Climate Change & Climate Disasters

Print ISSN: 2783-0551

University Zanjan

The role of Quaternary climatic changes in the morphology of the Northern Plains Zanjanrood

Gholam Hossein Jafari [1]

1.Associate Professor in Geomorphology , Department of Geography, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:
2023/8/24
Received:
2023/10/8
Accepted:
2023/11/19
Published:
2024/2/4

Keywords:

Alluvial con, Flluvial, Alluvial, Glacier, Zanjan

Abstract: One of the unique features of the northern plains of the Zanjan River Basin is the existence of waterways that flow in parallel in deep valleys; the presence of smooth and low slopes around the valleys indicates that the existing landforms are not well adapted to today's geomorphological processes and conditions. Deep and water-like valleys are located on low-slope plains. The geomorphological analysis of such plains and valleys is based on field investigations (the state of watercourses, wide and glacial valleys, wandering moraines and mixed glacial sediments), the interpretation of geomorphological evidence from topographic and geological maps, along with the reconstruction of past climatic conditions. The evidences reflected in the topographic maps and field studies indicate the lack of necessary conditions for the formation of a wide alluvial fan; While the digging of deep valleys has occurred in the heart of the old contiguous alluvial deposits that have covered the entire plain. Rivers such as Sohrin, Sarmsaqlo and Qarahcherian, with a significant catchment area in mountainous areas, flow in valleys with a depth of more than 100 meters outside the mountains, and sometimes they connect to Zanjan River by maintaining the difference in initial height compared to the surrounding areas. The results indicate the dominance of tectonic, alluvial processes (formation of vast alluvial deposits), changes in the base of Zanjan Rood, glacial and fluvial processes in the transformation of the northern plains of Zanjan Rood.

Cite this article: Jafari, G (2024). The role of Quaternary climatic changes in the morphology of the Northern Plains Zanjanrood. Climat Chenge and Climat Disasters, 2(4), 115-142.
© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir **Publisher:** University of Zanjan

دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی
شاپا چاپی: ۲۷۸۳-۰۵۵۱

نقش تحولات کواترنری در مورفولوژی دشت‌های شمالی زنجان رود

غلامحسین جعفری ✉ [1]

۱.دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲

بازنگری: ۱۴۰۲/۷/۱۶

پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۸

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژگان کلیدی:

مخروط‌افکنه، فلوویال، آلوویال، یخچال، زنجان

چکیده: یکی از خصوصیات منحصربه‌فرد دشت‌های شمالی حوضه آبی زنجان رود در استان زنجان، وجود رودخانه‌هایی است که به‌موازات هم در دره‌های عمیقی جریان دارند که با توجه به وضعیت شیب، قادر به دریافت رواناب‌های سطوح اطرافشان نیستند. دره‌ای عمیق در بین دشت‌های هموار و کم عارضه، بیان‌کننده عدم انطباق لندفرم‌ها با فرآیندهای کنونی است. تحلیل ژئومورفولوژیکی چنین دشت‌ها و دره‌هایی بر اساس بررسی‌های میدانی (وضعیت آبراهه‌ها، دره‌های آبشخور مانند و وسیع، مورن های سرگردان و رسوبات مخلوط یخچالی)، تفسیر شواهد ژئومورفولوژیکی از روی نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، به همراه بازسازی شرایط اقلیمی گذشته انجام‌شده است. شواهد منعکس‌شده در نقشه‌های توپوگرافی و مطالعات میدانی از نبود شرایط لازم برای شکل‌گیری مخروط‌افکنه وسیع حکایت دارد؛ درحالی که حفر دره‌های عمیق در دل مخروط‌افکنه های به‌هم‌پیوسته قدیمی رخ‌داده که کل دشت را پوشیده‌اند. رودخانه‌هایی مثل سهرین، سارمساقلو و قره‌چریان با وسعت حوضه آبریز قابل‌توجه در نواحی کوهستانی، در دره‌هایی با عمق بیش از صد متر در خارج از کوهستان جاری هستند و گاه با حفظ اختلاف ارتفاع اولیه نسبت به نواحی اطراف، به زنجان رود متصل می‌شوند. نتایج حاکی از حاکمیت فرایندهای تکتونیکی، آلوویالی (تشکیل مخروط‌افکنه های وسیع)، تغییر سطح اساس زنجان رود، یخچال و فلوویال در تحول دشت‌های شمالی زنجان رود است.

استناد: کاظمی، مهسا. جلالی، مسعود. رئیس پور، کوهزاد (۱۴۰۲). بررسی زمانی–فضایی میزان تابش خالص طول موج کوتاه خورشیدی با استفاده از داده‌های مدل جهانی **FLDAS** در ایران. دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی, ۲(۴), ۱۱۵-۱۴۲

© نویسندگان .

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: cccd.znu.ac.ir

مقدمه

اساس شناخت تغییرات در شکل‌های زمین، شناسایی و پی بردن به مفهوم مقدار جابه‌جایی رسوبات از ناحیه‌ای به ناحیه‌ای دیگر است، به‌طوری‌که این جابه‌جایی، مورفولوژی همه آن نواحی را تغییر دهد (چورلی و همکاران، ۱۹۸۵: ۱۱۱). تغییرات آب‌وهوایی کواترنری با توجه به توپوگرافی خاص ایران‌زمین، اشکال و لندفرم‌های متعددی را به میراث گذاشته است، سیرک‌های یخچالی، یخ‌رفت‌ها و بخصوص سنگ‌های سرگردان از آن جمله‌اند که گاهی اوقات در جوار نواحی مرتفع ایران به‌وفور یافت می‌شود. ژئومورفولوژیست‌ها به کمک آثار سیرک‌های کوهستانی، ارتفاع برف مرز دائمی را مشخص ساخته و با توجه به تفاوت دمایی آن ارتفاع با دمای کنونی، شرایط دمایی کواترنری را بازسازی می‌کنند و به این‌گونه، فرایندهای ژئومورفولوژیکی آن زمان را تحلیل و بررسی می‌نمایند. همچنین به کمک یخرفت‌ها، سنگ‌های سرگردان، دره‌های یخچالی و بررسی رسوبات، حداکثر گسترش زبانه‌های یخی را برآورد می‌نمایند و ارتفاع آن را به‌عنوان ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ در نظر می‌گیرند. درواقع شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی یکی از مشخص‌ترین میراث‌های تحولات اقلیمی دوره کواترنری در ایران به شمار می‌رود (محمودی، ۱۳۶۷، ۹). در گسترش زبانه‌های یخچالی کواترنری، شواهدی که بیش از همه، ذهن ژئومورفولوژیست را به خود معطوف می‌دارد، چگونگی گسترش سنگ‌های سرگردان در محیط است. در بسیاری از موارد خط تعادل آب‌ویخ گذشته به‌راحتی توسط فراورده‌های یخچالی قابل‌بررسی است. فراورده‌های یخچالی در این مورد به دودسته تقسیم می‌شوند: اول تیل (تیلت) یا رسوب‌های نامنظم یخچالی، این نوع رسوب‌ها از ته‌نشست مواد یخچالی تولید می‌شوند و متوسط دانه و بدون نظم دانه‌ای‌اند. همچنین در بین آن‌ها کانی‌های فرسایش نیافته به فراوانی یافت می‌شود. دوم رسوبات درشت‌دانه که بیشتر در نقاطی یافت می‌شوند که منشأ سنگ‌ها از نوع گرانیت و سینیت باشد تولید می‌گردد. این قطعات عموماً مخطط و زاویه‌دارند (معتمد، ۱۳۸۲: ۷۰). پدیده‌های ناشی

