

Investigating the Role of the Movements of Khorram Abad's Hidden Thrust Fault in the Evolution of Khorram Abad River's Drainage System

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Arian Tabar H.¹ PhD,
Jabbari E.*¹ PhD,
Farahpour MM.² PhD

How to cite this article

Arian Tabar H, Jabbari E, Farahpour MM. Investigating the Role of the Movements of Khorram Abad's Hidden Thrust Fault in the Evolution of Khorram Abad River's Drainage System. Geographical Researches. 2021;36(2):205-216.

¹Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran

²Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Lorestan, Iran

*Correspondence

Address: Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Abrissham Garden, Kermanshah, Iran. Postal Code: 6714414941.

Phone: +98 (83) 34283907

Fax: +98 (83) 34283907

ir_jabbari@yahoo.com

Article History

Received: October 10, 2020

Accepted: February 06, 2021

ePublished: June 16, 2021

ABSTRACT

Aims Khorram Abad plain is located in the folded Zagros zone and its River, as one of the main rivers discharging to Karkheh River, flows through this plain. This region is highly influenced by the neotectonic activities of this fault since Khorram Abad's hidden and active fault is located in this region. Therefore, the current study aimed at the investigation of the effect of this fault's activities on the morphological activities of Khorram Abad River.

Methodology This is an empirical study that is quantitative in terms of used data and calculations. Remote-sensing techniques, geometrical indices, aerial photos, satellite images, and field studies are used in the current research. For this purpose, the river's route was divided into five subzones to be more precise. Then, the aerial photos taken in 1955 were compared to Google Earth's 2016 images in GIS. Geometrical indices such as the gradient of the river's slope and sinuosity of the mentioned five subzones were calculated by the digitization of the river's route in AutoCAD; the profiles and the changes in the alluvial terraces were measured through field observations.

Findings Khorram Abad River's geometrical indices indicated that Khorram Abad's anticline and its upstream regions are upheaving and the downstream regions are subsiding or staying in their previous positions. This ascending trend has been followed by an increase in the average river's slope has changed the number of the tributaries and geometrical properties of the river.

Conclusion The primary reason for the morphological changes in the Khorram Abad River is the geological movements. Then, the movements of Khorram Abad hidden thrust fault were the most important factors changing the morphology of Khorram Abad River in the studied period.

Keywords Morphological Evolutions; Morphotectonic; Khorram Abad; Hidden Fault; Drainage System

CITATION LINKS

[Aliyannezhadi A, et al; 2020] Evaluation of GPR method in identification ...; [Azizi G, Rowshani M; 2008] Using mann-kendall test to recognize of ...; [Bahrami Sh; 2013] Analyzing the drainage system anomaly ...; [Brooks GR; 2003] Holocene lateral channel migration ...; [Bottari C, et al; 2020] How to reveal unknown hidden faults and ...; [Bonforte A, et al; 2012] Soil gases and SAR measurements ...; [Carvalho J, et al; 2008] Geophysical characterization of the ...; [Corrêa Alves F, et al; 2020] Detecting neotectonics in the lowlands ...; [Elamin HI, Abdelsalam MG; 2012] Morpho-tectonic analysis of the Tekeze ...; [Jafari GH, Mehdi A; 2018] Investigating the role of tectonics in the ...; [Jain V, Sinha R; 2005] Response of active tectonics on the ...; [Keller EA, Pinter N; 2002] Active Tectonics: Earthquakes, Uplift ...; [Liu J, et al; 2019] Tectonically controlled evolution ...; [Malik JN, et al; 2014] Active fault study along foothill zone of Kumaun ...; [Merritts D, et al; 1994] Long river profiles, tectonism ...; [Pérez JV, et al; 2010] Active tectonics in the sierra ...; [Peters G, et al; 2007] Tectonic geomorphology of the ...; [Petrovszki J, et al; 2014] Is sinuosity a function of slope ...; [Phan DP, et al; 2019] Neotectonic (Miocene to recent) ...; [Radoane M, et al; 2003] Geomorphological evolution ...; [Ramesht Ara H, et al; 2012] Assessing the accuracy ...; [Rebecca AH, et al; 2011] Bed load transport in bedrock ...; [Resmi MR, et al; 2017] Middle to late holocene paleochannels ...; [Repka JL, et al; 1997] Cosmogenic dating of fluvial ...; [Rezouki I, et al; 2020] Contribution of gravity and ...; [Cervera Heinlein SN; 2013] Spatial patterns of geomorphic ...; [Schoenbohm LM, et al; 2014] Geomorphic constraints on surface ...; [Silva PG, et al; 2003] Fault-generated mountain fronts ...; [Simpson CJ, et al; 1999] Fluvial geomorphology of the sand ...; [Zamolyi A, et al; 2010] Neotectonic control on river sinuosity ...; [Zhang T, et al; 2019] Geomorphic evolution and neotectonics ...; [Woolderink HAG, et al; 2021] Patterns in river channel sinuosity ...

بررسی نقش جنبش‌های گسل پنهان راندگی خرم‌آباد در تحول سامانه زهکشی رودخانه خرم‌آباد

حبیب آربین تبار PhD

گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

ایرج جباری PhD*

گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

محمد مهدی فرهپور PhD

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

چکیده

اهداف: دشت خرم‌آباد در واحد زاگرس چین‌خورده واقع شده است و رودخانه خرم‌آباد که یکی از سرشاخه‌های اصلی رود کرخه است از میان این دشت می‌گذرد. از آنجا که گسل پنهان و فعال خرم‌آباد در این منطقه واقع گردیده است این منطقه به شدت تحت تاثیر فعالیتهای نوزمین‌ساختی این گسل قرار دارد. بنابراین در این تحقیق، هدف بررسی تاثیر فعالیتهای این گسل بر فعالیتهای ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است. ماهیت داده‌ها و محاسبات کمی و مبتنی بر استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور، شاخص‌های هندسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و اندازه‌گیری‌های میدانی است. در راستای بررسی تاثیر فعالیتهای گسل پنهان خرم‌آباد بر فعالیتهای ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد نخست مسیر رودخانه به پنج زیرپهنه تقسیم و سپس از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر گوگل ارث سال ۱۳۹۵ با پردازش در محیط GIS جهت مقایسه تغییرات استفاده گردید. با رقومی سازی مسیر رودخانه در محیط اتوکد، شاخص‌های هندسی گرادیان نشیب رود و مقادیر سینوسیتی برای ۵ زیرپهنه فوق در امتداد مسیر رودخانه مشخص گردید و با مراجعات میدانی نیم‌رخ طولی و تغییرات پادگانه‌های آبرفتی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: مقادیر به دست آمده از شاخص‌های هندسی رودخانه خرم‌آباد نشان می‌دهد در نتیجه حرکات گسل پنهان خرم‌آباد، تاقدیس خرم‌آباد و نواحی بالادست آن درحال فرازگیری و نواحی پایین دست درحال پایین افتادگی یا جاماندگی هستند. این روند، افزایش شیب میانگین در طول مسیر رودخانه را در پی داشته و این روند به صورت تغییر در تعداد و ویژگی‌های هندسی رودخانه تظاهر پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری: دلیل اصلی تغییرات ریخت‌زمین‌ساختی در رودخانه خرم‌آباد جنبش‌های زمین‌ساختی است. لذا با توجه به آنچه گفته شد، جنبش‌های گسل پنهان راندگی خرم‌آباد، مهم‌ترین عامل تغییردهنده ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد است.

