشه توپوگرافی گذشته بازسازی گردید.

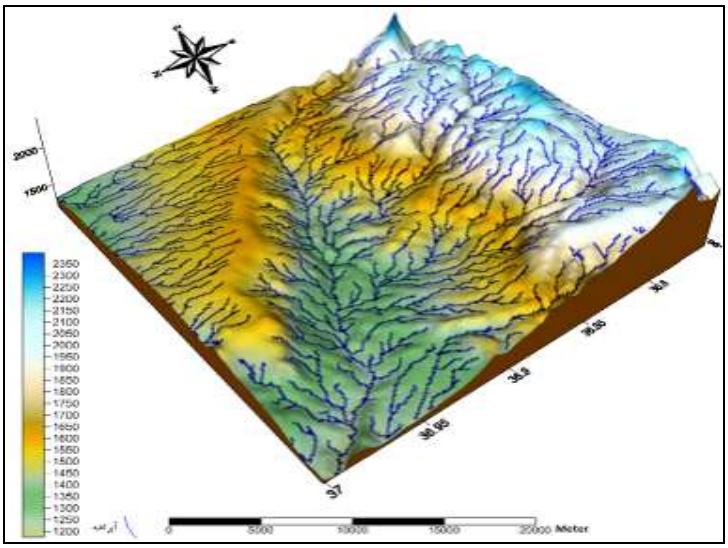
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

اشکال (۱۰ و ۱۱) توپوگرافی فعلی منطقه موردمطالعه و نمای سه‌بعدی آن را نشان می‌دهد. بر اساس این توپوگرافی می‌توان به روند ناتعادلی فرم‌ها ناشی از فرسایش‌های قهقرایی پی برد.



شکل ۱۰: نقشه توپوگرافی حال تلخه‌رود زنجان

Figure 10: Topography map of the now Zanjan Talkhehrood



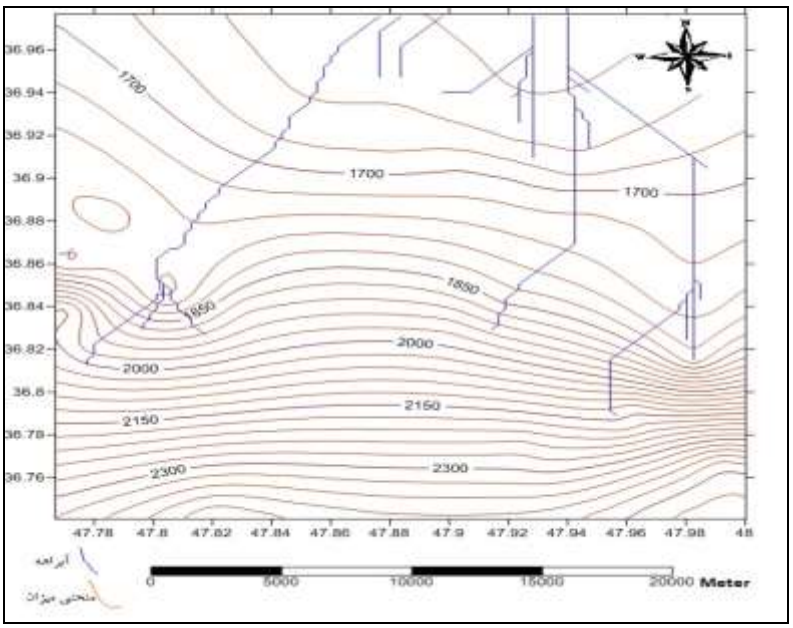
شکل ۱۱: نمای سه‌بعدی تلخه‌رود زنجان

Figure 11: Zanjan's Talkhehrood 3D view

با نگاهی بر نقشه توپوگرافی بازسازی‌شده منطقه مورد مطالعه می‌توان روند تعادل را در آن مشاهده نمود (شکل ۱۲). آبراهه‌ها در رأس مخروط‌افکنه بزرگ شناسایی‌شده، در محل خط تقسیم آب تلخه‌رود با زنجان رود، به‌صورت واگرای نقطه‌ای است. در سمت راست شکل (۱۳) نمای سه‌بعدی یک آبراهه بسیار کوچکی دیده می‌شود که به