از عملکرد آب‌های راکد با چهار شاخص اصلی ردیابی شد؛ نقاط ارتفاعی منفرد، آبراهه‌های منقطع، تغییر ناگهانی فرم خطوط تراز به سینوس‌های پنجه‌ای، وجود احتمالی تپه شاهدهای منفرد در حدفاصل ترازهای دفرمه شده (رامشت،۱۳۸۸). در دشت‌های شمالی زنجان فرم‌های نامتعادلی وجود دارند که می‌توان آن‌ها را یکی از مصادیق کیاس دانست. کیاس حالتی از سیستم است که بیانگر نوعی بی‌نظمی در رابطه بین پاسخ فرم و فرآیند است، ولی این به مفهوم ایجاد عدم تعادل در کل سیستم نیست؛ بلکه به‌واسطه تغییرات سریع و دیرکرد در پاسخ سیستم به آن تغییرات، بی‌نظمی خاصی درروند عام ایجاد می‌شود که پس از سپری شدن زمان تأخیر مجدداً روند عام قبلی حاکمیت می‌یابد. نمونه بارز ناتعادلی دره‌ای در ایران مرکزی را می‌توان دره‌ی هنجن، دره‌ی نسران و دره‌ی ایزد خواست در استان اصفهان دانست. شرایط اقلیمی امروزی در مناطق فوق هرگز قادر به ایجاد سیستم شکل زای فرم‌های فوق نیست؛ از طرفی در دوره‌های یخچالی با توجه به ارتفاع خط برف دائمی و میزان بارش‌ها، امکان به وجود آمدن روان آب‌های شدید و مستمر فراهم نبوده و در دوره‌های پاراگلیشیال شرایط شکل‌گیری آن‌ها فراهم می‌شده است (رامشت، ۱۳۸۲، ۲۳). وقتی صحبت از مطالعات ژئومورفولوژی در یک سرزمین، بخصوص سرزمینی مانند ایران، به میان می‌آید، با انبوهی از عوارض و اشکال با ویژگی‌های مختلف روبرو می‌شویم که تشریح و تبیین آن‌ها جز با طبقه‌بندی ممکن نیست. طبقه‌بندی‌های زیادی از ناهمواری‌های ایران به‌عمل‌آمده است. مهم‌ترین تقسیم‌بندی ژئومورفولوژیکی از ناهمواری‌های ایران، از طرف آقای دکتر فرج‌الله محمودی صورت گرفته است. وی ناهمواری‌های ایران را بر اساس تغییر شکل بنیانی آن‌ها ابتدا به دو واحد بزرگ کوهستان‌ها و دشت‌ها تقسیم‌بندی نموده است (علایی طالقانی، ۱۳۸۸: ۶۹-۷۰). بیش از نیمی از مساحت ایران (۵۴ درصد) دارای شیب بین ۱ تا ۵ درصد بوده و عمدتاً شامل جلگه‌ها و دشت‌ها و دشت‌های ساحلی، دشت‌های کف حوضه‌ها، دشت‌های داخلی، پادگانه‌های آبرفتی و امثال آن‌ها می‌گردد (زمردیان، ۱۳۸۸: ۲۹). دشت‌ها از مهم‌ترین واحدهای

ژئومورفولوژی بوده و طبقه‌بندی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شریفی نجف‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱).

پتراس (۲۰۱۰) دشت‌های یخساری را در حاشیه مناطق یخچالی ایلینوئیز موردبررسی قرارداده و معتقد است که این دشت‌ها براثر یخچال‌هایی که ۱۶۰۰۰ الی ۲۰۸۰۰ سال قبل به منطقه تسلط داشته‌اند، به وجود آمده است. این‌گونه دشت‌ها در طول فصول سرد سال توسط یخ‌پوشه‌های پیوسته پوشیده می‌شوند یا براثر جریان قوی یخچال‌هایی که خوب تغذیه‌شده‌اند، شکل می‌گیرند. در مورد پیدایش دشت‌ها در سراسر ایران مطالعات گوناگونی صورت گرفته است. برای مثال نگارش (۱۳۷۲) پدیده‌های بزرگ ژئومورفولوژیکی دشت رفسنجان را در شش مورد کوه‌ها، کوهپایه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌ها، رسوبات و تپه‌های دریاچه‌ای، تپه‌های ماسه‌ای و کویرهای نمکی طبقه‌بندی و مطالعه کرده است. مردانی (۱۳۷۸) در بررسی وضعیت لرزه‌زمین‌ساخت فرونشست زنجان فعال بودن منطقه را تأیید کرده است. اسعدی (۱۳۸۲) معتقد است که همگام با تکامل و تغییر شکل ناهمواری طبیعت رودخانه‌ها در نیمرخ تعادل خود بارها و بارها مسیرهای نوین را یافته و بر پهنه‌ی زمین اشکال جدیدی را حک نموده‌اند. گاه درجایی با عمل حفر و کاوش بستر و در جای دیگر با انباشتن نهشته‌های رسوبی چهره‌های بدیعی را در دامن طبیعت پدیدار ساخته‌اند (اسعدی، ۱۳۸۲:۱). مهرشاهی (۱۳۸۳) در بررسی ژئومورفولوژی دشت ابراهیم‌آباد یکی از حوضه‌های آبگیر رشته شیرکوه را مطالعه کرده و معتقد است که قسمت انتهایی خاوری دشت، عملکرد یک گسل شمالی، جنوبی و بالا آمدن سدی کنگلومرایی بسته‌شده است (مهرشاهی:۱۳۸۳، ۱۴۲). خیام (۱۳۸۵: ۲۰۳) ناهمواری‌های ایجادشده را نسبت به وضع استقرار آن‌ها بررسی می‌کند و در مبحث ساخت‌های ساده، به نحوه تکامل دشت‌های رسوبی می‌پردازد. وی معتقد است که در ساخت‌های طبقات رسوبی موافق بدون گسله و با مقاومت یکسان فرسایش دیفرانسیل صورت نمی‌گیرد و بلعکس چنانکه سری رسوبات از طبقاتی ساخته شوند که سختی متفاوت داشته باشند،

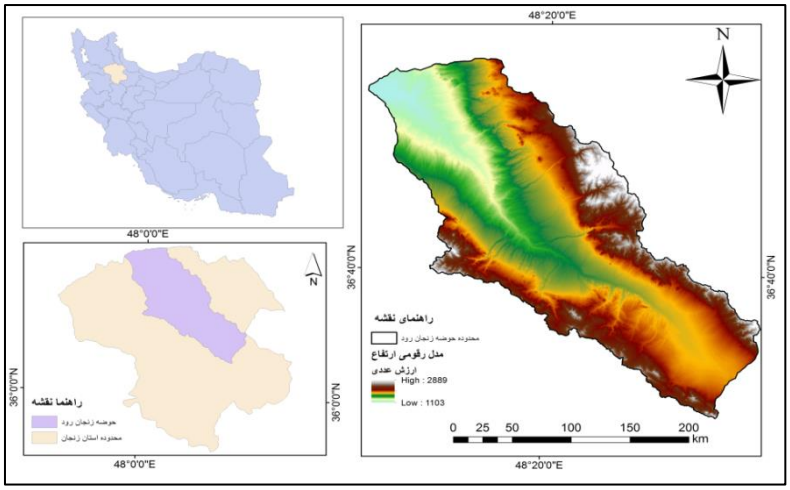
عمل فرسایش به‌طور نامساوی در سنگ‌های نرم و سنگ‌های مقاوم انجام می‌گیرد. مجلل و مصباحی (۱۳۸۷) در تحلیل هندسی و جنبشی گسلش عادی فرونشست زنجان معتقدند که رسوبات افقی باضخامت زیاد در ۴۵ کیلومتری شمال باختر شهر زنجان متعلق به پلیوسن- کواترنری بوده‌اند که توسط گسل‌های عادی بریده‌شده‌اند. رسوبات پلیوسن این منطقه شامل رس، مارن و سیلت است که به دلیل افقی بودن لایه‌ها و تنوع رنگ و جابه‌جایی‌ها در امتداد گسلش عادی، بسیار مشخص هستند (مجلل و مصباحی: ۱۳۸۷، ۴۹). انصاری نیا (۱۳۸۸) معتقد است که در منطقه قزل‌اوزن و به‌تبع آن زنجان رود، چهار واحد زمین‌ریخت‌شناسی کوهستان، تپه‌ماهور، دشت‌سر فرسایشی و دشت- سر پوشیده قابل‌شناسایی است (انصاری نیا،۱۳۸۸: ۹۴). رامشت (۱۳۸۸: ۱۲) در بررسی سطوح مستوی به تقسیم‌بندی یازده‌گانه از دشت‌ها (دشت طغیانی، دشت سیلابی، دشت مخروط‌افکنه ای، دشت دریاچه‌ای، جلگه‌های ساحلی، دشت‌های یخچالی، دشت‌سرها، دشت میانکوهی، دشت پلایایی، دشت دلتایی و دشت آبرفتی) اشاره می‌کند و معتقد است که برخی از این تقسیم‌بندی‌ها جزء سطوح مستوی بشمار می‌آیند که غالباً شیب بسیار اندکی داشته و سطوح بدون عارضه‌ای را ایجاد می‌کنند و ازنظر نفوذپذیری عقیم هستند. یمانی و همکاران (۱۳۸۸) ویژگی‌های ژئومورفولوژی دشت مکعبی در جنوب شرقی دریاچه ارومیه را جهت کاربری زراعی موردمطالعه قرارداده است و سطح آب‌های زیرزمینی و کیفیت آن‌ها و شوری خاک را از عوامل مؤثر بر کاربری زراعی دشت مکعبی می‌دانند. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل‌اوزن با تأکید بر عوامل ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی به این نتیجه رسیدند که طول زیاد رودخانه و عبور از تشکیلات مارنی و فرسایش پذیر، باعث شده که هندسه رودخانه در بازه‌ی دشتی تحت تأثیر لیتولوژی بستر قرار بگیرد و فرسایش کناری رودخانه نقش عمده‌ای در پیچان‌رودی رودخانه داشته باشد. جعفری و بختیاری(۱۳۹۵) در بررسی هیدرو ژئونروتیک قزل اوزن به این نتیجه

رسیدند که این حوضه در اوایل کواترنری خود به چهار حوضه مستقل بیجار، زنجان، میانه و طارم تقسیم شده که با تحولات کواترنری هویت خود را از دست داده اند.

