

## Glacial and Tectonic Evidence of Late Quaternary in Cheshmeh - Langan Basin of Isfahan

### ARTICLE INFO

#### Article Type

Original Research

#### Authors

Sharifi Najaf Abadi R.\* PhD

#### How to cite this article

Sharifi Najaf Abadi, R. (2018). Glacial and tectonic evidence of late quaternary in Cheshmeh - Langan basin of Isfahan. Iranian Journal of Geographical Researches. 2018; 33 (3) :223-237.  
DOI: 10.29252/geores.33.2.223

\*Department of Basic Science, Farhangian University, Tehran, Iran

#### Correspondence

Sharifi1010@gmail.com

#### Article History

Received: January 31, 2018

Accepted: August 6, 2018

ePublished: September 17, 2018

### ABSTRACT

**Introduction and Background:** Quaternary is the newest life span of the planet. Contrary to the shortness of time, evidences show the diversity and significance of the events that took place.

**Aims:** In this paper, based on the of climate and Structural geomorphology, the history of natural changes in the Cheshmeh-Langan Basin located northwest of Isfahan province during the late quaternary period has been studied.

**Methodology:** This basin is located in central part of Zagros mountain range and Sanandaj-Sirjan zone and Zagros' fault passes from its west. In order to achieve such a goal, using available climatic data and combining it with Write method, the temperature was measured in the last glacial period and the morphology of the area was rebuilt at that time. Also, Morphological indices of active tectonic have been measured using Digital Elevation Model from topography in accuracy of 30 m in ARCMAP, ARC INFO, and GOLOBAL MAPER software.

**Conclusion:** According to the evidence given, at the last *Quaternary* glacial phase, 72 Percent of the zone has been covered constantly with snow and ice. In such these conditions, the snow cumulated over mountainous cirques may have formed the glaciers inclined toward the foot of a *mountain* and U-shape valleys. These secondary glaciers have been extended after connecting each other in direction of general earth slope and directed to out of the basin. There are many valleys in this area in V form and not only their orientation has no correspondence with glacial directions, but also they intersect glacial directions. Studying different indices indicating dynamic tectonic and the faults of the zone reveals that after the last glacial period, the faults have been active in this zone, caused new tectonic movements. That has led to a renewal of the erosion cycle and has transformed the area into a decaying plateau. These matters are matched with Theodore Oberlander theory about Zagros stream. Accordingly, it is expected that in the future, the erosion rate in the area will still be high and tidal activities will also occur.

**Keywords:** Fault Valleys, Quaternary Period, Mountain Glacier, Chashme-Langan Basin

### CITATION LINKS

(Abedin Derkush, 2002); (Abgoun, 2009); (Akbari & Moazen Jamshidi, 2013); (Akbari, Sameti, Samadi, & Nasr Esfahani, 2010); (Akbari & Yarmohammadian, 2013); (Akhundi, 2011); (Amozad Mehdiraji, Jalali, Alipur, Papoli Yazdi, & Ghorbani, 2016); (Ayatollahi, 2008); (BasiriParsa & Akbari, 2011); (Dastgerdi, 2011); (Foruzandeh Dehkordi, Sabour, & Kosari, 2011); (Ghalehdar, 2002); (Ghanbari, Mousavi, Saeid Abadi, Bagheri Kashkoli, & Hoseini Amini, 2010); (Goldost, Allahyari, & Abedi, 2013); (Hamunpad Consulting Engineers, 2004); (Huang, Leung, & Qu, 2015); (Ismail-Pour, Dehghandekhordi, Abdali, & Ildromi, 2014); (Jamshidzadeh, 2000); (Jamshidzadeh, 2002); (Liang & Wang, 1993); (Mahdavi, Najafi Kaani, & Mosayebi, 2014); (Masoum & Aliabadi, 2001); (Moazezimoghdam, 2002); (Mozaffari, Papoli Yazdi, Vossughi, & Hataminejad, 2017); (Nasr Esfahani, Akhundi, Shahidi, & Shiri, 2010); (Nesari, Montazeri, & Hosseinzadeh, 2015); (Razazian, 2008); (Sarkheili & Rafiyan, 2009); (Sharzeyi, 2008); (sollivan, 2003); (Ziari, Mahdi, & Mahdian, 2012); (Ziari, Mohammadi, & Attar, 2011)

## شواهد یخچالی و زمین‌ساختی کواترنر پسین در حوضه چشمه لنگان اصفهان

پذیرش نهایی: ۹۷/۵/۱۵

دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۲۷

DOI: 10.29252/geores.33.2.223

### چکیده

**مقدمه:** کواترنر جدیدترین دوره عمر کره زمین است. برخلاف کوتاهی این برهه از زمان، شواهد موجود گواه تنوع و اهمیت رخ دادهای صورت گرفته در آن می‌باشد.