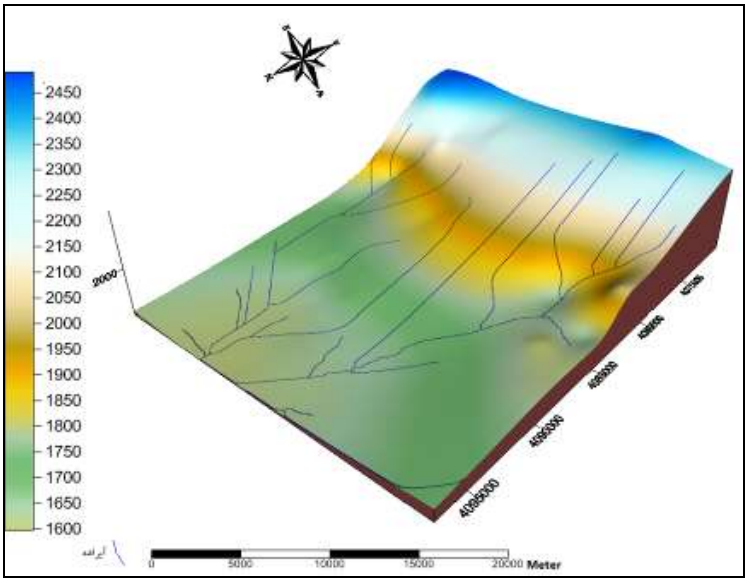
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

سمت قزل‌اوزن جریان داشته اما با تغییرات سطح اساس قزل‌اوزن و تسلط فرسایش قهقرایی، موجب اسارت رودخانه‌هایی شده که عامل اصلی ایجاد مخروط‌های‌افکنه منتهی به زنجان رود بوده‌اند. این رودخانه به دلیل حفر زیاد بستر خود باعث رخنمون سازندهای تبخیری ازجمله نمک و گچ شده که با انحلال آن‌ها، آب شور شده و به همین جهت این رودخانه اسارت یافته را تلخه‌رود (آجی چای) نامیده‌اند.