کلیدواژه‌ها: تحولات ریخت‌شناسی، مورفوتکتونیک، خرم‌آباد، گسل پنهان، سامانه زهکشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

*نویسنده مسئول: Ir_Jabbari@yahoo.com

مقدمه

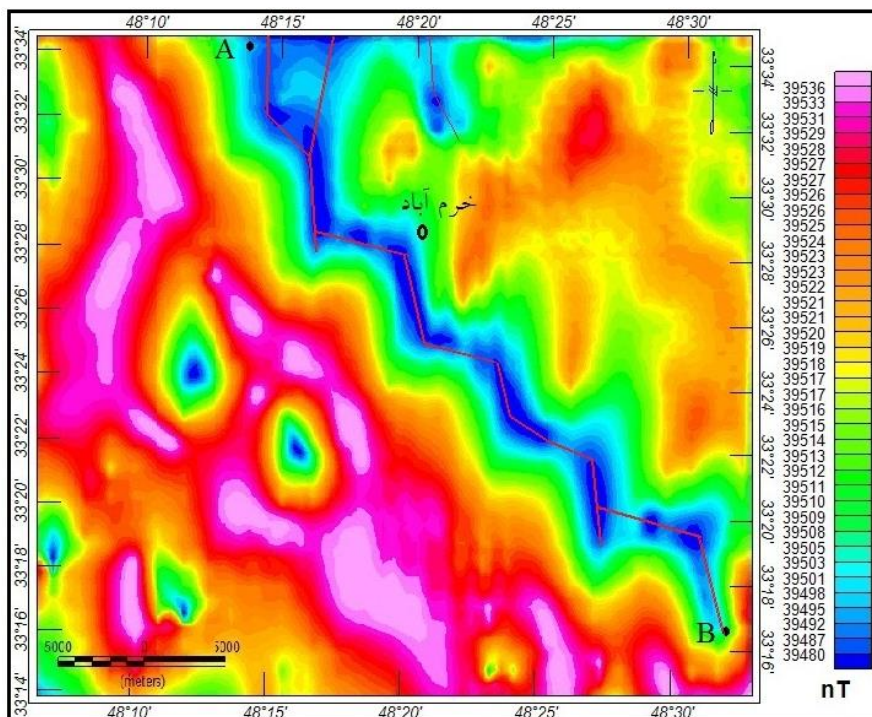
واکنش سامانه‌های رودخانه‌ای به جنبش‌های زمین‌ساختی، تغییرات کاربری زمین و تغییرات آب و هوایی، یکی از بخش‌های فعال در پژوهش‌های زمین‌ریخت‌شناسی است. دلیل این امر نخست تمایل محققان به توسعه نظریه‌های کمی در مورد فرآیندها و انواع واکنش‌های رودخانه‌ای در مقابل عوامل بالا و سپس امکان

فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی

بازسازی شرایط حاکم در گذشته از طریق بررسی ریخت‌شناسی رودخانه‌های عصر حاضر است [Zamolyi et al., 2010; CorrêaAlves et al., 2020]. رویداد فعالیت‌های زمین‌ساختی در یک ناحیه، که موجب فرارانش، فرونشینی و یا جابه‌جایی افقی یا قائم در طول گسل‌ها می‌شود آثاری محسوس بر سیستم‌های رودخانه‌ای دارد [Pérez et al., 2010: 74; Jafari et al., 2019; Phan et al., 2019; Zhang et al., 2019]. به طوری که در پی آن، تغییراتی در شیب کف دره‌ها ایجاد شده و در نتیجه ویژگی‌های هندسی رودخانه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند [Woolderink et al., 2021; Schoenbohm et al., 2004: 895; Pérez et al., 2010: 74; Keller & Pinter, 2002: 331; Peters et al., 2007: 154]. اثر این فعالیت‌ها بر روی رودخانه‌ها، به صورت تغییر در نوع شبکه رودخانه‌ای و عمل انباشت یا کاوش رودخانه نیز ظاهر می‌شود [Resmi et al., 2017]. کند بودن عمل کاوش رودخانه نسبت به فرازگیری یک ناحیه، از هم پاشیدن شبکه آبراهه‌ای موجود و سرعت زیاد آن، تشدید فرسایش در رأس آبراهه‌ها را به دنبال خواهد داشت [Jain et al., 2005; Liu et al., 2019; Keller & Pinter, 2002]. در واقع می‌توان گفت بین حرکات زمین‌ساختی و تغییرات سامانه رودخانه‌ای، نوعی تعامل وجود دارد و واکنش سامانه‌های رودخانه‌ای به فعالیتهای زمین‌ساختی، به شدت و نوع این فعالیتهای و اندازه نسبی رودخانه وابسته است [Peters et al., 2007; Bahrami, 2013; Elamin et al., 2012; Keller & Pinter, 2002: 154]. مثال جایجایی‌های قائم در مقیاس چند سانتی‌متری در امتداد یک گسل، تنها توانایی منحرف کردن جویبارهای کوچک و ایجاد انفصال در مسیر آن را دارند، ولی در صورت شدت یافتن حرکات زمین‌ساختی در بین محدوده شیب ۷٪ الی ۲ درصد، افزایش شیب بستر رودخانه افزایش تموج را در پی خواهد داشت و کاهش شیب در این محدوده می‌تواند کاهش تموج ماندگرهای رودخانه را در پی داشته باشد [Jain et al., 2005; Keller & Pinter, 2002: 154]. تغییرات زمین‌ریختی مربوط به فعالیتهای زمین‌ساختی فقط مختص گسل‌های آشکار نیست؛ در بعضی موارد که گسیختگی گسل‌ها به طور کامل به سطح زمین نرسیده و یا برخی عوامل طبیعی همانند آبرفت‌های کواترنر این گسل‌ها و خطواره‌ها را پوشانده باشد آن‌ها را گسل پنهان می‌نامند. فعالیتهای این گسل‌ها می‌تواند همانند گسل‌های آشکار تاثیر فراوانی در زمین‌ریخت‌شناسی منطقه بر جای بگذارد [Bonforte et al., 2012; Rezouki et al., 2020; Aliyannezhadi et al., 2020; Bottari et al., 2020]. به عنوان مثال فعالیت زمین‌ساختی در امتداد گسل‌های پنهان در رسوبات کواترنری در منطقه اوتا-ویلا فرانکا در کشور پرتغال موجب بالاآمدگی و تغییر سطح اساس محلی در رودخانه تاگوس شده‌است که این خود باعث عمیق شدن مجاری رودخانه، انحراف رودخانه و فرسایش در منطقه بالادست شده است [Carvalho et al., 2008]. در منطقه کومروچ در شبه جزیره کامچاتکا در روسیه نیز

این خطواره با روند شمال غرب جنوب شرقی و در بخش میانی منطقه مورد مطالعاتی عمود بر رودخانه خرم‌آباد واقع شده است. این خطواره با طول حدود ۳۸ کیلومتر از فاصله حدود ۳ کیلومتری جنوب شهر خرم‌آباد عبور می‌کند، شکل ۱.

فعالیت گسل‌های پنهان به‌عنوان عامل توسعه عرضی و عمیق شدگی در نیمرخ طولی رودخانه شناخته شده است [Cevera, 2013]. نتایج حاصل از تفسیر نقشه‌های مغناطیسی در منطقه خرم‌آباد بیانگر وجود یک خطواره مغناطیسی در این منطقه است.



شکل ۱) خطواره استخراج شده براساس نقشه‌های مغناطیس‌سنجی



شکل ۲) رخنمون‌های گسل خرم‌آباد در دامنه کوه یافته و سپس ناپدید شدن گسل خرم‌آباد در دشت خرم‌آباد

غرب-جنوب شرق امتداد یافته است. این پشته در واقع نوعی پشته مرتبط با گسل خرم‌آباد است و نشانگر وجود این گسل در زیر این رسوبات به صورت پنهان است. با توجه به عبور رودخانه خرم‌آباد از روی گسل پنهان راندگی خرم‌آباد، ارتباط زمین ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد با فعالیت‌های زمین‌ساختی این گسل یا به عبارت دیگر نقش فعالیت زمین‌ساختی گسل پنهان خرم‌آباد در ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد موضوع اصلی این تحقیق است.

ادامه خطواره خرم‌آباد در پیمایش به سوی جنوب شرق در دشت خرم‌آباد ناپدید می‌شود (شکل ۲). با وجودی که فعالیت‌های مختلف انسانی تا حدود زیادی باعث از بین رفتن و تسطیح رخنمون‌های خطواره گسل خرم‌آباد در این دشت شده است، اما مشاهدات میدانی وجود پشته توپوگرافی ملایمی را در رسوبات Qt2 اطراف روستای چغاهروشی واقع در جنوب غرب شهر خرم‌آباد نشان می‌دهد. این پشته با ارتفاع ۳ تا ۴ متر و طول حدود ۱۶۰۰ متر با جهت شمال