**اهداف:** در این مقاله بر اساس آثار ژئومورفولوژی اقلیمی و ساختمانی تاریخ تحولات طبیعی حوضه چشمه لنگان واقع در شمال غرب استان اصفهان در طی کواترنر پسین مورد مطالعه قرار گرفته است. این حوضه در بخش مرکزی رشته کوه زاگرس و زون سندج - سیرجان قرار گرفته و ابرگسل زاگرس از غرب آن عبور می‌کند.

**مواد و روش‌ها:** برای دستیابی به چنین مقصودی، با استفاده از داده‌های اقلیمی موجود و تلفیق آن با روش رایت، نسبت به تعیین دمای منطقه در آخرین دوره یخچالی اقدام گردیده و مورفولوژی آن زمان بازسازی شده است. همچنین، شاخص‌های ریخت‌سنجی زمین‌ساخت فعال با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۳۰ متر در محیط‌های نرم‌افزاری آرک‌مپ، آرک‌ویو و گلوبال‌مپر اندازه‌گیری شده‌اند.

**نتیجه‌گیری:** در آخرین مرحله یخبندان کواترنر تقریباً ۷۲ درصد منطقه همواره پوشیده از برف و یخ بوده است. در چنین شرایطی برف‌های انباشته شده در سیرک‌های کوهستانی، یخچال‌هایی را تشکیل می‌داده‌اند که به سمت دامنه کوه‌ها سرازیر شده و دره‌های U شکلی را حفر می‌کرده‌اند. این یخچال‌های فرعی پس از اتصال به یکدیگر، در جهت شیب کلی زمین به خارج از حوضه هدایت می‌شده‌اند. علاوه بر آن، دره‌های تکتونیک‌ی زیادی در این محدوده وجود دارند که فرم V شکل داشته و نه تنها جهت‌گیری آن‌ها هیچ انطباقی با مسیرهای یخچالی ندارد، بلکه مسیرهای یخچالی را نیز قطع می‌کنند. بنابراین، آشکار شد که پس از آخرین دوره یخچالی، گسل‌ها در این منطقه فعالیت داشته و موجب حرکات زمین‌ساخت جدیدی شده‌اند که به تجدید سیکل فرسایش منجر شده و این منطقه را به یک فلات در حال تجزیه تبدیل کرده‌اند. این موضوع با نظر تئودور اوبرلندر در مورد روند تکوین رودخانه‌های این منطقه از زاگرس همخوانی دارد. براین اساس، پیش‌بینی می‌شود که در آینده همچنان نرخ فرسایش در این منطقه بالا بوده و فعالیت‌های زمین‌ساختی نیز امکان وقوع خواهند داشت.

**واژگان کلیدی:** دره‌های گسلی، دوره کواترنر، یخچال‌های کوهستانی، حوضه چشمه لنگان

### مقدمه

در جدول تقسیمات زمان زمین‌شناسی، کواترنر آخرین و کوچک‌ترین دوره محسوب می‌شود. قبلاً حد تحتانی کواترنر بین ۶۰۰ هزار تا ۳ میلیون سال در نظر گرفته می‌شد، ولی در سال ۱۹۸۹ مجمع بین‌المللی علوم زمین حد تحتانی آن را ۱/۶ میلیون سال پیش اعلام کرد (Motammad, 1998). دوره کواترنر خود به دو بخش پلیستوسن و هولوسن تقسیم می‌شود که پلیستوسن

از اواخر پلیوسن در ۱/۶ میلیون سال پیش شروع و تا ۱۰ هزار سال قبل ادامه داشته و به قسمت‌های کوچک‌تر پلیستوسن تحتانی، میانی و پسین تقسیم شده است.