شکل ۱۲: توپوگرافی بازسازی شده گذشته‌ی تلخه‌رود زنجان

Figure 12: Restructured topography of the Zanjan's Taleghrood's past

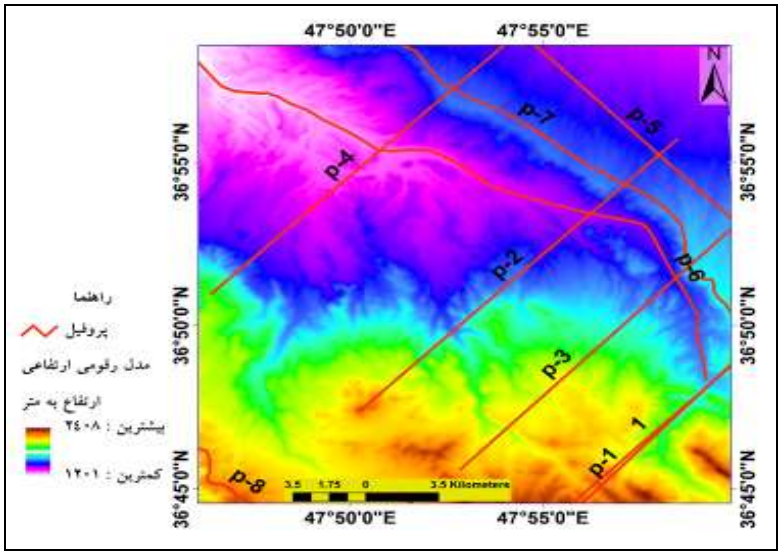


شکل ۱۳: نمای سه‌بعدی گذشته‌ی تلخه‌رود زنجان

Figure 13: The 3D view of Zanjan's Talkhehrood

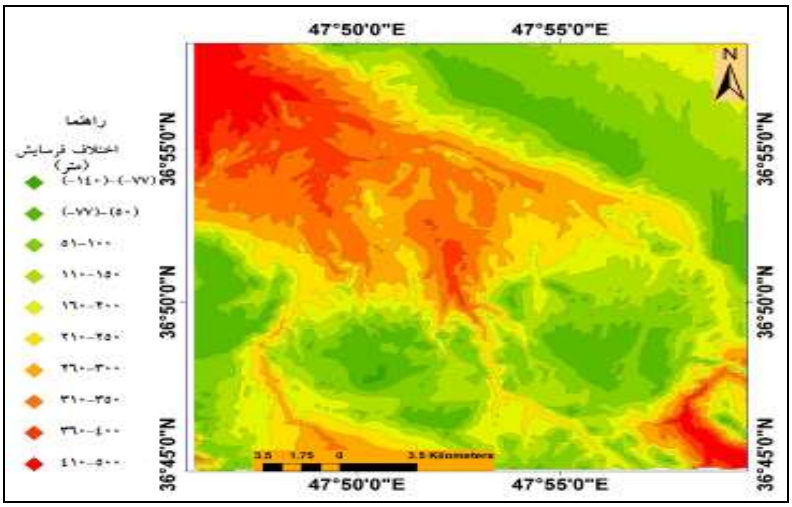
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

برای بررسی وضعیت ساحل چپ و راست رودخانه و بازسازی شرایط گذشته پروفیل‌های متعددی به‌صورت عمود بر جریان رودخانه و موازی آن ترسیم گردید (شکل ١٤). با توجه به توپوگرافی حال و گذشته در نرم‌افزار GIS اختلاف دوتا توپوگرافی که به DEM مبدل شده بود به‌دست آمد و نقشه نهایی آن به ۱۰ طبقه تقسیم‌بندی شد که نشان‌دهنده میزان اختلاف ارتفاع و فرسایش منطقه موردنظر می‌باشد (شکل ۱۵ و جدول ۱). رابطه‌ی رگرسیونی بین میزان اختلاف و درصد مساحت و لیتولوژی گرفته شد. از این رابطه می‌توان فهمید که لایه رس و مارن با میان لایه‌های ماسه‌سنگ همراه با توف‌های سبزرنگ (به رنگ قهوه‌ای و سبز) بیش‌ترین اختلاف را با گذشته دارد و هرچه سازند سست‌تر باشد مقدار اختلاف ارتفاع و فرسایش بیش‌تر شده است (شکل ١٦).



شکل ١٤: نقشه موقعیت پروفیل‌های ترسیمی تلخه‌رود زنجان

Figure 14: Location map of the graphic graphs of Zanjan's Talkhehrood



شکل ۱۵: نقشه اختلاف ارتفاع و فرسایش تلخه‌رود زنجان در حال و گذشته

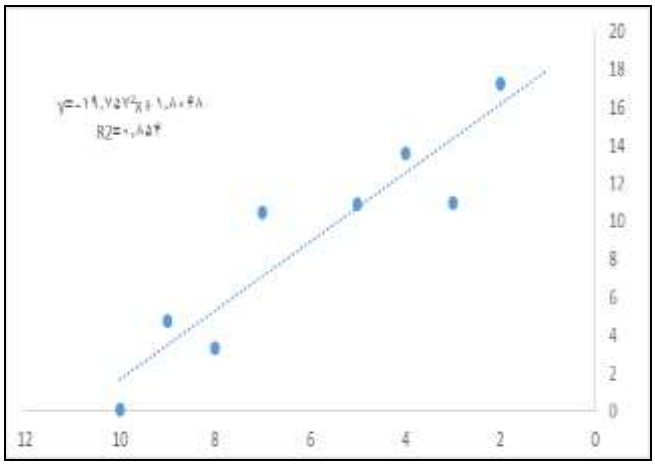
Figure 15: Alignment map of altitude and erosion of Zanjan Talkhehrood in the present and the past

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

جدول ۱- میزان اختلاف ارتفاع و فرسایش تلخه‌رود زنجان در حال و گذشته

Table 1- Alignment erosion and altitude difference between present and past of the ZanjanTalkhehrood