۱. داده‌ها و روش‌ها

۱.۱. منطقه مورد مطالعه و داده ها

حوضه زنجان رود بخشی از حوضه آبریز بزرگ رودخانه قزل‌اوزن و یکی از هفده حوضه آبی استان زنجان است (شکل ۱). امتداد کلی این حوضه آبخیز جنوب شرقی، شمال غربی 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 فرومی‌آید (علایی طالقانی، ۱۳۸۸، ۹۶). در شرق زنجان ارتفاعات به هم نزدیک شده و عرض فرورفتگی به ۳ تا ۴ کیلومتر تقلیل می‌یابد. زنجان رود رسوبات دوران چهارم را از بین برده و لایه‌های پلیوسن بیشتر کف دشت را تشکیل می‌دهد. در طرفین بستر زنجان رود 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 و حوضه آبریز آن دریای خزر است (بهرام زاده و ملکی، ۱۳۹۰). ازنظر مشخصه‌های ریخت‌شناسی (ژئومورفولوژی) چهار ریخت یا شکل در منطقه قابل‌مشاهده است که شامل: دشت‌های دامنه‌ای که حدود ۷٪ مساحت کل حوزه، فلات ۳۱٪ مساحت کل حوزه، مناطق تپه‌ماهوری ۳۲٪ و کوه‌ها ۳۰٪ مساحت کل حوزه را شامل می‌شود، هستند. با توجه به وضعیت ارتفاعی، ارتفاع متوسط وزنی آن ۱۹۳۴ متر می‌باشد (عبدی و غیومیان، ۱۳۷۹).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

۲-۱. روش‌ها

برای ردیابی تحولات کواترنری دشت‌های شمالی حوضه آبی زنجان رود، بر سه تحول بیشتر تأکید شده است: مواریث ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی و نئوتکتونیکی، اثرات ژئومورفولوژیکی تغییرات اقلیمی و تغییرات سطح اساس. برای بررسی منطقه موردمطالعه در ابتدا به مطالعات اسنادی پرداخته و سپس با توجه به نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع[1] و تصاویر SRTM منطقه، نقشه‌های شیب، جهت شیب و خطوط منحنی میزان در نرم‌افزارهای Arc GIS 10.1 و Global Mapper 13 تهیه گردید. سپس برای بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی سه تحول فوق، با توجه به وضعیت معابر طبیعی در مناطق مختلف کوهستانی و دشت، چگونگی توپوگرافی منطقه در دشت و پیشانی کوهستان، ابتدا محل تقریبی گسل‌ها، مشخص گردید. سپس با استفاده از لایه‌های تهیه‌شده مثل خطوط منحنی میزان، شبکه آبراهه‌ها، خطوط گسل شناسایی‌شده، تعقیب و بر اساس وضعیت و ویژگی لایه‌ها، تحلیل‌های توصیفی و کمی در ارتباط با چگونگی عملکرد گسل‌ها انجام شد. در بررسی تغییرات سطح اساس محلی توجه ویژه‌ای به خصوصیات مورفولوژیک منطقه شده است. این خصوصیات با

1 . DEM

توجه نقشه‌های توپوگرافیکی و زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی استخراج و تحلیل‌شده است. چهار شاخص اصلی نقاط ارتفاعی منفرد، آبراهه‌های منقطع، تغییر ناگهانی فرم خطوط تراز به سینوس‌های پنجه‌ای و وجود احتمالی تپه شاهدهای منفرد در حدفاصل ترازهای دفرمه شده ناشی از عملکرد آب‌های راکد به کمک نقشه‌های توپوگرافی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایجی که از تمرکز نقاط و ارتفاع نقاط ارتفاعی منفرد و آبراهه‌های دوشاخه‌ای، حاصل شد، اطراف ریزشگاه زنجان رود در ارتفاع ۱۱۰۰ متری به قزل‌اوزن، با داشتن نقاط ارتفاعی منفرد و آبراهه‌های دوشاخه‌ای به‌عنوان پلایای گذشته و تغییر سطح اساس آن در کواترنری شناسایی شد.

برای بررسی شواهد تغییرات اقلیمی کواترنری، ابتدا با توجه به شواهد یخچالی منعکس‌شده در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، آثار سیرک‌های گذشته شناسایی‌شده و به روش رایت ارتفاع برف مرز دائمی آن زمان برآورد گردید. سپس داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های منطقه جمع‌آوری و بازسازی شد. روابط بین دما با ارتفاع و بارش با ارتفاع در نرم‌افزار SPSS برآورد گردید و بر اساس آن روابط و لایه منحنی میزان منطقه، با استفاده از نرم‌افزار Surfer8 خطوط هم بارش و هم‌دما ترسیم گردید. با احتساب دمای صفر درجه دوران گذشته برای ارتفاع برف مرز کواترنری، حدود تغییرات دمایی آن زمان از شرایط کنونی برآورد گردید. مقدار تغییر برآورد شده از دمای کنونی هرکدام از ایستگاه کسر شده و رابطه بین ارتفاع و دمای گذشته برآورد و با استفاده از لایه توپوگرافی در نرم‌افزار سورفر خطوط هم‌دما گذشته نیز ترسیم و تحلیل گردید. شواهد میدانی ناشی از پیشروی یخچال‌های کواترنری در منطقه موردمطالعه ارزیابی شد و با ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ برآورد شده با احتساب دمای پنج درجه مقایسه و تحلیل گردید.

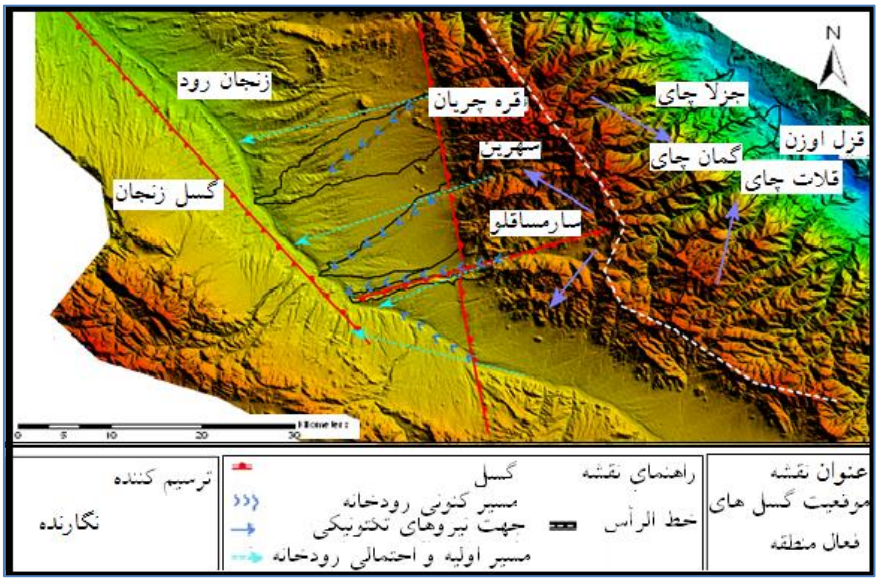
۲. مبانی نظری تحقیق

در حوضه‌ی زنجان رود گسل‌های متعددی وجود دارد که ازجمله می‌توان به گسل تبریز اشاره کرد. شکستگی که گسل مزبور را به وجود آورده است، از گودال (دشت) زنجان- ابهر شروع و با

امتداد شمال غرب تا رشته‌کوه‌های شمال تبریز و ازآنجا تا شال غرب آذربایجان و قفقاز ادامه می‌یابد. این گسل یکی از گسل‌های فعال ایران به شمار می‌رود. دیگری گسل سلطانیه است که به‌موازات کوه‌های سلطانیه و در حاشیه‌ی بخش شمالی آن قرار دارد. گسل فشاری سلطانیه گسلی است با درازای ۱۴۰ کیلومتر و راستای شمال باختری- جنوب خاوری که از فاصله‌ی ۸ کیلومتری جنوب- جنوب باختری سلطانیه می‌گذرد. این گسل از دوره‌ی پلیوسن به بعد مجدداً فعال‌شده است (آرین و پورکرمانی، ۱۳۷۷، ۳۹). گسل‌های فرعی متعددی از این گسل‌های اصلی منشعب شده که لندفرم‌های منطقه را تحت تأثیر قرارداده است. یکی از این اثرات در زنجان رود ایجاد دره‌های عمیق و وسیع در رسوبات آلوویالی دشت‌های شمالی است. مردانی (۱۳۷۸) فعال بودن گسل‌های دشت زنجان را ازنظر زمین‌ساخت، تأیید کرده است. گسل-های فعال، گسل‌هایی هستند که در کواترنری پسین و به‌خصوص عهد حاضر دارای حرکات زمین‌ساختی‌اند و انتظار می‌رود و در آینده نیز با فعالیت مجدد خود دچار جابجایی نسبی شوند (بربریان و همکاران، ۳:۱۹۹۳). حوضه آبی زنجان رود، توسط ارتفاعات با روند شمال غربی- جنوب شرقی محصورشده است که ارتفاعات شمالی در امتداد شهر زنجان، به سمت شمال منحرف‌شده است. عبور زنجان رود از میان زمین‌های نسبتاً هموار، حوضه را به دو قسمت تقریباً مساوی شمالی و جنوبی تقسیم نموده است. درمجموع می‌توان گفت؛ توپوگرافی دشت‌های شمالی زنجان رود متأثر از عملکرد ترکیبی گسل‌های ارمغانخانه، تهم، زنجان رود و سهرین و تغییرات سطح اساس رودخانه‌های محلی است. رودخانه‌هایی که اغلب عمود بر محور اصلی کوهستان جریان داشته و با توجه به توسعه کم این رودخانه‌ها و اینکه نتوانسته‌اند فرسایش زیادی را در منطقه انجام دهند، جوان بودن منطقه را ازنظر ساختمانی نشان می‌دهد و همچنین اختلاف ارتفاع قسمت کوهستانی با قسمت دشت زیاد فاحش نیست که نشان‌دهنده قدرت کم فرسایش و نیروهای رودخانه‌های این ناحیه است ارتفاع بلندترین قسمت‌های فلات تقریباً ۲۸۰۰ متر و ارتفاع قله‌های