در پلیستوسن تحتانی یخچال گونز<sup>۱</sup>، در پلیستوسن میانی یخچال‌های ریس<sup>۲</sup> و میندل<sup>۳</sup> و در پلیستوسن پسین نیز یخبندان وورم<sup>۴</sup> رخ داده است (Motammad, 1998). از ۱۰ هزار سال پیش تا به امروز که هولوسن<sup>۵</sup> نامیده می‌شود، به مرور هوا گرم‌تر شده و شرایط اقلیمی فعلی بر سطح زمین حاکم شده است. در حال حاضر همه پژوهشگران داخلی و خارجی در مورد وجود یخچال‌های کوهستانی پلیستوسن ایران متفق‌القول هستند. اهمیت این یخچال‌ها در مجموع، از غرب به شرق و از شمال به جنوب کاهش می‌یافته است. متراکم‌ترین نواحی ایران از لحاظ آثار یخچال‌های قدیمی البرز، طالش، آذربایجان شرقی و کردستان شمالی بوده که متأسفانه برخی از آن‌ها به کلی ناشناخته مانده‌اند (Mahmoodi, 1998). اولین اظهار نظر کلی درباره آثار مورفولوژیکی یخبندان‌های کواترنری ایران توسط ژاک دومرگان<sup>۶</sup> در سال ۱۸۹۰ میلادی صورت گرفته است. وی از سیرک یخچالی قدیمی اشتران کوه (در ارتفاع ۳۸۰۰ متری) و سیرک دیگری در قلیان کوه (۲۴۴۰ متری) نام برده است (Ramesht, 2011). همچنین، مطالعات هانس بوبک در رشته‌کوه‌های البرز و ارتفاعات کردستان (۱۹۳۳ میلادی) و دزیو (۱۹۳۴ میلادی) در زرد کوه بختیاری قابل توجه است (Jedari Eyvazi, 2008). در بررسی‌های صورت گرفته در کوه‌های مارشان منطقه زفره اصفهان، نزدیک به ۹۰ سیرک یخچالی شناسایی شده و خط برف دائمی در آخرین مرحله یخچالی در ارتفاع ۲۶۸۰ متری تعیین گردیده و آثار دره‌های U شکل و مورن‌ها گزارش شده است (Ramesht, 2004). مطالعه دره شهرستانک البرز مرکزی به شناسایی سیرک‌های یخچالی و پیشنهاد ارتفاع خط برف دائمی ۲۶۱۶ متر منجر شده است. در این منطقه وجود یخرفت‌های کواترنر با ۵۸۰۰ متر طول و ۳/۵ کیلومتر مربع مساحت، دره‌های U شکل، تخته‌سنگ‌های سرگردان و دره‌های کور محرز گردیده است (Yamani & Zamani, 2007). در محدوده ده بکری بم نیز یکی از بزرگ‌ترین برف‌خانه‌های ایران شناسایی شده که زبانه‌های یخی آن تا ارتفاع ۱۴۰۰ متری پایین آمده و دره‌ای U شکل را به وجود آورده است (Ramesht & Pourdehghan, 2008).

آخرین فاز کوه‌زایی آلپ در ایران حدود ۱/۸ میلیون سال پیش و در اواخر پلیوسن و شروع کواترنر عمل کرده و سرزمین ایران و نواحی مجاور را به شکل امروزی درآورده است. در اثر فشردگی زمین در این فاز، رسوبات پلیوسن به همراه لایه‌های قدیمی‌تر چین‌خورده، فلات ایران و کوه‌های حاشیه‌ای و داخلی آن ارتفاع امروزی خود را به دست آورده‌اند (Jedari Eyvazi, 2008). رویداد اصلی پاسادین در حدفاصل پلیستوسن تحتانی و پسین رخ داده و پس از آن جنبش‌های دیگری نیز در فواصل ۳۲۰ تا ۲۵۰ هزار سال، ۱۲۰ تا ۷۳ هزار سال و بالاخره آخرین آن در ۱۰ هزار سال پیش وارد عمل شده است. جنبش‌های امروزی پاسادین نیز با تداوم فعالیت‌های آتشفشانی، رخداد زمین‌لرزه، گسلش و از همه فراوان‌تر، فراخاست پوسته زمین به صورت منطقه‌ای و محلی قابل‌بازشناسی هستند (Hussein Khan Nazer, 2015). فعالیت‌های نئوتکتونیک در حوضه آبریز قرقنوچای با وجود شبکه‌های زهکشی معکوس، تراس‌های رودخانه‌ای، گسل‌ها، چین‌خوردگی‌ها و بالاآمدگی گنبد‌های نمکی به اثبات رسیده است (Bayati Khatibi, 2009). از انطباق رسوبات جوان کواترنر، شکستگی‌ها و گسل‌های موجود و بررسی شاخص‌های زمین ریخت‌سنجی مشخص شده که نواحی شرق و شمال استان مرکزی حوالی شهرهای آشتیان، تفرش، فراهان و ساوه جنبایی بالاآمدگی بالایی دارند (Tabasi & Najimi, 2016). با استفاده از شاخص‌ها و همچنین استناد به شواهد مختلفی