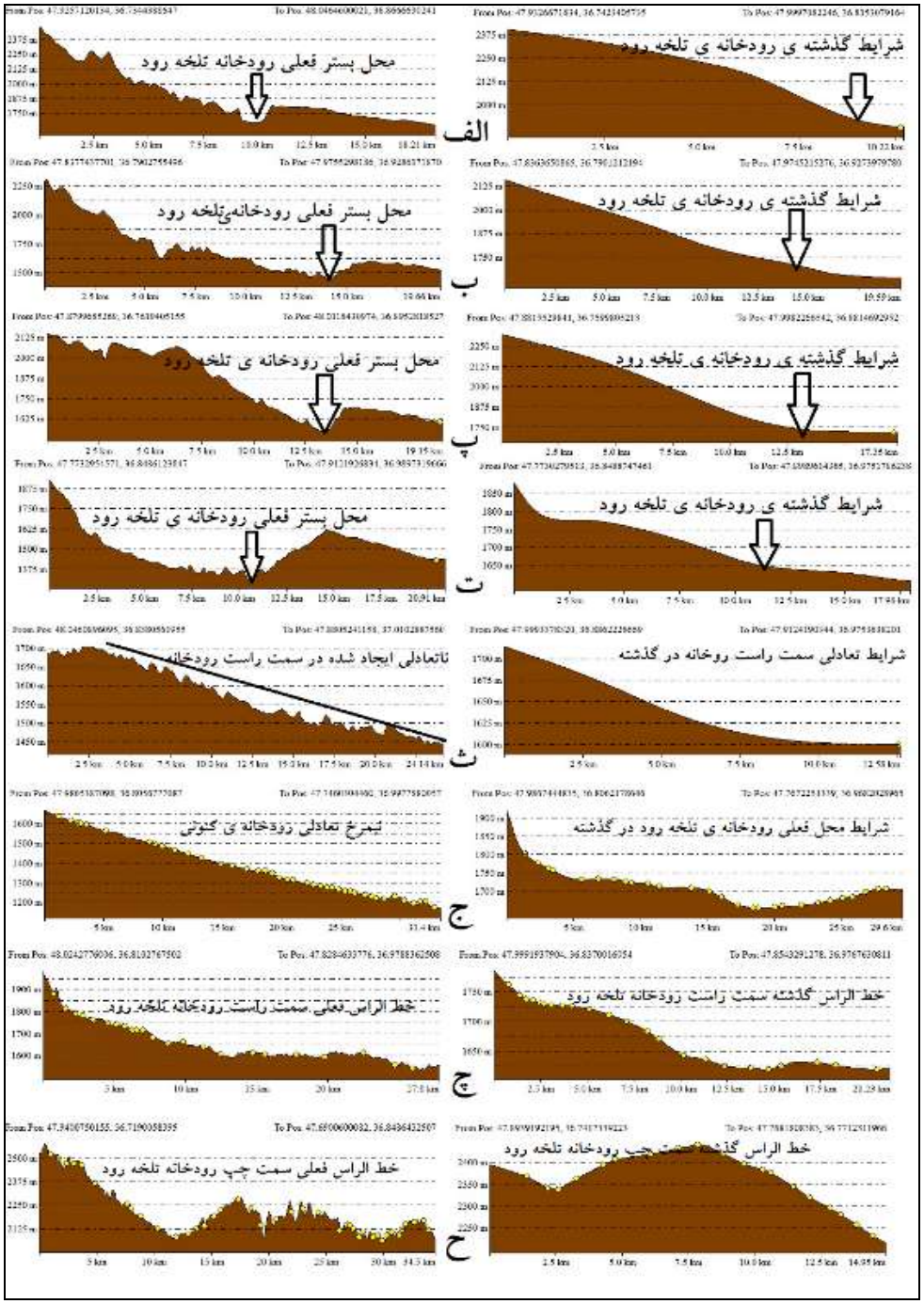
لیتولوژی غالب	درصد وزنی فرسایش	مساحت طبقات فرسایش یافته (کیلومترمربع)	اختلاف ارتفاع طبقات فرسایش یافته (متر)
آهک‌های فسیل دار نازک	۱۰/٤۸۲۲٤	٥٦/٥۸٤٦۸۳	(-۷۷)-(-۱٤۰)
تراس‌های آبرفتی و سازندهای کربناتِ (سازند لار)	۱۷/۲۷٤۷	۹۳/۲٥۱۳۸۲	٥۰-(-۷۷)
آهک نازک فسیل دار و رسوبات آبرفتی همراه با مارن	۱۰/۹٥۳۹۹٥	۹۳/۲٥۱۳۸۲	٥۱-۱۰۰
کنگلومرا و ماسه‌سنگ و همراه با آندزیت رنگ خاکستری	۱۳/٥۹۸۷۳	۷۳/٤۰۷۹٤۷	۱۱۰-۱٥۰
کنگلومرا و آهک ضخیم فسیل دار	۱۰/۸۸۷۷٦	٥۸/۷۷۳۷۱۹	۱٦۰-۲۰۰
آهک فسیل دار و سازند کرج و کنگلومرا همراه با رسوبات آبرفتی	۱۸/۱۸٤۸۹	۹۸/۱٦٤۷٤۱	۲۱۰-۲٥۰
مارن سبزرنگ و رسوبات آبرفتی قدیم	۱۰/٤۸۷۹۸	٥٦/٦۱٥٦۸٤	۲٦۰-۳۰۰
مارن سبزرنگ و رسوبات آبرفتی و مقدار خیلی کمی ماسه‌سنگ	۳/۳۲۲٤۷	۱۷/۹۳٥۱۸٥	۳۱۰-۳٥۰
مارن سبز و قهوه‌ای و رسوبات آبرفتی جدید و مقداری ماسه‌سنگ	٤/۷۲٤۸۸٦	۲٥/٥۰٥٦۳٦	۳٦۰-٤۰۰
رس و مارن قهوه‌ای و سبز با ماسه‌سنگ، مقداری توف‌های سبزرنگ	۰/۰۸۲۳۹۸	۰/٤٤٤۷۹۲	٤۱۰-٥۰۰
-	۱۰۰	٥۳۹/۸۱٤۸۰٤	-