تپه‌های شاهد در قسمت دشت ۱۸۰۰ متر است. یک تغییر شیب ناگهانی، منطقه کوهستانی را با شیب ۲۰ تا ۳۰ درصدی به دشت و دشتگون با شیب ۲-۳ درصدی متصل می‌کند. گسل‌ها به خاطر ایجاد اختلاف ارتفاع در سطح زمین به‌خصوص در محل خروجی رودخانه‌ها از کوهستان شرایط مساعدی برای شکل‌گیری مخروط‌افکنه ایجاد می‌کنند و رودخانه را معمولاً مجبور به رسوب‌گذاری می‌کنند. انعکاس رسوبات در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی زنجان حاکی از نبود رسوبات مخروط‌افکنه ای جدید در سطح وسیع در پایین‌تر از جبهه کوهستان در شمال زنجان رود است درصورتی‌که همه رسوبات مخروط‌افکنه های قدیمی تمام دشت را پوشش داده‌اند. مطالعات میدانی دال بر این است که رودخانه‌ها هنگام خروج از کوهستان در دره‌های عمیقی جریان دارند که مانع از رسوب‌گذاری و شکل‌گیری مخروط‌افکنه می‌شوند. چنین دوگانگی شرایط متفاوت رسوب‌گذاری درگذشته و حال را می‌طلبد که با بررسی نقش گسل و تغییرات سطح اساس قابل‌ردیابی است. شواهد ژئومورفولوژیکی نشان می‌دهد که ناهمواری‌های شمالی زنجان در امتداد گسل ارمغانخانه- سهرین ارتفاع گرفته و گسل تهم، قره‌چریان عمود بر آن، دشت‌های شمالی زنجان را منقطع کرده و فعالیت آن‌ها توسط گسل زنجان محدود می‌شود. گسل ارمغانخانه- سهرین با زاویه نزدیک به قائمه از گسل زنجان منشعب می‌شود (شکل ۲). گسل‌های امتدادلغز، سبب ایجاد انفصال آبراهه در طول خط گسل می‌شوند که میزان جابه‌جایی آبراهه، می‌تواند شاهد مفیدی برای تعیین میزان حرکت امتدادلغزی گسل به شمار آید (رجبی و بیاتی خطیبی، ۱۳۹۰، ۸۸). دره‌های خطی در امتداد مسیر گسل‌های اصلی قرار دارند و به علت حرکت مداوم در مسیر جدید گسل توسعه می‌یابند (کلر و پینتر،۲۰۰۲، ۱۵۷). با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی، دره‌های عمیق واقع در دشت‌های شمالی زنجان رود، براثر بازشدگی مداوم جدید زمین در محل گسل‌ها ایجادشده‌اند و انحراف مسیر رودخانه‌ها در چنین دره‌هایی ناشی از نیروهای کششی منطقه است که به‌صورت همگرا، رودخانه‌ها را به سمت

بلوکی که بین سارمساقلو و قره‌چریان قرار دارد، منحرف کرده است. درواقع کشیده شدن خرده قطعات لیتوسفر به سمت سارمساقلو است که به‌صورت انحراف در رودخانه‌ها منعکس‌شده است.



شکل ۲: موقعیت گسل‌های اصلی فعال در زنجان رود

گسل ارمغانخانه- سهرین

این گسل با امتداد شمالی- جنوبی از مجاورت دو روستای ارمغانخانه و سهرین می‌گذرد. این گسل با گذر از غرب شهر زنجان به گسل زنجان برخورد می‌نماید، شواهد ژئومورفولوژیکی حاکی از محدود شدن فعالیت تکتونیکی آن به گسل زنجان می‌باشد، به‌گونه‌ای که در دشت‌های جنوبی زنجان رود، اثری از فعالیت آن دیده نمی‌شود. گسل ارمغانخانه از رودخانه سارمساقلو به‌طرف زنجان رود از پیشانی جبهه کوهستان فاصله گرفته و وارد دشت می‌شود. درواقع عملکرد گسل تهم به‌صورت عمود بر آن، منجر به تغییر ۲۲/۴ درجه‌ای امتداد ارتفاعات شمالی زنجان، به‌طرف شرق شده و گسل ارمغانخانه را از جبهه کوهستانی ارتفاعات شمالی زنجان خارج ساخته و از آن به بعد گسل وارد دشت شده است. اختلاف ارتفاع ایجادشده براثر حرکات قائم گسل ارمغانخانه تا زمانی

که در امتداد جبهه کوهستان بوده، با توجه به هم‌جوار بودن با ارتفاعات شمالی زنجان، قابل‌مشاهده و اندازه‌گیری دقیق نیست ولی از محلی که وارد دشت می‌شود؛ قابل‌اندازه‌گیری است. چنین حرکاتی در طی زمان اختلاف ارتفاع ۵۰ متری در دشت‌های شمالی زنجان رود به وجود آورده که در محل ورودی شهر، از طرف جاده قدیم زنجان- تبریز، کاملاً مشخص است.

گسل تهم

گسل تهم نقش محوری را در بین گسل‌های شمالی زنجان رود به عهده داشته، در این محل امتداد ناهمواری‌ها در حدود ۲۲/۴ درجه به سمت شرق متمایل می‌شود. امتداد کوه‌های شمالی زنجان در راستای این گسل از روند شمالی- جنوبی به شمال غرب- جنوب شرق منحرف‌شده است. نقطه ثقل و کانون تغییر امتداد ناهموارها در خط‌الرأس قرار دارد، به همین منظور به نظر می‌رسد مرکز ثقل انرژی‌های وارده بر این قسمت از ایران، به‌صورت نیروهای کششی است. بر اساس بررسی نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زنجان چنین تغییری باعث باز شدن حوضه آبی تهم و گسترش عرضی بیشتر دشت‌های شمالی زنجان براثر خرده گسل‌های تقریباً موازی شده است. شواهد ژئومورفولوژیکی در دشت‌های موردنظر بیان‌کننده این است که تغییر امتداد ناهمواری‌ها، منجر به شکستگی‌های متعددی هم چون گسل‌های تهم، سهرین و قره‌چریان، عمود بر امتداد ناهمواری‌ها شده است. در رودخانه سارمساقلو (تهم)، دره‌ای با عرض ۹۵۱ متر ایجاد گردیده که عمیق‌تر از دره‌های دیگر است.

گسل زنجان

گسل زنجان با امتداد شمال غرب- جنوب شرق خود، جزئی از گسل تبریز محسوب می‌شود که در حوضه زنجان رود فعالیت تکتونیکی گسل‌های تهم و ارمغانخانه را محدود و کنترل نموده است. گسل زنجان تقریباً از وسط حوضه که به‌صورت دشت نسبتاً همواری است، عبور می‌کند. شواهد ژئومورفولوژیکی دلالت بر وجود یک سیستم امتدادلغز راست‌گرد دارد. سیستم راست لغز راست‌گرد در منطقه زنجان، ادامه رو به جنوب شرق زون گسلی راست گردی است که از شرق ترکیه شروع می‌شود و در شمال غرب ایران به گسل شمال تبریز می‌پیوندد.

این سامانه گسلی همراه با گسل‌های چپ‌گرد البرز مرکزی (مانند؛ گسل‌های ایپک، شمال قزوین و مشا) گویای این است که بخشی از کوتاه شدگی این قسمت از ایران به‌صورت حرکت رو به شرق بلوک‌های پوسته انجام می‌شود (ثبوتی و همکاران،۱۳۸۷، ۱۸۷-۱۸۹).