<sup>1</sup> Gunz

<sup>2</sup> Riss

<sup>3</sup> Mindel

<sup>4</sup> Wurm

<sup>5</sup> Holocene

<sup>6</sup> De Morgan

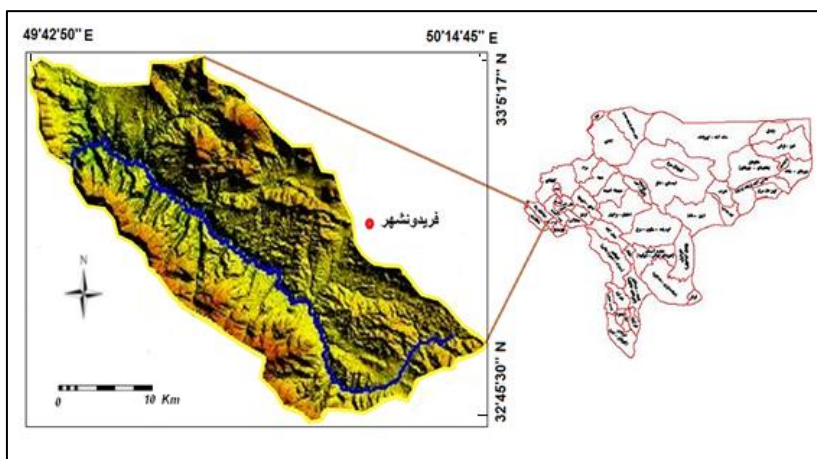
مانند افزای گسلی جوان، رودخانه‌های منحرف‌شده، پشته‌های فشاری، پشته‌های مسدودکننده، پشته‌ها و دره‌های خطی، چشمه‌ها و استخرهای فرونشینی حرکت‌های قطعات مختلف گسل راستگرد کوهبنان در حاشیه جنوب شرقی ایران مرکزی نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است (Shafie Bafti, Pourkarmani, Shapasandzadeh, & Radfar & Pourkermani, 2006; Iranmanesh, 2009).

در برخی از پژوهش‌های صورت گرفته تلاش شده است که تأثیرات تغییرات اقلیمی و زمین‌ساخت فعال بر عوارض سطح زمین در طی دوره کواترنر به‌طور هم‌زمان مورد بررسی قرار گیرد. یکی از این مطالعات بر روی مخروط افکنه مروست در ایران مرکزی صورت گرفته است. این پژوهش بیانگر شروع تشکیل این مخروط افکنه در دوره سرد و خشک اقلیمی اواخر پلیستوسن می‌باشد. اما، فعالیت گسل مروست همراه با برتری دبی آب حوضه بر دبی رسوب در دوره مرطوب بعدی، سبب کاوش دیواره گسل مخروط قدیمی و تشکیل مخروط افکنه‌ای جدید بر فرود دیواره گسل شده است (Gorabi & Karimi, 2012). همچنین ثابت شده است که در تحول پهنه‌های ماسه‌ای شمال خاوری اهواز هم تغییرات اقلیم و نو زمین‌ساخت نقش داشته‌اند (Maghsoudi, Ahmadi, & Shayan, 2016).

هدف از پژوهش حاضر مطالعه شواهد زمین‌ساختی و یخچالی کواترنر پسین در حوضه چشمه لنگان واقع در شمال غرب استان اصفهان می‌باشد. این مطالعه می‌تواند به شناخت بیشتر تحولات کواترنر در زاگرس کمک کرده و در برآورد میزان احتمال وقوع مخاطرات طبیعی در منطقه مؤثر باشد.

### معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه چشمه لنگان که وسعت ۸۵۶ کیلومتر مربع را در برمی‌گیرد، بین  $32^{\circ}45'30''$  تا  $33^{\circ}15'17''$  عرض شمالی و در دامنه شرقی رشته کوه زاگرس قرار گرفته است و ۳۹ درصد مساحت شهرستان فریدون‌شهر در استان اصفهان را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). حداقل ارتفاع این حوضه در محل خروجی آن ۱۸۸۰ متر، حداکثر ارتفاع آن در قله شاهان کوه با ارتفاع ۴۰۴۰ متر و میانگین ارتفاع حوضه نیز ۲۷۸۰ متر می‌باشد. رودخانه چشمه لنگان پس از عبور از مجاورت روستاهای سبیک، سیزار، وهرگان، گوه و چالچرانه، در نهایت در جنوب غرب روستای ترزه به رودخانه کاکلستان ملحق شده و یکی از سرشاخه‌های رودخانه دز را تشکیل می‌دهد. این رودخانه در مسیر خود به نام‌های وهرگان و آب‌گوه نیز معروف شده است (Geographic organizationo farmed forces, 1985). در حوضه چشمه لنگان ۲۵ روستا وجود دارد که تعدادی از آن‌ها مانند شبه‌جزیره‌ای در بین ارتفاعات و شاخه‌های ژرف این رودخانه محصور شده و تنها از یک طرف با سایر روستاها مرتبط می‌باشند. از دیدگاه زمین‌شناسی، این حوضه در بخش مرکزی زون سنندج - سیرجان قرار گرفته و گسل اصلی زاگرس از غرب آن عبور می‌کند. این منطقه در اثر کوه‌زایی آلپی، چین‌خوردگی یافته و تاقدیس و ناودیس‌هایی در آن به وجود آمده که با ادامه فشار دچار شکستگی شده و گسل‌های رانده و رورانده متعددی در آن شکل گرفته است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه چشمه لنگان اصفهان

### روش تحقیق

مطابق روش‌های به کار گرفته‌شده توسط کیانی و همکاران (۱۳۹۵)، رامشت (۱۳۸۳)، رامشت و پور دهقان (۱۳۸۷) و رامشت و همکاران (۱۳۹۰) (Ramesht, 2004; Ramesht et al., 2011; Kyani, Ramesht, Maleki, & Safakish, 2016) به جمع‌آوری آمار ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی منطقه و اطراف آن مبادرت شده است. روابط همبستگی بین دما و بارش با ارتفاع منطقه محاسبه گردیده و نقشه‌های بارش و دمای زمان حال منطقه ترسیم شد. سپس، با شناسایی سیرک‌های یخچالی بر روی نقشه‌های توپوگرافی، خط برف دائمی صفر درجه به روش رایج محاسبه گردیده است و با مبنا قرار دادن آن و تعمیم رابطه بین دما و ارتفاع فعلی به زمان گذشته، نقشه دمای آخرین دوره یخبندان کواترنر نیز ترسیم گردید. برای بررسی حرکات زمین‌ساختی کواترنر، مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup> با دقت ۳۰ متر برای کل منطقه مورد استفاده قرار گرفته و در محیط‌های نرم‌افزاری آرک مپ<sup>۲</sup>، آرک ویو<sup>۳</sup> و گلوبال مپر<sup>۴</sup> تقسیم‌بندی زیر حوضه‌ها، اندازه‌گیری شاخص‌ها و تلفیق داده‌ها انجام گرفته و نتایج به دست آمده نمایش داده شد. در ادامه و با در نظر گرفتن خط برف دائمی (صفر درجه) و خط تعادل آب و یخ (۵ درجه) و تطابق آن با شیب عمومی منطقه، مسیرها و معابر یخچالی آن زمان تعیین گردید. در آخرین مرحله این تحقیق و با استناد به روش سن‌یابی نسبی و تعیین تقدم و تأخر پدیده‌ها؛ شواهد یخچالی و زمین‌ساختی اخیر منطقه مورد مقایسه قرار گرفت تا مشخص شود که کدام‌یک از این پدیده‌ها نظم و انسجام پدیده‌های قبلی را به هم ریخته و بنابراین، جدیدتر بوده است.