شکل ۱٦: نمودار و رابطه‌ی رگرسیونی اختلاف ارتفاع و فرسایش با طبقات لیتولوژی

Figure 16: Chart and regression relation between height difference and erosion with lithology classes

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025



شکل ۱۷: پروفیل‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی حال و گذشته

Figure 17: Profiles extracted from digital elevation models past and present

با توجه به جدول (۲) پروفیل (۱۷ الف) کم‌ترین عرض تخریب شده حدود ۵/۵ کیلومتر و در پروفیل (۱۷ ت) بیش‌ترین تخریب عرضی یعنی ۱٤/٦ کیلومتر هست؛ شیب کناره‌ی سمت چپ رودخانه و سمت راست رودخانه در پروفیل (۱۷ الف) به‌ترتیب ۳۰/۷ درصد و ۵/۵ درصد و در پروفیل (۱۷ ت) ۷/۱ درصد و ۲/۸ درصد است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

جدول ۲- مقایسه مقدار اختلاف ارتفاع و فرسایش پروفیل‌های منطقه مورد مطالعه

Table 2- Comparison of the height difference and erosion profiles of the study area

لیتولوژی غالب	شیب کناره سمت راست بستر رودخانه در پروفیل	شیب کناره سمت چپ بستر رودخانه در پروفیل	عرض بستر فعلی رودخانه (متر)	عرض دره تخریب‌شده	عرض تخریب‌شده (کیلومتر)	شیب طول پروفیل به درصد	اختلاف ارتفاع (متر)	ارتفاع کف بستر درگذشته (متر)	ارتفاع کف بستر در حال (متر)	نام پروفیل
سازند کرج و تراس آبرفتی	۳۰/۷	۵/۵	۵۰	۱/ ۵ km	۵/۵	٤/٦	١٤٣	١٨١٣	١٦٧٠	p1
مارن‌های قهوه‌ای و سبزرنگ و تراس‌های آبرفتی	۱۷/۱	٦/٥	۷۵	۱/٤ km	۷	۳/۸	١٥٦	١٧١٣	١٥٤٨	p2
مارن‌های قهوه‌ای و سبزرنگ و تراس‌های آبرفتی	۱۰/۹	٤	۸٦	۹۷۲ m	۱۱	۳/۹	١٧٧	١٦٣٧	١٤٦٠	p3
رس و مارن سبز و قهوه‌ای و تراس‌های آبرفتی	۷/۱	۲/۸	۱۷۲	۷٦۳ m	١٤/٦	۳/۱	٣٧٥	١٦٩٥	١٣٢٠	p4
تراس‌های آبرفتی جدید و قدیم	–	–	–	–	–	۱/٥	١٥٩	١٨٢٢	١٦٦٣	p6