۳. یافته ها و نتایج

شواهد ژئومورفولوژیکی دال بر تغییر سطح اساس

هم‌زمان با تشکیل فلات ایران و قرار گرفتن آن در زون کششی در اثر نیروهای عمودی و گسل‌های متعدد و بزرگ در جهات مختلف ساختار طاقدیس و ناودیس یا هورست و گرابن (کوهزایی پاسادنین) شدیدی به وجود آمد. درنتیجه، ناودیس‌ها و گرابن های فاقد نقطه خروجی، به‌عنوان سطوح انتهایی آبخیزهای بالادست عمل نموده و پلایاهای متعددی را ایجاد نمودند؛ مثل بالا آمدن کوه‌های مرکزی ایران که سبب پیدایش پلایاهای متعدد، ازجمله؛ پلایای لوت گردید. این چاله‌ها به دلیل شیب، مکان مناسبی برای تجمع آب‌های منقطع شده از دریاهای قدیمی بودند و بعضی از آن‌ها به دلیل ورود آب کافی و تبخیر کمتر از آن، تبدیل به دریاچه‌های دائمی و فصلی شدند. علاوه بر آن؛ حرکات کوهزایی اواخر پلیوسن، در نواحی مرتفع، سبب ایجاد دریاچه‌هایی در مناطق کوهستانی شده است. این دریاچه‌ها نیز به‌عنوان سطوح اساس محلی عمل می‌نمایند. بدین ترتیب می‌توان گفت؛ منشأ اولیه تشکیل پلایاها در ایران، ساختمانی می‌باشد (گسل خوردگی، چین‌خوردگی، فرونشینی و آتشفشانی) به‌عبارت‌دیگر تکتونیک به همراه اقلیم در ایجاد و تداوم این دریاچه‌ها در طول بازه‌های زمانی مختلف نقش اساسی داشته‌اند. تا زمانی که این دریاچه‌های پایدار باشند، به‌عنوان یک سطح اساس محلی و یک حوضه انتهایی عمل کرده و بدین ترتیب آبراهه‌های منتهی به این دریاچه‌ها به‌صورت شعاعی همگرا بوده و در مرکز این حوضه‌ها فرایند رسوب‌گذاری غلبه خواهد داشت و فعالیت تخریبی آن‌ها متوقف می‌شود؛ اما اگر بنا به هر دلیلی سد طبیعی این‌گونه دریاچه‌ها پاره شود و تغییری در سطح اساس به وجود آید، حجم زیادی از آب به همراه رسوبات بستر دریاچه، به سمت مکان خروجی جدید هدایت می‌شود. از طرفی فعالیت

آبراهه‌ها در مرکز چاله‌های قدیمی به‌صورت کاوشی تغییریافته و همچنین جهت آبراهه‌ها در بخشی از حوضه که نسبت به مسیر جدید رودخانه، متفاوت است، متحول گشته و فرم‌زایی در پایین‌دست این حوضه‌ها شدت می‌یابد. به عبارتی؛ چرخه جدیدی از فرسایش در منطقه مسلط می‌شود. تغییر در فرم منحنی‌های میزان، وجود رسوبات دریاچه‌ای، به همراه گستردگی سطوح هموار کم شیب و شبکه هیدروگرافی مخالف جهت آبراهه اصلی شواهدی بر این‌گونه تغییرات است.

بر همین اساس در بررسی توپوگرافی حوضه آبریز قزل‌اوزن یکی از موضوعات بحث‌برانگیز وجود شبکه هیدروگرافی شعاعی همگرا بود که این آبراهه‌ها ناگهان تغییر مسیر داده‌اند این تغییر مسیر در برخی مناطق بیش از ۱۸۰ درجه بوده که در مجاور رسوبات رسی – مارنی اتفاق افتاده است. علت تغییرات ناگهانی در جهت آبراهه‌ها، می‌تواند وجود سطوح اساس محلی و سپس تغییر آن‌ها به سطح اساسی دیگر باشد، چراکه توجه به توپوگرافی، نقاط ارتفاعی منفرد، قلل و جنس رسوبات (رسی-مارنی) منطقه بیان‌کننده؛ وجود دریاچه‌های قدیمی هستند. هم‌زمان باوجود و تداوم این دریاچه‌ها نهشته‌های دریاچه‌ای گسترش‌یافته و با تغییر در سطح اساس این دریاچه‌ها رسوبات تخلیه‌شده و فرم‌هایی بر جاگذاشته‌اند که بی‌شباهت به فرم‌های کویر لوت، یک پلایای شناخته‌شده، نیست. بدین ترتیب آنچه هم‌اکنون از بقایای دریاچه‌های قدیمی دیده می‌شود سطحی صاف، کم شیب و شوره‌زار با دانه‌بندی ریز و رسوبات تبخیری و تخریبی و کولابی، پادگانه‌های ساحلی، اشکال کلوت مانند، ناهمواری‌های بیضوی شکل (پشت کوهان شتری یا تخم‌مرغی شکل) به همراه برخی شاخص‌هایی چون؛ نقاط ارتفاعی منفرد، آبراهه‌های دوشاخه و خطوط تراز دفرمه است. در حوضه زنجان رود همان‌طوری که یافته‌های جعفری و بختیاری (۱۳۹۵) نیز تأیید می‌کنند آثار و شواهدی از ماسه‌های ساحلی فسیل در ارتفاع ۱۳۰۰ متری یافت شده است که بیان‌کننده وجود سطح اساس قدیمی در این منطقه است. ردیابی این پدیده در سطح زمان و وجود یک تغییر ناگهانی در فرم و ارتفاع دشت‌های

شمالی زنجان رود در ارتفاع ۱۵۰۰ متری، تغییر سطح اساس محلی شدیدی را در کواترنری مورد تأیید قرار می‌دهد. دشت‌های شمالی زنجان در ارتفاع ۱۵۰۰ متری به‌طور ناگهان از یک وضعیت هموار و بی عارضه خارج‌شده و به سطح ناهموار و پر عارضه‌ای تبدیل می‌شود. پوشش سطوح دشتی رسوبات آبرفتی درشت‌دانه‌ای است که با توجه به جریان رودخانه‌های این بخش از دره‌هایی همخوانی ندارد. درواقع عمق زیاد دره‌ها اجازه رسوب‌گذاری در چنین سطوحی را نمی‌دهد. از این ارتفاع به بعد استقلال جغرافیایی درها ازنظر تفاوت ارتفاعی با سطوح اطراف از بین می‌رود. این وضعیت حاکی از سطح اساس بالاتری بوده به‌گونه‌ای که به رودخانه‌ها اجازه جریان داشتن در ارتفاعی هم‌سطح دشت را می‌داده و مخروط‌افکنه های به‌هم‌پیوسته در آن زمان شکل‌گرفته‌اند؛ با پایین افتادن سطح اساس و انطباق رودخانه‌ها با خطوط گسلی شرایط حفر دره‌های عمیق فراهم‌شده است. چنین وضعیتی بیان‌کننده پایین افتادن سطح اساس در یک ارتفاع پایین‌تر از ۱۵۰۰ متر است (با توجه به شواهد ارتفاع ۱۳۰۰ متری). فرسایش قهقرایی یا رو به عقب در طی زمان توانسته است تا این ارتفاع تعادل ناشی از سطح اساس قبلی را بر هم زند.

شواهد ژئومورفولوژیکی دال برتغییراقلیم

شواهد یخچالی از مهم‌ترین آثاری هستند که تحولات اقلیمی گذشته و تغییرات آینده را می‌توان بر اساس آن‌ها پیش‌بینی کرد (آبراموسکی و همکاران[1]، ۲۰۰۶: ۱۰۸۰) که بر اساس بررسی حدود گسترش یخچالی و بررسی آثار و شواهد یخچال‌ها مطالعه می‌شود (سولومینا و همکاران[2]، ۲۰۰۴،۲۰۷) بااین‌حال باید توجه کرد همان‌طوری که محققان نیز تأکید کرده‌اند نباید انتظار داشت که در یک منطقه همه آثار و اشکال یخچالی وجود داشته باشند، بلکه با توجه به ماهیت یخچال‌های مناطق و ویژگی‌های فیزیوگرافیک متفاوت نواحی، طیف متنوعی از آثار و شواهد یخچالی را می‌توان ردیابی کرد که بدیهی است با

1- Abramowski et al

2- Solomina et al

نواحی دیگر متفاوت خواهند بود (استروان و همکاران[1]، ۲۰۱۳، ۵۱۱).
در اولـین گام با استفـاده از نقشه ۱/۵۰۰۰۰ به بـررسـی شاخص‌های مورفیک و فرم‌شناسی در این نقشه‌ها مبادرت شد. نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ به‌وضوح شرایـط توپوگرافی، عوارض و ناهمواری‌ها را به‌صورت خطوطی به نام منحنی میزان[2] نشان می‌دهد. خطوط منحنی میزان علاوه بر نمایش ارتفاع نقاط مختلف از سطح آب‌های آزاد، دارای قابلیت ارائه شاخص‌های مورفیک اند. بدین‌صورت که بر اساس آن‌ها می‌توان پدیده‌های مورفیک را از یکدیگر بازشناخت؛ حتی با استفاده از شبکه آبراهه‌ای، نحوه توزیع قلل و خطوط منحنی میزان در کنار یکدیگر علاوه بر بـازشناسی پدیده‌های ژئومورفیک یک منطقه، جنس و فرایندی را که باعث پیدایش و بروز چنین پدیده‌ها و اشکالی شده‌اند در نقشه‌ها مورد تفکیک قرارداد. یعنی با توجه به سه اصل نقطه، خط و سطح می‌توان به اثبات فرم و فرایند مبادرت کرد. این مسئله از روی اشکال مختلفی که خطوط با توجه به جنس و فرایند در یک منطقه از خود نشان می‌دهند مشخص می‌گردد (رامشت، ۱۳۸۵: ۲۷).