### یافته‌های تحقیق

مطابق مطالب مطرح‌شده در روش تحقیق، نتایج این پژوهش در دو مبحث ارائه شده است:

#### الف: شواهد یخچالی

بر اساس داده‌های ارتفاعی و دمای میانگین سالانه ۱۵ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی در فاصله ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۶ میلادی (جدول ۱)، رابطه  $(T = 26.65 - 0.00706H)$  به دست آمد که  $7/06$  درجه تغییر دما به ازای هر ۱۰۰۰ متر ارتفاع را نشان می‌دهد. این رابطه دارای ضریب همبستگی پیرسون  $0/96$  بوده و قابل اعتماد می‌باشد (شکل ۲- الف). با اتکا به این رابطه، نقشه

1 DEM: Digital Elevation Model.  
2 ARC MAP.  
3 ARC INFO.  
4 Golobal Maper.

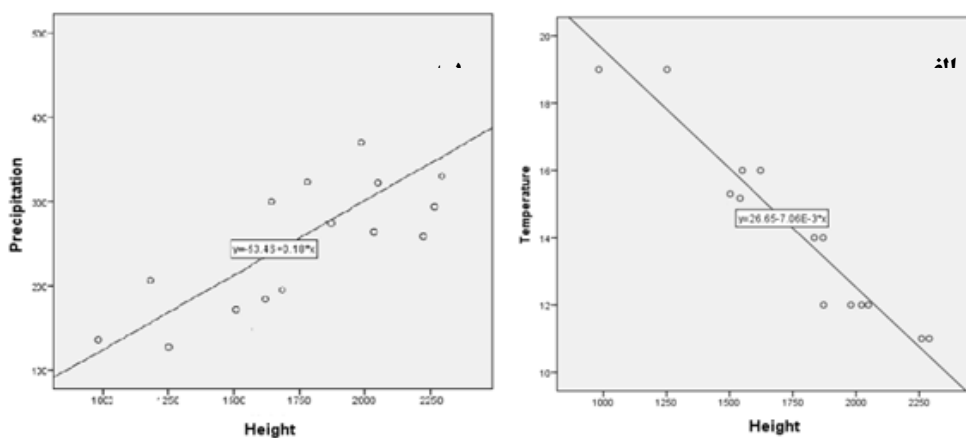
دمای فعلی حوضه ترسیم گردید (شکل ۳- الف) و دمای سالانه کمینه، متوسط و بیشینه حوضه به ترتیب ۱/۸۷-، ۷/۰۲ و ۱۳/۲۴ درجه سانتی گراد و خط برف دائمی فعلی نیز در ارتفاع ۳۷۷۵ متری به دست آمد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیکی و کليما تولوژی مورد استفاده.