ارزیابی‌های انجام شده حاکی از آن است که پایین افتادگی نیمرخ‌ها با نزدیک شدن به قزل‌اوزن به‌تدریج بیش‌تر می‌شود و بستر دره از حالت U شکلی خارج می‌شود؛ این شکل از بستر نشان‌دهنده این است که هنوز فرسایش قهقرایی به‌طور کامل در محدوده موردنظر تأثیر نگذاشته است؛ یعنی از سراب به پایاب رودخانه، لندفرم‌ها متعادل‌تر می‌شوند (شکل ۱۷ الف، ب، پ، ت). پروفیل‌های ترسیم شده در امتداد قاعده مخروطه‌افکنه و مسیر کنونی تلخه‌رود در جهت جنوب شرق–شمال‌غرب، دال بر این است که با جریان منظم ماده و انرژی، مخروطه‌افکنه منظمی شکل گرفته و با اسارت رودخانه و وقوع بی‌نظمی در انرژی و ماده، نامتعادل شده است (شکل ۱۷ ث، ج). پروفیل قبل از اسارت تلخه‌رود، هیچ نشانه‌ای از بستر رودخانه را نشان نمی‌دهد. پس از وقوع اسارت، نیمرخ طولی تلخه‌رود خود را با شرایط محیط وفق داده است. پروفیل‌های ترسیم شده در امتداد خط الراس سمت راست و چپ رودخانه ترسیم در شرایط کنونی و مقایسه آن‌ها با توپوگرافی گذشته حاکی از آن است که رژیم ماده و انرژی سرشاخه‌ها پایدار بوده و آبراهه‌ها کم‌تر بستر خود را حفر نموده‌اند (شکل ۱۷ چ، ح). پروفیل‌های بعد از اسارت تلخه‌رود نشان‌دهنده یک

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

فرسایش نسبتاً شدید ناشی از بر هم خوردن رژیم دبی و رسوب و تسلط فرسایش قهقرایی در سرشاخه‌های حوضه است.