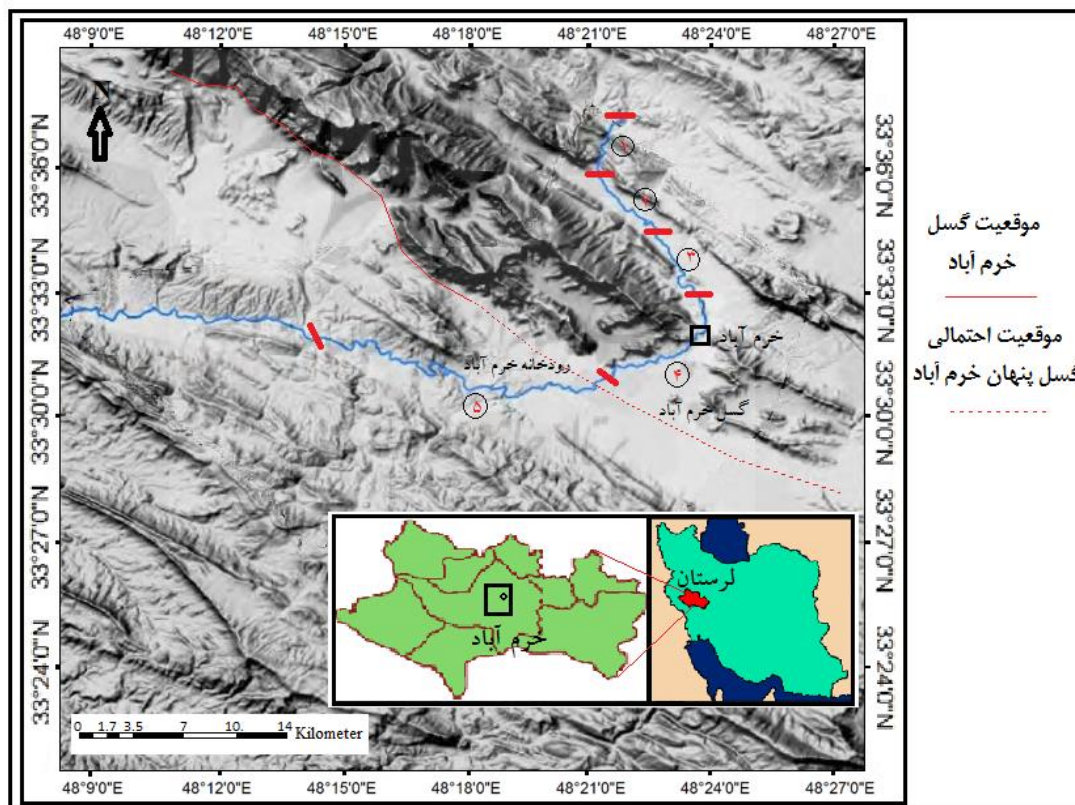
سنگ‌های کربناته گرو و سروک با سن کوتاه است سازندهای جوان‌تر به ترتیب سن در جایگاه ساختاری خود قرار گرفته‌اند. جوان‌ترین سازند سنگی در منطقه، نهشته‌های مارنی تبخیری میوسن است که بخش‌هایی از آن تنها در یال شمال‌شرقی تاقدیس خرم‌آباد دیده می‌شود. گسل پنهان خرم‌آباد به موازات تاقدیس خرم‌آباد در یال جنوبی این تاقدیس واقع شده است.

مهم‌ترین رود این منطقه رودخانه خرم‌آباد است. این رود یکی از سرشاخه‌های رود کرخه با میانگین دبی سالانه ۱۰ متر مکعب در ثانیه و آورد ۳۱۵ میلیون مترمکعب در سال است. این رود از بخش تنگ شبیخون در شمال غرب خرم‌آباد پس از طی حدود ۳۰ کیلومتر با گذر از میانه شهر خرم‌آباد و عبور از عرض گسل پنهان خرم‌آباد با شیب عمومی ۸۸٪ وارد دشت خرم‌آباد می‌شود. رودخانه خرم‌آباد در مسیر خود از عرض تاقدیس خرم‌آباد و از روی گسل پنهان خرم‌آباد می‌گذرد. گسل پنهان خرم‌آباد با راستای شمال غرب-جنوب شرق پس از عبور آشکار از دامنه کوه‌های یافته و سفید کوه وارد دشت خرم‌آباد می‌شود و به صورت پنهان در زیر رسوبات کواترنر این دشت در همین راستا به طول ۳۸ کیلومتر امتداد می‌یابد و از جنوب شهر خرم‌آباد می‌گذرد. لذا محدوده مورد نظر در این تحقیق از نقطه ورود این رودخانه به محدوده شهر خرم‌آباد یعنی تنگ شبیخون در ۳۰ کیلومتری شمال غرب خرم‌آباد تا حدود ۲۰ کیلومتری جنوب خرم‌آباد موضوع اصلی این تحقیق است. (شکل ۳)

این تحقیق آشفته‌گی‌های زمین ریختی رخ داده در سامانه زهکشی رودخانه خرم‌آباد و ارتباط این آشفته‌گی‌های زمین‌ریختی رخ داده با فرارانش گسل پنهان راندگی خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این که گسل خرم‌آباد بخشی از یک گسل اصلی پنهان در نوار زاگرس است، اثبات پویایی آن به منظور استفاده در ارزیابی و پیش‌بینی رفتار زمین‌ریختی سامانه زهکشی رودخانه خرم‌آباد و حتی برنامه‌ریزی‌های شهری، اهمیت ویژه‌ای دارد. از این رو شناسایی آشفته‌گی‌های روی داده در سامانه زهکشی رودخانه خرم‌آباد در نتیجه فرارانش گسل پنهان خرم‌آباد می‌تواند به انتخاب اقدامات مناسب جهت مقابله با رفتار رودخانه در آینده کمک کند. هدف از این پژوهش، ارزیابی تاثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی گسل پنهان خرم‌آباد در ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد بود.

روش‌شناسی

شهر خرم‌آباد در پهنه ساختاری لرستان واقع در کمربند چین خورده زاگرس در میان تاقدیس خرم‌آباد جای گرفته است. تاقدیس خرم‌آباد بر روی دیواره بلند گسل پنهان راندگی خرم‌آباد و در جهت شمال‌غربی-جنوب‌شرقی یعنی به موازات جهت اصلی رشته کوه زاگرس واقع شده است. از لحاظ ساختار زمین‌شناسی تاقدیس خرم‌آباد یک تاقدیس با پهنای نزدیک به ۱۵ و درازای ۷۰ کیلومتر است که از تاقدیس‌های به نسبت بزرگ این بخش از زاگرس بلند به شمار می‌رود. کهن‌ترین سازند برونزد یافته در هسته آن،



شکل ۳) نقشه موقعیت گسل پنهان و رودخانه خرم‌آباد در منطقه و پهنه‌های تعیین شده برای بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد

نرم‌افزاری اتوکد به دست آمد و تغییرات ایجاد شده در تموج و تعداد مآندره‌های رودخانه استخراج گردید.

به منظور بررسی تغییرات میزان تموج مآندره‌های رودخانه خرم‌آباد از شاخص S یا ضریب تموج استفاده شد [Petrovski et al., 2014]. این ضریب از نسبت طول مجاری رودخانه به فاصله مستقیم همان مسیر مطابق رابطه ۲ به دست می‌آید [Petrovski et al., 2014].

$$S = L_a / L_s \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه S، ضریب تموج، L_a طول رودخانه و L_s طول مستقیم دره است. هرگاه مقدار این پارامتر به یک نزدیک‌تر باشد، بیان‌گر پهنه فعال از نظر زمین‌ساختی است. افزایش در مقدار S بیانگر کاهش در فعالیت زمین‌ساختی منطقه و حاکی از نزدیک شدن رودخانه به حالت تعادلی است [Petrovski et al., 2014].

از آنجا که نیمرخ‌های طولی رودخانه ابزار توانمندی برای تشخیص آشفتگی‌های ملایم روی داده در امتداد یک رودخانه هستند و در واقع چگونگی انعکاس حرکات زمین ساخت را در نیمرخ طولی رودخانه نشان می‌دهد لذا از نیمرخ طولی رودخانه به عنوان شاخص چهارم برای نشان دادن عملکرد گسل پنهان استفاده شده است [Radoane et al., 2003]. بنابراین به منظور بررسی چگونگی انعکاس جنبش‌های زمین‌ساختی نیمرخ طولی رودخانه خرم‌آباد براساس داده‌های مدل ارتفاع رقومی ۱۰ متر منطقه تهیه و مورد بررسی قرار گرفت.

در مرحله بعد منظور بررسی سطح پادگانه‌های آبرفتی در سه منطقه پایین‌دست، میان دست یا میانه طاقدیس و بالادست رودخانه خرم-آباد نقاطی گزینش و بازدید شده است. آنچه در این نقاط مورد توجه قرار گرفته، شناسایی و جداسازی پادگانه‌های رودخانه‌ای با سن‌های نسبی مختلف و دسته‌بندی و اندازه‌گیری ارتفاع نسبی آنها بوده است. برای تعیین سن نسبی آنها از جایگاه زمین ریختی، توالی قرارگیری، ویژگی‌های رسوب‌شناسی و ارتباط چینه‌شناسی آنها کمک گرفته شده است. مجاری آبرفتی رودخانه‌ها علاوه بر شیب، نسبت به تغییرات دبی و رسوب خود بسیار حساس هستند بسیاری از تغییراتی که در طول زمان در ریخت‌شناسی و الگوی رودخانه روی می‌دهند، ممکن است به تغییرات مذکور مرتبط باشند. برای نمونه در یک دبی معین آبراهه‌های با شیب، سرعت و بار رسوب کم، به صورت آبراهه‌های مستقیم هستند و اگر این عوامل بیشتر شوند، آبراهه به صورت مآندری و اگر خیلی زیاد گردند، آبراهه به صورت چند شاخه‌ای در خواهد آمد [Merritts et al., 1994; Brooks et al., 2003; Repka et al., 1997].