بر اساس آثار سیرکی منعکس‌شده در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ زنجان رود تعداد ۲۶۵ اثر سیرک یخچالی شناسایی شد. (جدول ۲). بیشترین آثار سیرک‌ها در ارتفاع بین ۲۲۰۰ تا ۲۴۰۰ شناسایی شد (۱۱۲ سیرک). سپس سیرک‌ها بر اساس مشخصه ارتفاعی به‌صورت نزولی مرتب‌سازی گردید و ارتفاعی که بیش از ۶۰٪ از سیرک‌ها بالاتر از آن واقع می‌شوند، برآورد و به‌عنوان ارتفاع برف مرز دائمی در نظر گرفته شد. این خط بیان‌کننده ارتفاع هم‌دمای صفر درجه زمان گذشته است که به‌وسیله آن می‌توان شرایط دمایی گذشته را بازسازی کرد. بررسی آثار یخچالی از روی خطوط منحنی میزان مؤید این نکته بود که؛ برف مرز دائمی در این قسمت از ایران در دوره کواترنری در ارتفاع ۲۲۷۰ متری بوده است. به این معنی که در سردترین دوره حاکم بر منطقه، از این ارتفاع به بالا، برف به‌صورت دائمی در تمام طول سال وجود داشته است و به‌عبارتی‌دیگر

1- Stroeven et al

2- contour line

متوسط دما بر روی این خط (ارتفاع) معادل صفر درجه سانتی‌گراد بوده و ارتفاعات بالاتر دمایی پایین‌تر از صفر درجه داشته‌اند.

جدول ۲: پراکندگی سیرک‌های کواترنری منطقه در کواترنری

	۱۹۰۰	۲۰۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۲۶۰۰	۲۷۰۰
ارتفاع	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	۲۰۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۲۶۰۰	۲۷۰۰	۲۸۰۰
تعداد سیرک	۲	۲۴	۴۶	۵۴	۵۸	۳۵	۲۴	۱۷	۵

یکی از فاکتورهایی که در فرایندهای ژئومورفولوژیکی منطقه موردمطالعه اثر زیادی دارد شرایط دمایی منطقه است. با افزایش ارتفاع، دما در مناطق کاهش می‌یابد ولی مقدار کاهش به عوامل مختلفی بستگی دارد که آن عوامل قادرند مقدار همبستگی را بین یک تا نزدیک به صفر و گاهی منفی نیز تغییر دهند. بررسی آماری ۱۲ ایستگاه اقلیمی که اطلاعات دمایی آن‌ها ثبت‌شده بود، نشان می‌دهد که افت آهنگ دما در منطقه موردمطالعه از رابطه خطی (۱) (با ضریب همبستگی ۰/۹۵۸-) تبعیت کرده که پس از انتقال این رابطه به مختصات رقومی و نقشه توپوگرافیک حوضه، حداکثر دمای متوسط سالانه در قسمت خروجی حوضه ۱۲/۴ سانتی‌گراد و حداقل آن در ارتفاعات هزار مسجد در قسمت شمالی برابر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

$$Y=-0.003x+15.75 \quad (۱)$$

معنی معادله رگرسیون فوق آن است که به ازای یک متر افزایش ارتفاع ۰/۰۰۳ کاهش دما اتفاق می‌افتد، یا به ازای هر صد متر در حدود ۰/۳ درجه سانتی‌گراد کاهش دما رخ می‌دهد که از شرایط کلی که در حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد به ازای هر صد متر ارتفاع است (کاویانی و علیجانی، ۱۳۹۰) فاصله دارد و دلیل آن ناشی از عوامل مختلفی است که تغییر رطوبت نسبی در منطقه به خاطر تفاوت در موقعیت نسبی در ارتباط با منابع رطوبتی، مهم‌ترین عامل آن است.

باوجود ارقام فوق، در تقسیم‌بندی نواحی حرارتی ایران، زنجان در ردیف سرزمین‌های مرتفع کوهستانی با ارتفاع بالاتر از ۱۵۰۰ متر قرارگرفته (علیجانی، ۱۳۸۱: ۶۵) که جهت تفسیر اقلیم این‌گونه نواحی، سطوح توپوگرافیک مرتفع همراه با عرض جغرافیایی بالا، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار، شناخته می‌شوند، استخراج ارقام مربوط به میانگین‌های ماهانه دوره سرد سال در ایستگاه موجود نشان می‌دهد که این حوضه، حداقل در پنج ماه از سال دماهای میانگین کمتر از پنج درجه سانتی‌گراد را متحمل می‌شود. از سوی دیگر تأمل در دماهای حداقل مطلق و تعداد روزهای یخبندان فعلی نیز نشان می‌دهد که ایستگاه‌های منطقه با بیش از ۱۰۰ روز یخبندان را همراه با دماهای حداقل مطلق از صفرتا ۳۰- درجه زیر صفر را که غالباً منطبق بر ماه‌های آذر، دی و بهمن است در آمارهای خود ثبت کرده‌اند. بنابراین باوجود شرایط اخیر همان‌گونه که امروزه حوضه زنجان رود به نحو مشخصی در قلمرو سطوح برودتی ایران قرار می‌گیرد، در آخرین دوران یخبندان کواترنری که دمای میانگین حداقل ۵ تا ۱۲ درجه کمتر از حال حاضر بوده است (جداری عیوضی، ۱۳۷۴، ۴۵) نیز برودت‌هایی که قطعاً بسیار شدیدتر از حال حاضر بوده را تحمل نموده و درنهایت باوجود دوره‌های سرد طولانی، استعداد کافی برای انباشتگی یخ و برف و ایجاد فرم‌های منتسب به فرایندهای یخچالی در محیط اقلیم دیرینه منطقه، وجود داشته است. برای محاسبه دمای گذشته حوضه موردمطالعه، می‌توان با استفاده از ارتفاع خط برف دائمی به روش رایت، شرایط اقلیمی گذشته بازسازی نمود (نعمت الهی و رامشت، ۱۳۸۲: ۹۵ و کمانه، ۱۳۸۵: ۱۴۳). برف مرز دائمی برآورد شده از این روش و درنتیجه خط هم‌دمای صفر درجه گذشته، رقم ارتفاعی ۲۲۷۰ متر را در منطقه مشخص می‌سازد. با توجه به رابطه (۱) دمای کنونی آن ۸/۹۴ درجه سانتی‌گراد برآورد می‌گردد. اگر این دما را از دمای ایستگاه‌ها کسر گردد شرایط دمایی گذشته برآورد خواهد شد. رابطه بین دماهای گذشته و ارتفاع ایستگاه‌ها به‌صورت رابطه (۲) برآورد گردید.

$$Y=-0.003x+6.81 \quad (۲)$$

به‌عبارت‌دیگر ارتفاع برف مرز سطحی است که بالاتر از آن یخزدگی دائم وجود

داشته است. انتقال این رقم به مختصات رقومی گره‌های استخراج‌شده ارتفاعی نقشه‌های توپوگرافی نشان می‌دهد که ۲۹۰ کیلومترمربع، از مساحت ۴۵۲۱ کیلومترمربعی منطقه، در آخرین دوره یخبندان کواترنری تحت استیلای یخ دائم بوده است. با توجه به اینکه کسر کوچکی از منطقه بالاتر از برف مرز قرار می‌گرفته است (حدود شش درصد) و همه منطقه موردمطالعه دمایی پایین‌تر از پنج درجه سانتی‌گراد را داشته، باید دید خط تعادل آب‌ویخ کواترنری منطقه چه وضعیتی داشته است.

حداکثر گسترش زبانه‌های یخچالی کواترنری، یعنی؛ جایی که به خاطر درجه حرارت یخچال دیگر قادر به پیشروی به ارتفاعات پایین‌دست نبوده را به‌عنوان خط تعادل آب‌ویخ معرفی کرده‌اند (رامشت و شاه زیدی، ۱۳۹۰: ۲۰۲). یخچال‌های دره‌ای حساسیت زیادی در برابر تغییرات اقلیمی از خود نشان می‌دهند و اندک تغییری در شرایط عناصر و عوامل اقلیمی را منعکس می‌نمایند. نکته حائز اهمیت این است که ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ پایین‌تر از ارتفاع برف مرز دائمی است به عبارتی یخچال‌های کوهستانی که به‌خوبی تغذیه‌شده‌اند توانسته‌اند صدها متر پایین‌تر از محل تشکیل، جریان یابند و بالاخره در ارتفاع خاصی به‌واسطه افزایش نسبی دما و ذوب یخ دیگر قادر به پیشروی نبوده و از آن به بعد آب ذوبان جانشین یخچال شده است (محمودی، ۱۳۷۸: ۲۳۵، مهرشاهی و بقایی نیا، ۱۳۹۱: ۷۲).