نتیجه‌گیری

پدیده‌ی اسارت و انحراف در حوضه قزل‌اوزن ازجمله دلایل تغییرات سطح اساس و وقوع بی‌نظمی حوضه در طی کواترنری است؛ یک حوضه با گذشت زمان تقریباً متقارن می‌شود یعنی ساحل سمت چپ و راست آن طی زمان هم‌اندازه می‌گردد. امکان دارد تکتونیک سبب برهم خوردن چنین وضعیتی شود؛ اما عامل اصلی در بخش‌های زیادی از قزل‌اوزن، تغییر مسیر سرشاخه‌ها بوده است. کوتاه‌تر بودن طول آبراهه‌ها در یک‌طرف رودخانه نسبت به‌طرف دیگر قزل‌اوزن، حاکی از تغییر مسیر رودخانه است. قسمتی که طول آبراهه‌ها خیلی کوتاه است امتداد مسیر قبلی رودخانه را نشان می‌دهد. بررسی روند آشوبناکی منطقه مهرآباد حاکی از آن است که در طی کواترنری، سطح اساس قزل‌اوزن تغییرات بسیار زیادی داشته است. طبق یافته‌های Abasi (2015) بالاترین تراس آبرفتی در ژئونرون زنجان ۱۲۲۰ متر است که با بستر فعلی قزل‌اوزن در ارتفاع ۱۰۵۵ متر، ۱٦٥ متر اختلاف ارتفاع دارد. تغییر سطح اساس قزل‌اوزن باعث تسلط فرسایش قهقرایی در رودخانه کوچکی شده که در امتداد زنجان رود به قزل‌اوزن متصل می‌شده است. فرسایش قهقرایی بخشی از آبراهه‌های دامنه‌های شمالی ارتفاعات جنوبی زنجان رود را به اسارت رودخانه درآورده و رودخانه جدیدی به نام تلخه‌رود شکل گرفته است. آشوب بجا مانده از این تغییر، مخروط‌افکنه ۱۱۰ کیلومترمربعی به همراه دشت‌سر تراکمی با تیپ مخروط‌افکنه به‌هم‌پیوسته است که در حال حاضر هیچ حوضه آبریزی از بالادست با آن در ارتباط نیست؛ چراکه با تغییر مسیر تلخه‌رود، یک پایین‌افتادگی ناگهانی در رأس مخروط‌افکنه قدیمی به‌وجود آمده که مسیر کنونی تلخه‌رود از آن می‌گذرد. اختلاف ارتفاع سطح مخروطه‌افکنه با بستر فعلی تلخه‌رود ١٦٤ متر است که با تغییر سطح اساس محلی رودخانه‌ی کوچکی که قبلاً به‌طور مستقل به قزل‌اوزن متصل می‌شده همخوانی دارد. نتایج حاکی از آن است که بین اختلاف ارتفاع سطح فرسایش یافته، مساحت سطح فرسایش یافته و لیتولوژی یک رابطه مستقیمی وجود دارد و با نزدیک شدن به محل سطح اساس (مصب تلخه‌رود به قزل‌اوزن) در لایه‌های سست، مقدار فرسایش به‌شدت افزایش یافته است. ساحل سمت چپ تلخه‌رود، سرشاخه‌های متعددی دارد، در صورتی‌که ساحل سمت راست فاقد آبراهه طولانی است. تفاوت ارتفاعی در سواحل حوضه‌های آبریز امر اجتناب‌ناپذیری است؛ اما زمانی که تفاوت ارتفاع همراه با طول آبراهه‌ی کم‌تر و وجود رسوبات آبرفتی دیاژنز نشده در خط تقسیم آب باشد، حاکی از تغییر مسیر رودخانه است. علاوه بر آن منحنی‌های میزان با سینوس‌های عمیق در بین و پایین‌دست منحنی‌های میزان صاف تا سینوسی ساده در حوضه تلخه‌رود دلیلی بر تغییر مسیر رودخانه هست؛ هر چه منحنی‌های میزان صاف‌تر باشند یعنی طول مدت‌زمان تعادل محیطی بیش‌تر بوده و هرچه پالس‌های عمیق داشته باشند یعنی تعادل محیطی به‌تازگی برهم خورده است (فرسایش قهقرایی بر آن‌ها مسلط شده است).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

References

- Abbasi, A. R., Elamizadeh, H., (2010), "Analyzing the role of neotectonic in morphology and drainage network behavior (Case study: Anjiran basin)", ***Journal of Geography and Regional Planning***, 1: 57-75. [In Persian].
- Abbasi, M., (2015), "Geomorphologic observation of alluvial alleys of rivers in Iran (Case study: Ghazlazan river)", Master's thesis, Faculty of Literature and Humanities, Zanjan University. [In Persian].
- Alae Taleghani, M., (2009), "***Iranian geomorphology***", Tehran:Gomes publication. [In Persian].
- Bakhtiari, F., (2015), "Geomorphologic thresholds (case study: Ghazlazan catchments basin)", Master's thesis, Faculty of Literature and Human Sciences, Zanjan University. [In Persian].
- Cook, R. U., Doornkamp, J. C., (1990), "***Geomorphology in environment management***", Second Edition, Clarendon Press: Oxford.
- Dadashzadeh, Z., Goli-Mokhtari, L., Ara', H., (2014), "Kias extinction and unpredictable developments in Ardebil's hole", ***geography Magazine and Environmental Planning***, 55(3): 231-242. [In Persian].
- Diru, M., (2011), "***The basics of geomorphology***", Translation of Khayyam, Maghsood. Tabriz: Mutahen Publications. [In Persian].
- Dombrádi, E., Timár, G., Bada, G., Cloetingh, S., Horváth, F., (2007), "Fractal dimension estimations of drainage network in the Carpathian–Pannonian system", ***Global and Planetary Change***, 58: 197–213.
- Frascati, A., Lanzoni, S., (2010), "Long-term River meandering as a part of chaotic dynamics? A contribution from mathematical modelling", ***Landforms***, 35: 791-802.
- Geological Survey of Iran, (2001), "***Geological map with scale 1: 00000***", Shet Mahanshan, Tehran: Geological survey of Iran. [In Persian].
- Jafari, H., Bakhtiari, F., (2016), "Hydro-geonoretic survey of Gezel-Ozan hydrological basin", ***Geography and Development***, 45: 221-242. [In Persian].
- Jianhua, X., Yaning, C., Weihong, L., Minhe, J., Shan, D., (2009), "The complex nonlinear systems with fractal as well as chaotic dynamics of annual runoff processes in the three headwaters of the Tarim River", ***Geogr Sci***, 19: 25-35.
- Kamaneh, A., Naderi, P., Taheri, M., Saket, M., (2011), "Spatial analysis of the Karp basin with the support of geomorphic and hydrologic arguments", ***Regional Planning Quarterly***, 1: 71-84. [In Persian].
- Karam, A., (2010), "Chaos theory, fractal (Split) and nonlinear systems in geomorphology", ***Journal of Natural Geography,*** 8: 67-82. [In Persian].
- Khatibi, R., Sivakumar, B., Ghorbani, M. A., Kisi, K., Koçak, K., Farsadi Zadeh, D., (2012), "Investigating chaos in river stage and discharge time series", ***Journal of Hydrology,*** 414-415: 108-117.
- Mather, A. E., Harvey, A.M., Stokes, M., (2000), "Quantifying long-ton catchments changes of alluvial fan system", ***Geological of America Bulletin***, 112 (12): 1825-2833.
- Milliman, J. D., Syvitski, J. P. M., (2013), "Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers", ***The Journal of Geology***, 100 (5): 525-544.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 18:43 IRDT on Friday April 4th 2025