لذا جهت ارزیابی تغییرات دبی و رسوب رودخانه خرم‌آباد روند تغییرات دبی و رسوب این رودخانه براساس داده‌های موجود در طول دوره آماری ۵۶ ساله یعنی از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۹۰ مربوط به ایستگاه چم انجیر واقع در پنج کیلومتری جنوب شهر

به منظور بررسی نقش جنبش‌های گسل پنهان راندگی خرم‌آباد در تحول سامانه زهکشی رودخانه خرم‌آباد، نخست بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی مسیر رودخانه خرم‌آباد مشخص شد. سپس بر پایه تغییرات زیرساختی و به منظور بررسی نقش فرآیندهای زمین‌ساختی بر رفتارشناسی و ریخت‌شناسی رودخانه ۵ زیرپهنه در امتداد مسیر مورد مطالعه براساس گذر عرضی یا طولی رودخانه از ساختارهای زمین‌شناسی، مرز تغییرات ساختاری، تغییر در رژیم هیدرولیکی و تغییرات ریخت زمین‌ساختی مشخص گردید. (شکل ۳)

به منظور بررسی وجود و نقش جنبش‌های زمین‌ساخت جدید در امتداد رودخانه خرم‌آباد شاخص گرادیان نشیب رود یا SL به کار گرفته شد. شاخص SL به تغییرات نشیب مجاری رودخانه بسیار حساس است و این حساسیت اجازه می‌دهد که برآوردی از ارتباط میان پویایی زمین‌ساختی و آهنگ آن، مقاومت سنگ بستر و توپوگرافی آن داشته باشیم [Keller & Pinter, 2002]. بالا بودن مقدار این شاخص، نشان‌دهنده مناطق با فعالیت زمین-ساختی بالا و قدرت فرسایشی شدید در آبراهه‌ها و مقدار پایین آن مناطق با فعالیت کمتر زمین‌ساختی را نشان می‌دهد. این شاخص برای مسیر مشخص شبکه زهکشی براساس رابطه ۱ محاسبه و مشخص می‌شود.

$$SL = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه ΔH اختلاف فراز میان دو نقطه انتخابی در طول مسیر رود، ΔL فاصله افقی میان آن دو نقطه و L طول کل مجاری رودخانه از نقطه برگزیده شده تا مرتفع‌ترین نقطه مجاری رودخانه در بالادست رود است.

در مرحله بعد براساس نتایج به دست آمده، از مقدار شاخص SL از آهنگ حرکات فرارانشی در مسیر مجاری رودخانه خرم‌آباد، به منظور ارزیابی تأثیرات زمین‌ریختی این حرکات، تغییرات عرضی و طولی بستر رودخانه خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصاویر گوگل ارث سال ۱۳۹۵ استفاده شد. نخست عکس‌های هوایی اسکن شده سال ۱۳۳۴ خرم‌آباد و مناطق اطراف آن پس از تهیه از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در نرم‌افزار فتوشاپ، فتوموزائیک شده و سپس به محیط نرم افزار Arc GIS منتقل و با استفاده از نقاط ثابت مانند درخت‌ها، پل‌ها و روستاها زمین مرجع گردید. پس از ورود تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی به محیط نرم‌افزاری Arc GIS مسیر رودخانه خرم‌آباد در دو بازه زمانی مورد نظر بر روی این تصاویر رقومی شد و سپس مسیر رودخانه رقومی شده و با فرمت اتوکد از آن‌ها خروجی گرفته شد. پس از انتقال لایه‌های رقومی مسیر رودخانه به محیط نرم‌افزار اتوکد میزان تغییرات ایجاد شده در مسیر رودخانه براساس ۵ پهنه تعیین شد. سپس با استفاده از الگوی پیچش‌ها و دایره‌ای مماس بر آن‌ها برای هر دو دوره زمانی در محیط

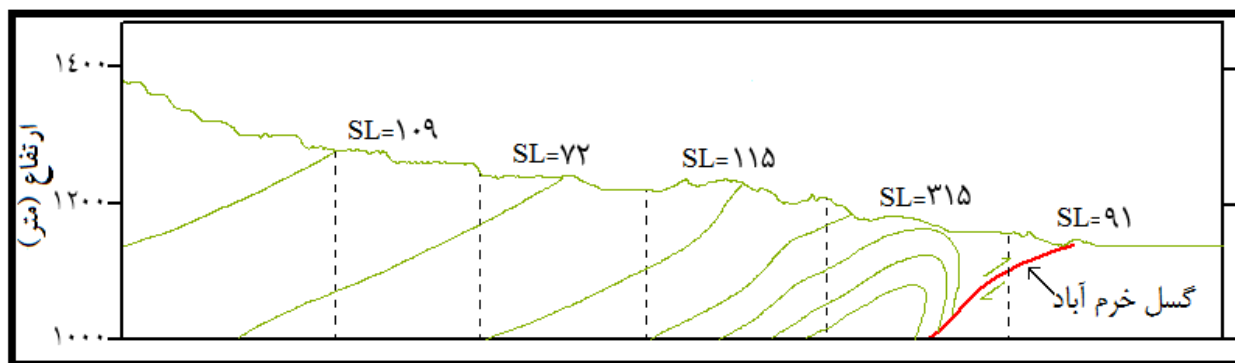
یافته‌ها

شاخص گرادیان نشیب رود (SL):

بررسی مقادیر شاخص SL نشان می‌دهد روند این شاخص در طول مسیر با شیب یکسانی تداوم ندارد، بلکه در قسمت‌های مختلف مسیر با تغییر همراه است. کمترین مقدار SL، متعلق به پهنه شماره ۲ و پس از آن پهنه شماره ۵ و بیشترین آن مربوط به پهنه شماره ۴ است. (نمودار ۱)

میان نمودار مربوطه نوشته شده است. کاهش مقدار SL در پهنه شماره ۲ و ۵ نشانگر کاهش نشیب بستر رود در این بخش‌ها است. با توجه به شکل ۳ دو عامل اصلی را در این کاهش می‌توان عنوان کرد.

خرم‌آباد با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. آزمون من-کندال یکی از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی به شمار می‌رود. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن در تحلیل روند سری‌های زمانی است. از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌شود [Azizi et al., 2008]. در این آزمون، آماره Z بزرگتر از ۱/۹۶ و ۲/۵۸ به ترتیب نشان دهنده روند معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد است. همچنین، در صورت مثبت بودن آماره Z روند سری داده‌ها، صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.



نمودار ۱) مقادیر SL برای پهنه‌های مختلف در امتداد رودخانه خرم‌آباد

خرم‌آباد دانست.

مآندرها و مقادیر سینوسیتهی پهنه‌های مختلف رودخانه خرم‌آباد

کمترین و بیشترین میزان تغییر در تعداد مآندرها در هر دو مقطع زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۹۴ به ترتیب مربوط به پهنه‌های شماره ۱ و ۵ است. (جدول ۱)

جدول ۱) تعداد مآندره‌های رودخانه خرم‌آباد در طول دو مقطع زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۹۴

پهنه‌ها	۱۳۳۴	۱۳۹۵	تفاوت
۱	۱۹	۱۸	- ۱
۲	۲۰	۲۱	+ ۱
۳	۱۸	۱۵	- ۳
۴	۲۸	۲۶	- ۲
۵	۳۶	۴۴	+ ۸

میزان کم تغییر در تعداد مآندرها در پهنه شماره یک را می‌توان به بستر سنگی آن نسبت داد. اما در پهنه شماره ۵ که در مجاور و پایین‌دست محور فرایش گسل پنهان خرم‌آباد واقع شده است حرکات قائم این گسل باعث افزایش نشیب کلی بستر رودخانه شده در نتیجه رودخانه برای ایجاد تعادل با ایجاد موج‌های جدید شیب مجاری رودخانه را کاهش داده است. کاهش تعداد مآندرها در پهنه‌های شماره ۳ و ۴ را که در بالادست محور فرایش قرار گرفته‌اند می‌توان به دو عامل نسبت داد؛ نخست تغییرات ناشی از فرازگیری