بر اساس مطالعات یخچال شناسانی همچون رواقی (۱۳۷۹)، طالبی (۱۳۸۰)، مغیث (۱۳۷۹)، رامشت (۱۳۸۱)، شوشتری (۱۳۸۲) و نعمت الهی (۱۳۸۲) ارتفاع این خط در دوران یخچالی با خط هم‌دمای پنج درجه سانتی‌گراد منطبق بوده است. با توجه به رابطه (۲) و ارتفاع پست‌ترین قسمت حوضه (۱۱۰۳ متر) در دوران یخچالی کل منطقه موردمطالعه، دمایی کمتر از پنج درجه سانتی‌گراد داشته است، ولی دلیلی بر آن نیست که یخچال می‌توانسته تا این مکان جریان داشته باشد. شواهد ژئومورفولوژیکی پیشروی یخچال را تا ارتفاعی بالاتر از این مکان نشان می‌دهد. چنین وضعیتی ناشی از این است که مناطق مرتفع تغذیه‌کننده‌ی یخچال، یا وجود

نداشته یا از شرایط مطلوبی برخوردار نبوده‌اند، به همین دلیل به ردیابی آثار یخچالی منطقه با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی همچون؛ مورن های سرگردان و دره‌های یخچالی، پرداخته شد. با توجه به ارتفاع بیشتر ناهمواری‌های شمالی و لیتولوژیک منطقه که بیشتر از سنگ‌های آندزیت و درونی است، شواهد مورنی در دامنه‌های این‌گونه ارتفاعات بیشتر از دامنه‌های جنوبی است، به‌طوری‌که در این منطقه مورن های سرگردان بخصوص در دره سهرین که از قله خیرالمسجد، مرتفع‌ترین قله منطقه موردمطالعه، منشأ می‌گیرد، بیش از سایر جاها مشاهده می‌شود. درهای U شکل در امتداد سه دره اصلی منطقه یعنی؛ سارمساقلو، ارمغانخانه و سهرین ایجادشده و در ساحل سمت چپ رودخانه تا اطراف روستای کوشکن، پنج کیلومتری جاده قدیمی زنجان- تبریز شکل اولیه خود را حفظ کرده‌اند. این دره‌ها که با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی ترکیبی از دره‌های یخچالی- تکتونیکی- و آبی هستند تا ارتفاع ۱۵۵۰ متری امتداد دارند. چنین ارتفاعی بر اساس روابط ارائه‌شده در شرایط کنونی دمایی معادل ۱۱/۱ درجه سانتی‌گراد و در شرایط کواترنری دمای ۲/۱۶ درجه سانتی‌گرادی داشته‌اند. البته مورن های سرگردان تا ارتفاع ۱۶۷۵ متری منطبق با دمای ۱/۸ گذشته و ۱۰/۷ کنونی، رؤیت شده است.

از طرفی با توجه به ارتفاع برف مرز منطقه و وجود رسوبات یخچالی و مورن های سرگردان در مسیر دره‌ها دخالت فعالیت‌های یخچال‌های کواترنری را در پیدایش دره‌ها مورد تأیید قرار می‌دهد. ارتفاع برف مرز این منطقه در دوره کواترنری در ارتفاع ۲۲۷۰ متری بوده که با توجه به ارتفاع هم‌دمای پنج درجه، برای برآورد ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ، به نظر می‌رسد جریان یخچال به خارج از حوضه زنجان رود منتقل می‌شده است. درصورتی‌که توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی منطقه حاکی از آن است که ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ منطقه، بالاتر از هم‌دمای پنج درجه سانتی‌گراد بوده و با خط هم‌دمای ۲/۷ درجه سانتی‌گراد گذشته در ارتفاع ۱۵۵۰ متری منطبق بوده است یعنی جایی که دره‌ها هنوز به خود زنجان رود نرسیده و شکل اولیه خود را حفظ

نموده‌اند. با توجه به مطالب فوق و وجود آب در این‌گونه دره‌ها، تأثیر تکتونیک، یخچال و آب در پیدایش دره‌ها و درنهایت تحول دشت‌های شمالی زنجان رود در طی زمان امر اجتناب‌ناپذیر است.

نتیجه‌گیری

یکی از خصوصیات منحصربه‌فرد دشت‌های شمالی حوضه آبی زنجان رود، وجود آبراهه‌هایی است که به‌صورت موازی، در دره‌های عمیقی جریان دارند، وجود سطوح هموار و کم شیب اطراف دره‌ها، حاکی از آن است که لندفرم‌های موجود با فرآیندها و شرایط ژئومورفولوژیکی امروزی همخوانی مناسبی ندارند. دره‌های عمیق و آبشخور مانند در دل دشت‌های کم شیبی قرار دارند که به دلیل جهت شیب موازی دشت با دره، رواناب‌ها به دره‌ها هدایت نشده و موازی با آن‌ها جریان می‌یابند. از طرفی با توجه به مشخص بودن کنیک کوهستان در نقشه‌های توپوگرافی و شواهد میدانی، در ارتفاعات شمالی حوضه زنجان رود، شرایط تشکیل مخروط‌افکنه وسیع در شرایط کنونی وجود ندارد. باوجود وسعت قابل‌توجه حوضه آبریز رودخانه‌های سهرین، سارمساقلو و قره‌چریان در بالاتر از جبهه کوهستان، هنگام خروج از کوهستان به دلیل جاری شدن در دره‌های عمیق شرایط ایجاد مخروط‌افکنه را ندارند؛ چراکه در دره‌هایی جریان می‌یابند که عمق آن‌ها در پیشانی کوهستان از صد متر نیز تجاوز می‌کند و در طول زیادی از مسیر با حفظ اختلاف ارتفاع اولیه یا به زنجان رود متصل می‌شوند یا با تبدیل‌شدن دشت‌های کم عارضه به سطوح ناهموار، دره‌ها نیز تقریباً هم‌ارتفاع سطوح اطراف شده و هویت قبلی را از دست می‌دهند. بر اساس نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی زنجان، حفر این دره‌ها در رسوبات مخروط‌افکنه ای به‌هم‌پیوسته‌ای اتفاق افتاده که زیربنای آن‌ها کنگلومرا، سیلت و ماسه‌سنگ پلیوسن است. چنین ویژگی‌هایی بیان‌کننده دو وضعیت متفاوت فرایندی در طی زمان است؛ یکی حاکمیت فرایند آلوویالی یعنی مرحله‌ای که رودخانه‌ها در دره‌های عمیق جریان نداشته و قادر به رسوب‌گذاری سطحی و ایجاد مخروط‌افکنه های به‌هم‌پیوسته را داشته است؛ دیگری حاکمیت فرایند

فلوویالی، مرحله‌ای همانند شرایط کنونی که رودخانه‌ها قادر به ایجاد مخروط‌افکنه نبوده و مجبور به عبور از دره عمیقی هستند و با حفظ شرایط توپوگرافیکی اولیه، به رودخانه زنجان رود متصل می‌شوند. حفر دره‌ها به‌گونه‌ای است که رسوبات مخروط‌افکنه ای را فرسایش داده و به رسوبات کنگلومرایی سخت رسیده و حفر را در رسوبات کنگلومرایی ادامه داده است. چنین عملکردی نشان‌دهنده تحمیل شدن نیرویی بر منطقه است که از مخروط‌افکنه های قدیمی و فسیل‌شده جوان‌تر و از آبراهه‌های کنونی قدیمی‌تر بوده است. چنین نیرویی با توجه به رسوبات آبرفتی و برش آن‌ها به تحولات کواترنری نسبت داده‌شده است؛ ارتفاع یافتن ارتفاعات شمالی زنجان براثر گسل ارمغانخانه- سهرین، به قبل از کواترنری برمی‌گردد؛ مسلماً پیدایش گسل‌هایی که هم‌اکنون مسیر رودخانه‌های اصلی را تشکیل می‌دهند نیز به همان زمان برمی‌گردد. ولی آنچه شرایط آلوویالی گذشته فراهم می‌ساخته، وجود سطح اساس متفاوت‌تر از امروز بوده است. با بررسی‌های بسیار زیاد منطقه ترکیبی از رسوبات رس با ماسه در ارتفاع ۱۳۰۰ متری یافت شد که بیان‌کننده قسمتی از ساحل سطح اساس گذشته در این ارتفاع است؛ با تعقیب بیشتر این رسوبات وجود سطح اساسی در این ارتفاع تأیید و اثرات تغییر آن در دشت‌های شمالی زنجان رود مورد ارزیابی قرار گرفت. بر همین اساس در بررسی توپوگرافی حوضه آبریز قزل‌اوزن یکی از موضوعات بحث‌برانگیز وجود شبکه هیدروگرافی شعاعی همگرایی است که ناگهان تغییر مسیر می‌دهند. این تغییر مسیر در برخی مناطق بیش از ۱۸۰ درجه در رسوبات رسی – مارنی اتفاق افتاده است. علت تغییرات ناگهانی در جهت آبراهه‌ها، می‌تواند وجود سطوح اساس محلی و سپس تغییر آن‌ها به سطح اساسی دیگر باشد، چراکه توجه به توپوگرافی، نقاط ارتفاعی منفرد، قلل و جنس رسوبات (رسی-مارنی) منطقه بیان‌کننده؛ وجود دریاچه‌های قدیمی هستند. هم‌زمان باوجود و تداوم این دریاچه‌ها نهشته‌های دریاچه‌ای گسترش‌یافته و با تغییر در سطح اساس این دریاچه‌ها رسوبات تخلیه‌شده و فرم‌هایی بر