- Mokhtari, D., (2009), "The role of non-river flows in morphological changes in the course of the canals. Case study: Baghalar river in the northern slopes of Moghagh (Northwest of Iran)", ***Geographic Space Magazine***, 26: 113-135. [In Persian].
- Nader Sefat, M. H., (1997), "Fundamental theories in geomorphology", ***Journal of the Development of Geography Education***, 11: 25-31. [In Persian].
- Nicolis, C., (1987), "Long-term climatic variability and chaotic dynamics", ***Journal Dynamic Meteorology and Oceanography***, 39 (1): 1-9.
- Ramesht, M. H., (2013), "***Geomorphologic maps (Symbols and permissions)***", Tehran: Samt Publishing. [In Persian].
- Rostam Khani, A., (2014), "Monitoring the geochemistry structure of Ghezloosin bedrowers", Master thesis, Faculty of Literature and Humanities, Zanjan University. [In Persian].
- Sadegh Movahed, M., Hermanis, E., (2011), "Fractal analysis of river flow fluctuations", ***Physica A: Statistical Mechanics and its Applications***, 387 (4): 915-932.
- Sattari, A., (2016), "Study of the neotectonic condition of the Takhlehroud basin in Zanjan with emphasis on morphometric indices", Master thesis, Faculty of Literature and Humanities, Zanjan University. [In Persian].
- Schummonf, S. A., (1977), "***The fluvial system***", John Wiley and Sons, New York.
- Seyyed Javadin, S. R., Amirkabiri, A. R., (2005), "***A comprehensive review on management and organization theories***", Tehran: Knowledge View. [In Persian].
- Solomon Pour, S. M., Sufi, M., Ahmadi, H., (2010), "Evaluation of topographic thresholds and factors affecting the sedimentation and expansion of gullies in the province of Neyriz Fars", ***Journal of Rangeland and Watershed Management***, 63 (1): 50-53. [In Persian].
- Tokhmehchi, B., (2004), "Using fractal geometry to simulate topographic levels", ***Amir Kabir Journal***, 15 (59): 41-53. [In Persian].
- Zhou, Y., Ma, Z., Wang, L., (2002), "Chaotic dynamics of flood series in the Huaibei River Basin for the last 500 years", ***Journal of Hydrology***, 258: 100-110.
- Yamani, M., Kamrani Dalir, H., (2010), "The effect of base level in the morphology of the river basin of the Sefidrud delta", ***Geological Quarterly of Iran***, 16: 61-74. [In Persian].