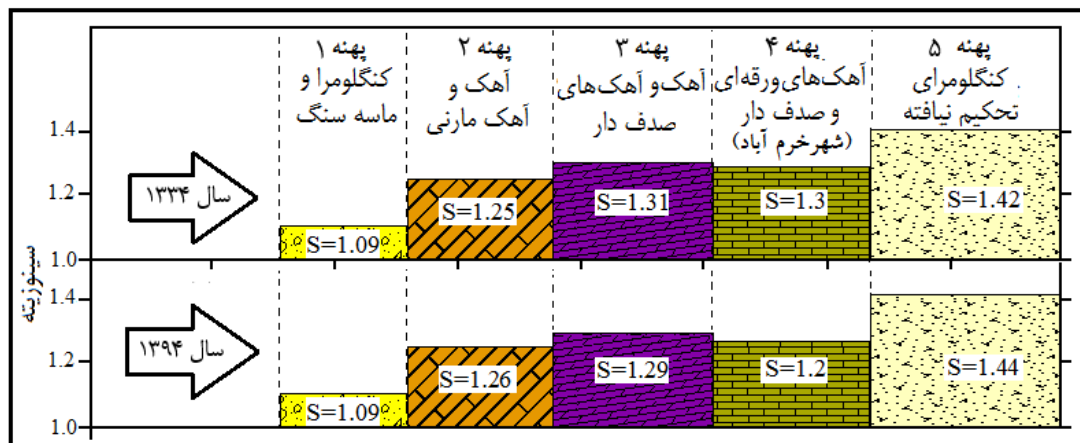
ترکیب سنگ‌شناسی سنگ بستر رودخانه در بازه‌های مختلف، در ساده‌ترین تفسیر، تأثیر سنگ‌شناسی نامقاوم بستر است. همان‌گونه که دیده می‌شود ترکیب سنگ‌شناسی این پهنه‌ها در کل امتداد مسیر اختلاف چشم‌گیری با یکدیگر ندارد. از این رو سنگ‌شناسی نمی‌تواند تأثیر چندانی داشته باشد از سوی دیگر رودخانه خرم‌آباد از گونه آبرفتی است و دخالت سنگ‌شناسی بستر در رفتار رودخانه را به کمترین مقدار رسانده است. عامل دوم قرارگیری پهنه شماره ۲ در بالادست مجموعه تاقدیس و گسل پنهان خرم‌آباد و قرارگیری پهنه شماره ۵ در پایین‌دست این دو عارضه طبیعی است. فرازگیری تاقدیس در بالادست گسل باعث پایین افتادگی یا جاماندگی منطقه پایین‌دست گسل شده است و این می‌تواند توجیه کننده مقدار کم SL یا به عبارت ساده‌تر عامل شیب کم بستر رودخانه در پهنه شماره ۵ باشد. از طرف دیگر فرازگیری یک تاقدیس به طور عمومی، رویداد نهشتگی در بالادست محور فرایش را به همراه خواهد داشت. اگر چه رسوب‌گذاری در این بخش، ورودی رود به محور تاقدیس را افزایش می‌دهد و گرادیان رود را در بالادست محور فرایش به همراه خواهد داشت، اما ورودی رود، سبب افزایش گرادیان پایین‌دست رود می‌گردد. این تأثیر را در افزایش مقدار SL در پهنه‌های شماره ۳ و به ویژه پهنه شماره ۴ به روشنی می‌توان دید. افزایش SL در پهنه ۴ را ناشی از قرارگیری آن در مجاورت محور اصلی فرایش و افزایش این مقدار در پهنه شماره ۳ را می‌توان در نتیجه کج شدگی رو به پشت یال شرقی تاقدیس، بر روی فرا دیواره گسل پس‌رانندگی

بنابراین در بخش آبرفتی رودخانه پهنه شماره ۲ از کمترین مقدار، پهنه شماره ۳ و ۴ کمی بیشتر و پهنه شماره ۵ از بیشترین مقدار برخوردار است.

مقادیر S به دست آمده از بازه زمانی دوم در مقایسه با بازه زمانی اول نشان می‌دهد که مقدار S در پهنه شماره ۱ بدون تغییر و در پهنه شماره ۲ دارای افزایش جزئی بوده است ولی در پهنه‌های شماره ۳ و ۴ مقدار S کاهش یافته و در پهنه شماره ۵ افزایش یافته است. (شکل ۴)

مجموعه ساختاری تاقدیس خرم‌آباد در نتیجه جنبش گسل پنهان راندگی خرم‌آباد و دوم فعالیت‌های انسانی از قبیل ساخت دیوار در سواحل رودخانه، لایروبی و تسطیح بستر و ساخت‌وساز در سواحل و بستر رودخانه مربوط دانست.

بررسی مقادیر سینوسیتهی پهنه‌های مختلف رودخانه خرم‌آباد برای دو بازه زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۹۴ نشان می‌دهد که در بازه زمانی اول پهنه شماره ۱ دارای کمترین مقدار بوده است که می‌تواند ناشی از محدود شدن رودخانه به دیواره‌های سنگی به نسبت مقاوم باشد.



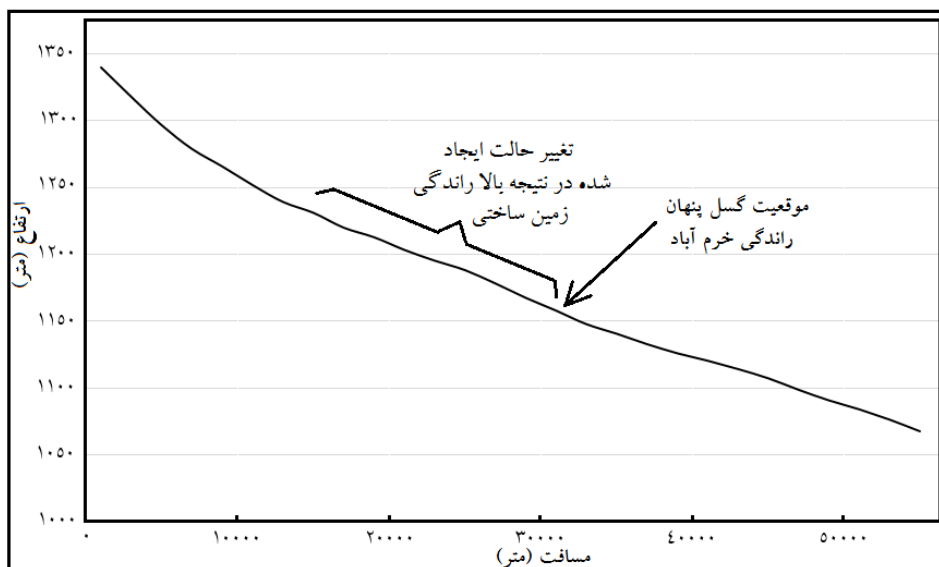
شکل ۴) مقادیر سینوسیتهی پهنه‌های مختلف رودخانه خرم‌آباد

ناشی از فرازگیری مجموعه ساختاری تاقدیس و گسل پنهان راندگی خرم‌آباد باشد.

نیمرخ طولی رودخانه خرم‌آباد

نیمرخ طولی تهیه شده از رودخانه خرم‌آباد نشان می‌دهد که نیمرخ عمومی بستر رود حالت کاوگونه دارد. تغییر حالتی که به طور ناهنجار در کیلومتر ۱۸ تا ۲۹ مسیر رودخانه دیده می‌شود، گویای رویداد آشفته‌گی در بستر رودخانه است. (نمودار ۲)

همخوانی میان تغییرات تعداد مآندرها، تغییرات SL و سینوسیتهی در این پهنه‌ها، نقش پویایی ساختاری را نشان می‌دهد. هر دگرشکلی زمین‌ساختی که نشیب دره رودخانه را تغییر دهد سینوسیتهی رود هم‌تراز آن و برای حفظ تعادل، نشیب مجاری رودخانه تغییر می‌کند. در اینجا نیز کاهش سینوسیتهی در بالادست محور فرایش یعنی پهنه‌های ۳ و ۴ و افزایش آن در پائین‌دست محور یعنی به طور مشخص در پهنه ۵ می‌تواند پاسخی به تغییرات