جاگذاشته‌اند که بی‌شباهت به فرم‌های کویر لوت، به‌عنوان یک پلایای شناخته‌شده، نیست. بدین ترتیب آنچه هم‌اکنون از بقایای دریاچه‌های قدیمی دیده می‌شود سطحی صاف، کم شیب و شوره‌زار با دانه‌بندی ریز و رسوبات تبخیری و تخریبی و کولابی، پادگانه‌های ساحلی، اشکال کلوت مانند، ناهمواری‌های بیضوی شکل (پشت کوهان شتری یا تخم‌مرغی شکل) به همراه برخی شاخص‌هایی چون؛ نقاط ارتفاعی منفرد، آبراهه‌های دوشاخه و خطوط تراز دفرمه است. از طرف دیگر وجود شواهد دیگری به‌جز U شکل و وسیع بودن دره‌ها، مثل قطعات بزرگ سنگی که از آن‌ها به‌عنوان مورن های سرگردان یاد می‌شود و رسوبات تیلت در دره‌ها، دخالت فرایند یخچالی را بعد از تغییر سطح اساس منطقه تأیید می‌کند درحالی‌که فرایند مسلط امروزی فرایند فلوویال هست.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.

تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- آر. یوکوک، جی. سی. دورکمپ، (۱۳۷۷). *ژئومورفولوژی و مدیریت محیط*. ترجمه شاپور گودرزی‌نژاد، انتشارات سمت، تهران، ۲۹۹.
- ثبوتی، ف.؛ حسامی، خ.؛ قدس، ر.؛ طبسی، ه.؛ و عسگری، ر. (۱۳۸۷). لرزه‌خیزی و گسلش فعال در زنجان و مناطق مجاور. سیزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۱۸۹-۱۸۷.
- جداری عیوضی، ج. (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دوم، ۱۰۶.
- جعفری، غ. ح.؛ و بختیاری، ف. (۱۳۹۵). بررسی هیدرو ژئونروتیک حوضه آبی قزل اوزن. جغرافیا و توسعه، شماره ۴۵، ۲۲۱-۲۴۲.
- جعفری، غ. ح.؛ و رامشت، م. ح. (۱۳۹۲). فرایندهای ژئومورفولوژیک و تأثیر آن‌ها در برآورد سیلاب. اندیشه جغرافیا، دو فصلنامه، شماره ۱۳، ۱۰۱-۱۱۸.
- رامشت، م. ح. (۱۳۸۲). نظریه کیاس در ژئومورفولوژی. جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان، شماره ۱، ۳۷-۱۳.
- رامشت، م. ح. (۱۳۸۵). نقشه‌های ژئومورفولوژی. انتشارات سمت، ۱۹۰.
- رامشت، م. ح.؛ و شاه زیدی، س. س. (۱۳۹۰). کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی، منطقه‌ای، اقتصادی، توریسم. انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ دوم، ۳۹۲.
- رامشت، م. ح.؛ و شوشتری، ن.؛ (۱۳۸۳). آثار یخساری و یخچالی در سلفچگان قم، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، ۱۳۲-۱۱۹.
- رامشت، م. ح.؛ و کاظمی، م. م. (۱۳۸۶). آثار یخچالی در حوضه اقلید فارس. رشد آموزش جغرافیا، شماره ۷۹، ۱۱-۳.
- رامشت، محمدحسین، (۱۳۸۱). آثار یخچالی در زفره اصفهان. طرح پژوهشی شماره ۸۰۰۳۰۵ مصوب ۱۳۸۱/۳/۲۷ شورای پژوهشی دانشگاه اصفهان.
- رجبی، م.؛ و بیاتی خطیبی، م. (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی شمال غرب ایران. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز،۲۸۸.
- رواقی، ف. (۱۳۷۹). آثار یخچالی در دره طرق. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، رامشت، محمدحسین، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی.

- ریچارد چ. جی.؛ و همکاران، (۱۳۷۹). ژئومورفولوژی جلد چهارم. ترجمه معتمد، احمد، انتشارات سمت، ۲۶۸.
- شوشتری، ن.؛ (۱۳۸۲). یخسارهای ایران مرکزی منطقه سلفچگان. رامشت، محمدحسین، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی.
- طالبـی، ح. ر. (۱۳۸۱). بررسی آثار یخچالی در زفره اصفهان. رامشت، محمدحسین، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی.
- علایی طالقانی، م. (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی ایران. تهران، نشر قومس، ۳۶۰.
- علیجانی، ب. (۱۳۸۱). آب‌وهوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۲۱.
- کاویانی، م.؛ و علیجانی، ب. (۱۳۹۰). مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت، چاپ شانزدهم، ۵۸۲.
- کمانه، سید عبدالعلی، (۱۳۸۵). نقش تغییرات سطوح اساس محلی و اقلیمی دوره کواترنری بر تحولات ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی: رودخانه کر). رامشت، محمدحسین، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.
- محمودی، ف. (۱۳۶۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر؛ مجله پژوهش‌های جغرافیایی، دانشگاه تهران، ۵-۴۴.
- محمودی، ف. (۱۳۷۸). ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۸.
- معتمد، ا. (۱۳۸۲). جغرافیای کواترنر. انتشارات سمت، ۲۴۹.
- معیری، م.؛ رامشت، م. ح.؛ تقوایی م. تقی زاده، م. م. (۱۳۸۸). مواریث یخچالی در حوضه صفاشهر- استان فارس. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان علوم انسانی، جلد ۱، شماره ۳۲، سال ۴، صص: ۱۳۰-۱۰۹.
- مغیث، م. (۱۳۷۹). ردپای آثار یخچالی در دره هنجن. رامشت، محمدحسین، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی.
- مهرشاهی، د.؛ و بقایی نیا، ع. ر. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات احتمالی دما و بارش کواترنری پایانی در دامنه‌های شمالی شیرکوه با استفاده از شواهد یخچالی (حوضه آبریز فخرآباد یزد). جغرافیا فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی جغرافیا، دوره جدید، سال دهم، شماره ۳۴، پاییز، ۶۵-۸۴.

- نعمت الهی، ف.؛ و رامشت، م. ح. (۱۳۸۵). آثار یخساری در ایران؛ نشریه دانشکده علوم انسانی تبریز، شماره ۳، ۱۴۳-۱۶۳.
- نعمت الهی، ف. (۱۳۸۲). آثار یخچالی حوضه آبی نمدان فارس. رامشت، محمدحسین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، گروه جغرافیا.
- Abramowski, U., Bergau, A., Seebach, D., Zech, R., Glaser, B., Sosin, P., Kubik, P.W., Zech, W., (2006). Pleistocene glaciations of central Asia: results from 10Be surface exposure ages of erratic boulders from the Pamir (Tajikistan), and the Alay-Turkestan range (Kyrgyzstan). *Quat. Sci. Rev*. 25, Pp: 1080-1096.
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). Active Tectonics: Earthquake, Uplift and Landscape, Prentice Hall Publication, London
- Nash, D., (1994). Dugicurust development and valley evolution, Earth surface processes and landforms.11:7001-117.
- Ohmori, H. (1996). Morphological characteristics of longitudinal profiles of rivers in the South Island, New Zealand.
- Radoane, M. Nicolae, R. and Dan, D. (2003). Geomorphological evolution of longitudinal river profiles in the Carpathians. Geomorphology. 50: 293-306.
- Sant, D. A. and Vadodara, K. R. (1993). Drainage evolution of the lower Naramada vally, western India. Geomorphology. 8: 221-244.
- Solomina, O., Barry, R., & Bodnya, M. (2004). the retreat of Tien Shan glaciers (Kyrgyzstan) since the little ice age estimated from aerial photographs, lichen metric and historical data. Geografiska Annaler, 86A, 205–215.
- Stroevena, A.P., Ttestranda, C, H. Jakob H., b., Johan, K., Bjorn, M. M. (2013). Glacial geomorphology of the Tian Shan., Journal of Maps, Vol. 9, No. 4, 505–512.
- Tipping, (1994). fluvial chronology and valley floor evolution of the upper Bowmontalley, Borders

region, Scotland. Earth surface processes and landforms.19:641-657.

- Wallerstein. P. N. and Thorne, C. R. (2004). Influence of large woody debris on morphological evolution of incised.Geomorphology.51: L53-73.
- Zelilidis, A. (2000). Drainage evolution in a rifted basin, Corinth graben, Greece. Geomorphology. 35:69-85.