نمودار ۲) نیمرخ طولی رودخانه خرم‌آباد

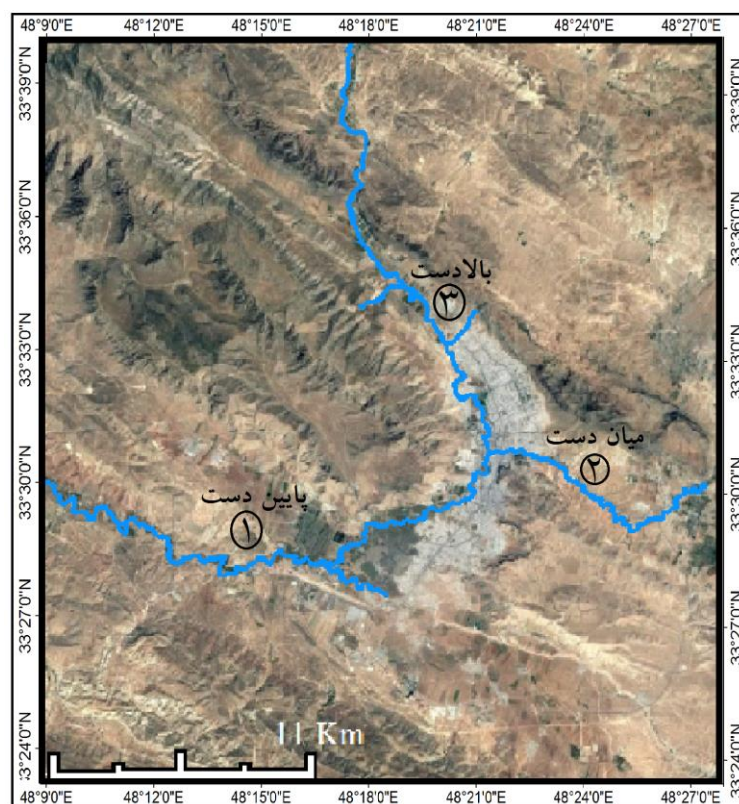
جهت افزایش مقاومت فرسایشی ندارد، دلیل آن را باید در تغییر ساختاری مسیر، جستجو کرد. از مقایسه جایگاه این تغییر با تغییرات سینوسی و SL، با اطمینان زیاد، می‌توان آن را ناشی از پویایی زمین‌ساختی تاقدیس خرم‌آباد و گسل‌های پیرامون آن دانست.

به طوری که فرایش بخش مرکزی تاقدیس سبب برهم‌خوردن تعادل فرازگیری فرسایش شده و نیمرخ بستر رود از حالت کاو به کوژ تبدیل شده است.

پادگانه‌های رودخانه‌ای پیرامون رودخانه

به منظور بررسی پادگانه‌های آبرفتی رودخانه خرم‌آباد در سه منطقه پایین‌دست، میان دست یا داخل تاقدیس و بالادست رودخانه خرم‌آباد نقاطی گزینش شده و مورد بررسی قرار گرفتند. (شکل ۵)

این آشفتگی به گونه‌ای است که باعث تغییر در شکل و ویژگی‌های دینامیکی جریان در این محدوده شده است. تاثیر این آشفتگی به طوری است که جریان رود در این محدوده در مقایسه به نواحی پایین‌دست و بالادست که از نوع جریان آرام است دارای جریانی متلاطم‌تر با سرعتی به مراتب بیشتر است. اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی سرعت جریان با استفاده از روش جسم شناور که در ده مرحله در فصل تابستان برای هر محدوده انجام شد نشان می‌دهد که میانگین سرعت اندازه‌گیری شده جریان در منطقه میان‌دست حدود ۱/۶ متر بر ثانیه است که در مقایسه با سرعت جریان در منطقه بالادست و پایین‌دست به ترتیب با سرعت ۰/۸ و ۰/۵۶ دارای تفاوتی فاحش و معنادار است. از آنجا که ترکیب سنگ‌شناسی بستر رود در این فاصله تغییری در



شکل ۵) مناطق گزینش شده به منظور شناسایی و جداسازی پادگانه‌های رودخانه خرم‌آباد

میانی، دارای بیشترین فراز ۱۱ متر است. بیشتر ذرات آن درشت دانه بوده، سیمان آهکی و پایداری نسبی کمتری از پادگانه‌های کهن دارد. سطح پادگانه‌های جدید از مواد درشت دانه با جورشدگی خوب و بدون سیمان تشکیل شده است. بیشترین فراز این سطح ۳ متر اندازه‌گیری شده است. شکل ۶ فراز سطوح پادگانه‌ای اندازه‌گیری شده در امتداد رودخانه خرم‌آباد را نشان می‌دهد. به منظور مقایسه روند تغییر آنها، هر سه سطح با علامت و شماره‌های ۱ تا ۳ در شکل ۶ به تصویر کشیده شده است. این روند در هر سه سطح هم‌خوانی خوبی دارند و این نشانگر رفتار کم و بیش یکسان رودخانه در گذر زمان از تشکیل کهن‌ترین پادگانه است.

برای تعیین سن نسبی آنها از جایگاه زمین‌ریختی، توالی قرارگیری، ویژگی‌های رسوب‌شناسی و ارتباط چینه‌شناسی آنها کمک گرفته شده است. در منطقه پایین‌دست به طور کلی ۳ سطح پادگانه‌ای به عنوان پادگانه‌های کهن، میانه و جدید در پیرامون رودخانه شناسایی شده است که کم و بیش در همه درازای مسیر قابل تشخیص هستند. کهن‌ترین پادگانه آبرفتی، به طور عموم از ذرات ریزدانه تشکیل شده است که در لابلای آن قلوه‌های چند سانتی‌متری پراکنده دیده می‌شود. این بخش با سیمان آهکی به طور کامل به هم چسبیده و در بالاترین تراز با بیشینه فراز ۱۶ متری از دشت سیلابی رودخانه قرار گرفته است. سطح پادگانه‌های



شکل ۶) سطوح پادگانه‌های اندازه گیری شده در امتداد رودخانه خرم‌آباد در منطقه پایین دست A و میان دست B

مختلف مجاری یک رودخانه، مشابه آنچه در مسیر رودخانه خرم‌آباد دیده می‌شود، می‌تواند شاهی در اثبات فرآیندهای زمین‌ساختی باشد که در اینجا تفاوت در ارتفاع پادگانه‌ها در بخش‌های مختلف رودخانه خرم‌آباد را می‌توان به فعالیت گسل پنهان راندگی خرم‌آباد نسبت داد. (جدول ۲)

بحث

شواهد لرزه‌ای، ریخت‌شناسی و توپوگرافی دشت خرم‌آباد بیانگر این است که گسل پنهان خرم‌آباد در حال حاضر فعال است. بنابراین انتظار می‌رود با توجه به تقاطع این گسل و رودخانه خرم‌آباد فعالیت‌های این گسل در سامانه زهکشی رودخانه خرم‌آباد منعکس شود. به منظور بررسی چگونگی فعالیت این گسل از شاخص گرادیان نشیب رود استفاده شد. در واقع این شاخص تغییرات شیب در منطقه را نشان می‌دهد. بررسی نتایج به دست آمده از این شاخص نشان می‌دهد مناطق منطبق بر محور عبور گسل خرم‌آباد در محل تقاطع با رودخانه خرم‌آباد و مناطق بالادست آن در حال فرایش و برعکس نواحی پایین‌دست در حال فرود و پایین روی هستند. [Wells, 1998] در کاستاریکا با استفاده از این شاخص SL به بررسی نقش فعالیت‌های زمین‌ساختی در فرازگیری تاقدیس یالین پرداخت. نتایج بررسی‌های به عمل آمده از شاخص‌های زمین‌ساختی فعال توسط وی نشان دهنده تغییرات ناشی از فرازگیری مجموعه

در منطقه میانه تاقدیس خرم‌آباد فعالیت‌های انسانی آثار سواحل رودخانه را به طور کامل از بین برده است. به همین دلیل مشاهدات لازم در امتداد مسیر رودخانه کرگانه که از سمت شمال شرق وارد تاقدیس خرم‌آباد می‌شود و در مرکز شهر خرم‌آباد به رودخانه خرم‌آباد می‌پیوندد صورت گرفت. آنچه در این منطقه جالب توجه است افزایش فرایش عمومی پادگانه‌ها در این منطقه است. در امتداد رودخانه کرگانه ارتفاع بیشینه سطوح پادگانه‌ها در بعضی از نقاط به ۲۵ متر می‌رسد. اما در منطقه بالادست آنچه جالب توجه است، کاهش فراز عمومی پادگانه‌ها با بیشینه ۲۰ متر در پشت محور فرایش در کیلومتر ۲۰ تا ۳۰ گسل پنهان خرم‌آباد است که با کج شدگی رو به پشت تاقدیس مطابق است.

جدول ۲) مشخصات سطوح پادگانه در بخش‌های مختلف رودخانه خرم‌آباد

ردیف	واحد یا بخش	تعداد پادگانه	ارتفاع پادگانه/متر
۱	بالادست	۳	۱۳
۲	میان دست	۳	۱۶
۳	پایین دست	۳	۱۱

در واقع به طور کلی ایجاد پادگانه در مسیر رودخانه‌ها نشانه‌ای از فرآیند تکامل رودخانه در مسیر رسیدن به سطح اساس است. بنابراین وجود پادگانه به خودی خود دلیلی بر اثبات فرآیندهای زمین‌ساختی ناست اما تفاوت در ارتفاع پادگانه‌ها در بخش‌های

دریای اژه و [Ramesht *et al.*, 2012] در حوضه آبریز جاجرود در شمال شرق تهران با استفاده از این شاخص‌ها به بررسی نقش فعالیت‌های نوزمین‌ساخت در ریخت‌زایی رودخانه پرداخته‌اند.

باتوجه به آنچه در فوق ذکر شد، علی‌رغم اینکه نقش فعالیت‌های زمین‌ساختی در ریخت‌زایی رودخانه‌ها تا حدودی مشخص است با این وجود عوامل دیگری از قبیل تغییرات دبی جریان و رسوب همانند تغییرات شیب می‌تواند در ویژگی‌های زمین‌ریختی رودخانه از قبیل تغییر پیچش و گرادیان نشیب رودخانه موثر باشد [Brooks *et al.*, 2003]. به عبارت دیگر تغییرات دبی جریان و رسوب نیز همانند تغییرات شیب می‌تواند در ویژگی‌های زمین‌ریختی رودخانه از قبیل تغییر پیچش و گرادیان نشیب رودخانه موثر باشد.

برای نمونه تحقیقات [Rebecca *et al.*, 2011] نشان می‌دهد که نوسانات دبی، فرسایش‌پذیری کناری و فراوانی نسبی بار بستر به‌عنوان کنترل‌گرهای مهمی روی الگوی رودخانه عمل می‌کنند. همچنین تحقیقات [Simpson, 1999] در مورد علل تغییر الگو و عوامل کنترل‌کننده فیزیکی رودخانه میلک در شمال مونتانا نشان می‌دهد که دبی جریان و رسوب در ارتباط با سایر متغیرها در مورفولوژی مجاری رودخانه نقش اساسی دارند. لذا در این راستا دبی جریان و رسوب رودخانه خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی داده‌های دبی و رسوب رودخانه خرم‌آباد در طول دوره زمانی مورد نظر نشان می‌دهد که از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۴ دبی و از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ دبی رسوب این رودخانه روند کاهشی داشته و به تدریج از شدت آن کاسته شده است. نتایج مربوط به آزمون من-کندال بر روی میانگین داده‌های دبی سالانه در ایستگاه چم انجیر واقع در جنوب شهر خرم‌آباد نشان می‌دهد که دو دنباله U و U' تقریباً به صورت موازی حرکت کرده‌اند و تغییر جهت مشخصی در آنها دیده نمی‌شود. اما در نیمه دوم یا سه دهه اخیر دو دنباله U و U' در خارج از محدوده $2/58$ - یکدیگر را قطع و در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده‌اند. نتایج به دست آمده از این آزمون بر روی میانگین داده‌های دبی رسوب در ایستگاه چم انجیر نیز بیانگر هماهنگی این داده‌ها با داده‌های دبی این رودخانه دارد. در اینجا نیز دو دنباله U و U' پس از یک دوره ثبات در حدود سال ۱۳۶۹ (۱۹۹۰) روند نزولی پیدا کرده و در خارج از محدوده $2/58$ - یکدیگر را قطع و در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده‌اند.

این بدین معنی است دبی جریان و رسوب رودخانه خرم‌آباد از سه دهه اخیر روند کاهشی داشته است. پراکندگی و شیب خط روند کاهشی دبی جریان و رسوب رودخانه خرم‌آباد توسط رگرسیون خطی در سطح معنی داری ۹۹٪ مشخص شده است. به منظور تایید تغییر روند دبی جریان و رسوب رودخانه خرم‌آباد، رودخانه کشکان که در فاصله ۷۰ کیلومتری رودخانه خرم‌آباد واقع شده و مشابه رودخانه خرم‌آباد یکی از سرشاخه‌های اصلی رود کرخه است جهت مقایسه با رودخانه خرم‌آباد انتخاب شد. بررسی داده‌های مربوط به آزمون من-

ساختاری تاقدیس یالین است در واقع بالاآمدگی بخش مرکزی تاقدیس سبب برهم‌خوردن تعادل سطح فرسایش شده و نیمرخ بستر رود بارتون که از این تاقدیس عبور کرده از حالت کاو به کوژ تبدیل شده است.

نیمرخ عمومی بستر رودخانه خرم‌آباد حالت کاوگونه دارد. تغییر حالتی که به طور ناهنجار در کیلومتر ۱۸ تا ۲۹ مسیر رودخانه دیده می‌شود، که در واقع همان منطقه محور گسل پنهان راندگی خرم‌آباد است، گویای رویداد فعالیت زمین‌ساختی گسل پنهان خرم‌آباد در این منطقه است. در واقع فرایض بخش مرکزی تاقدیس سبب برهم‌خوردن تعادل فرازگیری فرسایش شده و نیمرخ بستر رود از حالت کاو به کوژ تبدیل شده است. بررسی پادگانه‌های آبرفتی رودخانه نیز تایید کننده فرازش در منطقه محور گسل پنهان راندگی خرم‌آباد است به طوری که در این منطقه ارتفاع سطوح پادگانه‌های آبرفتی در مقایسه با سطوح پادگانه‌ها در مناطق پایین‌دست و بالادست از مقدار بیشتری برخوردار است و این بیانگر تاثیرپذیری بیشتر این منطقه از فعالیت زمین‌ساختی بالا رونده گسل پنهان خرم‌آباد در این منطقه است.

به گفته [Jain, 2005] و [Keller & Pinter, 2002: 154] در صورتی که چنین تغییراتی در بستر رودخانه‌ای رخ دهد و شیب بستر این رودخانه در بین محدوده شیب $7/0$ الی 2 درصد قرار داشته باشد، افزایش شیب بستر رودخانه افزایش تموج و تراکم مآندرها و متعاقب آن ایجاد مآندره‌های جدید یا به عبارتی افزایش تعداد مآندره‌های رودخانه را در پی خواهد داشت و کاهش شیب در این محدوده می‌تواند کاهش تموج و باز شدن فضای بین مآندرها و کاهش تعداد مآندره‌های رودخانه را در پی داشته باشد. باتوجه به این که شیب عمومی بستر رودخانه خرم‌آباد حدود $88/0$ ٪ است و در واقع در محدوده شیب تعریف شده توسط [Keller & Pinter, 2002] قرار گرفته است انتظار می‌رود پیچش و تعداد مآندره‌های این رودخانه تحت تاثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی گسل پنهان خرم‌آباد قرار گرفته باشد. به منظور بررسی تاثیر این فعالیت‌ها بر پیچش مآندره‌های رودخانه خرم‌آباد از شاخص ضریب پیچش (S) استفاده شد. نتایج این شاخص که تغییرات پیچ و خم مآندرها را نشان می‌دهد منعکس کننده نتایج حاصل از تغییرات شیب در بستر رودخانه است. به طوری که در مناطق بالادست که دور از فرارانش‌های زمین‌ساختی گسل پنهان خرم‌آباد قرار داشته‌اند مقدار ضریب پیچش و تعداد مآندرها ثابت باقی مانده است در حالی که در نواحی که بر روی فرایض محور گسل پنهان خرم‌آباد واقع شده‌اند میزان پیچش افزایش می‌یابد اگر چه دست‌کاری‌های بشر از قبیل تسطیح و مجاری‌سازی رودخانه خرم‌آباد به طور مشخص باعث افزایش شیب کلی بستر شده که این عامل باعث افزایش ضریب سنوسپته رودخانه و فشرده شدن پیچش مآندرها و در نتیجه ایجاد مآندره‌های جدید شده است. همچنین محققانی از قبیل [Silva *et al.*, 2003] در جنوب اسپانیا، [Malik *et al.*, 2014] در رشته کوه هیمالیا، در سواحل

coasts. *Physical Geography Research Quarterly*. (64):13-28. [Persian]

Bahrami Sh (2013). Analyzing the drainage system anomaly of Zagros basins: Implications for active tectonics. *Tectonophysics*. 608: 914-928.

Bonforte A, Cinzia F, Salvatore G, Francesco G, Marco L, Marco N (2012). Soil gases and SAR measurements reveal hidden faults on the sliding flank of Mt. Etna (Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 251:27-40.

Bottari C, Giammanco S, Cavallaro D, Sortino F, Scudero S, Amari S, Bonfanti P, Daolio M, Groppelli G (2020). How to reveal unknown hidden faults and historical earthquake damage applying multidisciplinary methods in archaeological sites: The case of mid-third century CE Mt. Etna earthquake (Eastern Sicily, Italy). *Tectonophysics*. 790.

Brooks GR (2003). Holocene lateral channel migration and incision of the red river, manitoba, canada. *Geomorphology*. 54(3):197-215.

Carvalho J, Rabeh T, Cabral J, Carrilho F, Miranda JM (2008). Geophysical characterization of the Ota-Vila franca de Xira-lisbon-sesimbra fault zone, Portugal. *Geophysical Journal International*. 174(2):567-584.

Cervera Heinlein SN (2013). Spatial patterns of geomorphic surface features and fault morphology based on diffusion equation modeling of the Kumroch Fault Kamchatka Peninsula, Russia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 263:209-223.

Corrêa Alves F, Fátima Rossetti D, Valeriano MM (2020). Detecting neotectonics in the lowlands of amazonia through the analysis of river long profiles. *Journal of South American Earth Sciences*. 100.

Elamin HI, Abdelsalam MG (2012). Morpho-tectonic analysis of the Tekeze River and the Blue Nile drainage systems on the Northwestern Plateau, Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences*. 69:34-47.

Jafari GH, Mehdi A (2018). Investigating the role of tectonics in the process of geomorphological evolution of Ghezeli Ozan river barracks, *Journal of Geography and Planning*, pp 1-27.

Jain V, Sinha R (2005). Response of active tectonics on the alluvial Baghmati River, Himalayan foreland basin, eastern India. *Geomorphology*. 70(3-4):339-356.

Keller EA, Pinter N (2002). *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*. 2nd ed. Upper Saddle River Publisher, New Jersey.

Liu J, Chen X, Shi W, Chen P, Zhang Y, Hu J, Dong Sh, Li T (2019). Tectonically controlled evolution of the Yellow river drainage system in the weihe region, North China: Constraints from sedimentation, mineralogy and geochemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*. 179:350-364.

Malik JN, Shah AA, Naik SP, Sahoo S, Okumura K, Patra NR (2014). Active fault study along foothill zone of Kumaun Sub-Himalaya: influence on landscape shaping and drainage evolution. *Current Science Association*. 106(2):229-236.

Merritts D, Vincent K, Wohl E (1994). Long river profiles, tectonism, and eustasy: A guide to interpreting fluvial terraces. *Journal of Geophysical Research*. 99:14031-14050.

Pérez JV, Azor A, Azañón JM, Keller EA (2010). Active tectonics in the sierra nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorphology*. 119(1-2):74-87.

Peters G, Van Balen R (2007). Tectonic geomorphology of

کندال و رگرسیون خطی بر روی میانگین داده‌های دبی سالانه در ایستگاه دوآب واقع در بخش ویسیان نشان می‌دهد که روند کلی دبی جریان و رسوب رودخانه کشکان شباهت نزدیکی با رودخانه خرم‌آباد دارد. در واقع در طول دوره آماری ۴۵ ساله اخیر دبی جریان و رسوب رودخانه کشکان نیز مانند رودخانه خرم‌آباد روند نزولی داشته است. بنابراین می‌توان گفت روند نزولی دبی جریان و رسوب در رودخانه خرم‌آباد ناشی از شرایط محلی نیست و این کاهش در رودخانه‌های همجوار در حوضه رود کرخه هم مشاهده می‌شود. بنابراین تغییرات دبی رسوب و جریان رودخانه خرم‌آباد نمی‌توانند تعیین کننده تغییرات ایجاد شده در پیچش و تعداد مآندره‌های رودخانه خرم‌آباد باشند و مهم‌ترین عامل مسئول این تغییرات، فعالیت‌های زمین‌ساختی است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی از سه عامل زمین‌ساخت، دبی جریان و دبی رسوب که کنترل کننده‌های اصلی زمین‌ریخت‌شناسی رودخانه‌ها به شمار می‌روند، زمین‌ساخت بیشترین نقش را در ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد در طول دهه‌های اخیر بر جای گذاشته است. زیرا روند دبی جریان و دبی رسوب در رودخانه خرم‌آباد کاهش یافته است در صورتی که تغییرات زمین‌ریختی رودخانه خرم‌آباد به گونه‌ای است که تنها افزایش دبی جریان و رسوب می‌تواند این گونه تغییراتی را ایجاد کند. باتوجه به آنچه گفته شد، فعالیت‌های گسل پنهان راندگی خرم‌آباد، مهم‌ترین عامل تغییردهنده ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد در بازه مورد مطالعه است.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از دانشگاه رازی که زمینه این پژوهش را برای اینجانبان فراهم نموده و سازمان زمین‌شناسی کشور و آب منطقه‌ای استان لرستان که آمار و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار محققین این پژوهش قرار داده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

سهم نویسندگان: حبیب آرین تبار (نویسنده اول)، روش‌شناسی نگارنده بحث، نگارنده مقدمه (۳۳٪)؛ ایرج جباری (نویسنده دوم)، روش‌شناسی و پژوهشگر اصلی تحقیق (۳۴٪)؛ محمد مهدی فرهپور (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی تحقیق، تحلیل‌گر داده‌ها (۳۳٪)

منابع مالی: هزینه‌های این پژوهش توسط دانشگاه رازی کرمانشاه تأمین شده است.

منابع

Aliyannzhadi A, Mehrnia R, Kimiagar S, Rahimi H, Sadr-mohammad N (2020). Evaluation of GPR method in identification hidden faults of Alluvial deposits in north of Persian Gulf artificial lake, twenty-two district of Tehran. *Journal of Applied Geophysics*. 179.

Azizi G, Rowshani M (2008). Using mann-kendall test to recognize of climate change in caspian sea southern

- Rezouki I, Boujamaoui M, Hafid M, NaitBba A, Amiri A, Hédi Inoubli M, Manar A, Rouai M, Baidder L, Asebriy L (2020). Contribution of gravity and aeromagnetic data to the structural modeling of the hidden faults in Guercif Basin, northeastern Morocco. *Journal of African Earth Sciences*. 164.
- Schoenbohm LM, Whipple KX, Burchfiel BC, Chen LZ (2004). Geomorphic constraints on surface uplift, exhumation, and plateau growth in the Red River region, Yunnan province, China. *Geological Society of America Bulletin*. 116(7):895-909.
- Silva PG, Goy JL, Zazo C, Bardaj T (2003). Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology*. 50(1-3):203-225.
- Simpson C J (1999). Fluvial geomorphology of the sand bed Milk River, northern Montana. University of Calgary, Alberta.
- Woolderink H.A.G, Cohen KM, Kasse C, Kleinhans MG, Van Balen RT (2021). Patterns in river channel sinuosity of the Meuse, Roer and Rhine rivers in the lower rhine embayment rift-system, are they tectonically forced. *Geomorphology*. 375.
- Zamolyi A, Szekely B, Draganits E, Timár G (2010). Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the little hungarian plain. *Geomorphology*. 122(3-4):231-243.
- Zhang T, Fan Sh, Chen Sh, Li s, Lu Y (2019). Geomorphic evolution and neotectonics of the Qianhe River Basin on the southwest margin of the Ordos Block, North China. *Journal of Asian Earth Sciences*. 176:184-195.
- the northern upper Rhine Graben, Germany. *Global and Planetary Change*. 58(1-4):310-334.
- Petrovszki J, Timar G, Molnar G (2014). Is sinuosity a function of slope and bankfull discharge? A case study of the meandering rivers in the Pannonian Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*. 11:12271-12290.
- Phan DP, Tokarski AK, Świerczewska A, Strzelecki PJ, Waliczek M, Krapiec M, Cuong NQ (2019). Neotectonic (Miocene to recent) vertical movements in the Lao Cai Basin (Red river fault zone, Vietnam): An approach to seismic hazard assessment. *Journal of Asian Earth Sciences*. 181.
- Radoane M, Radoane N, Dumitriu D (2003). Geomorphological evolution of longitudinal river profiles in the Carpathians. *Geomorphology*. 50(4):293-306.
- Ramesht, Ara H, Shayan S, Yamani M (2012). Assessing the accuracy of geomorphological indicators using geodynamic data (Case study: Jajroud watershed in the northeast of Tehran). *Geography and Environmental Planning*. 23(2):35-52. [Persian]
- Rebecca A H, Trevor B, Leonard S S (2011). Bed load transport in bedrock rivers: The role of sediment cover in grain entrainment, translation, and deposition, *Journal of Geophysical Research*. 116.
- Repka J L, Anderson R S, Finkel RC (1997). Cosmogenic dating of fluvial terraces, Fremont River, Utah. *Earth and Planetary Science Letters*. 152(4):59-73.
- Resmi MR, Achyuthan H, Kumar Jaiswal M (2017). Middle to late holocene paleochannels and migration of the Palar River, Tamil Nadu: Implications of neotectonic activity. *Quaternary International*. 443:211-222.