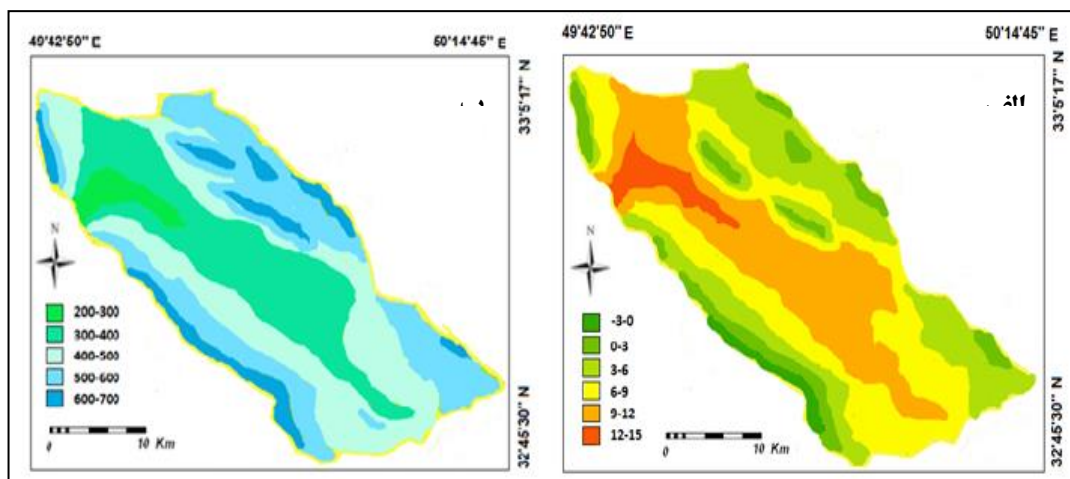
ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	دما	بارش
۱	اصفهان	۵۱° ۶۶'	۳۲° ۶۱'	۱۵۵۰/۴	۱۶/۳	۱۲۵
۲	داران	۵۰° ۳۶'	۳۲° ۹۶'	۲۲۹۰	۱۰/۹	۳۳۰
۳	گلپایگان	۵۰° ۱۷'	۳۳° ۲۸'	۱۸۷۰	۱۴/۲	۲۷۳/۷
۴	میمه	۵۱° ۱۶'	۳۳° ۴۳'	۱۹۸۰	۱۲/۳	۱۶۳/۷
۵	کیوتر آباد	۵۱° ۸۵'	۳۲° ۵۱'	۱۵۴۵	۱۵/۴	۱۱۲/۸
۶	اردستان	۵۲° ۳۸'	۳۳° ۳۸'	۱۲۵۲/۴	۱۹/۰	۱۲۷/۱
۷	شهرکرد	۵۰° ۸۵'	۳۲° ۲۸'	۲۰۴۸/۹	۱۱/۷	۳۲۱/۸
۸	بروجن	۵۱° ۳۰'	۳۱° ۹۸'	۲۲۶۰	۱۰/۷	۲۵۴/۳
۹	کاشان	۵۱° ۲۷'	۳۳° ۵۹'	۹۸۲/۳	۱۹/۱	۱۳۶
۱۰	الیگودرز	۴۹° ۴۲'	۳۳° ۲۴'	۲۰۲۲	۱۲/۴	۴۰۱/۶
۱۱	ازنا	۴۹° ۲۵'	۳۳° ۲۷'	۱۸۷۱/۹	۱۲/۴	۴۵۶/۲
۱۲	نطنز	۵۱° ۰۹'	۳۳° ۵۳'	۱۶۸۴/۹	۱۵/۵	۱۹۵/۳
۱۳	بروجرد	۴۸° ۴۵'	۳۳° ۵۵'	۱۶۲۹	۱۴/۷	۴۵۸/۵
۱۴	محلات	۵۰° ۲۹'	۳۳° ۵۳'	۱۶۲۲	۱۶/۱	۱۸۴/۴
۱۵	خمین	۵۰° ۰۵'	۳۳° ۳۹'	۱۸۳۵	۱۴	۳۴۷/۹

منبع: سازمان هواشناسی کشور

در ادامه، نسبت به تعیین رابطه بین ارتفاع و بارش در زمان حاضر اقدام گردید که رابطه  $(P = -53.46 + 0.18H)$  و با ضریب همبستگی پیرسون  $0.72$  به دست آمد (شکل ۲- ب). بر اساس این رابطه نقشه بارش فعلی حوضه ترسیم گردید که در حال حاضر کمینه، متوسط و بیشینه بارش در این حوضه به ترتیب  $۲۸۸/۵۴$ ،  $۴۴۶/۹$  و  $۶۷۳/۷۴$  میلی‌متر در سال می‌باشد (شکل ۳- ب).

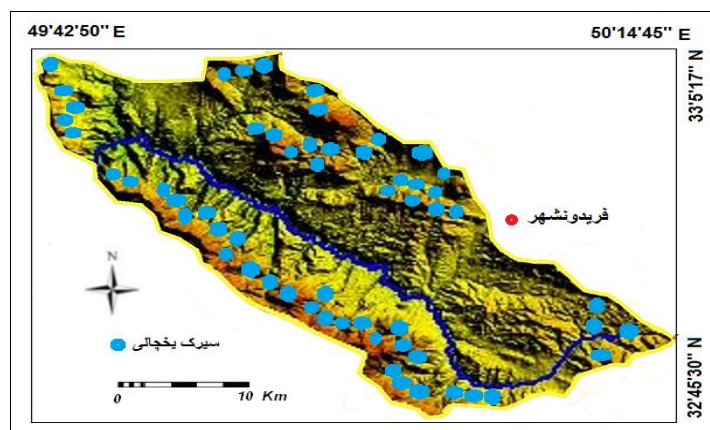


شکل ۲- رابطه بین عناصر اقلیمی؛ الف) نمودار ارتفاع - دما، ب) نمودار ارتفاع - بارش



شکل ۳- نقشه‌های اقلیمی فعلی منطقه؛ الف) دما، ب) بارش

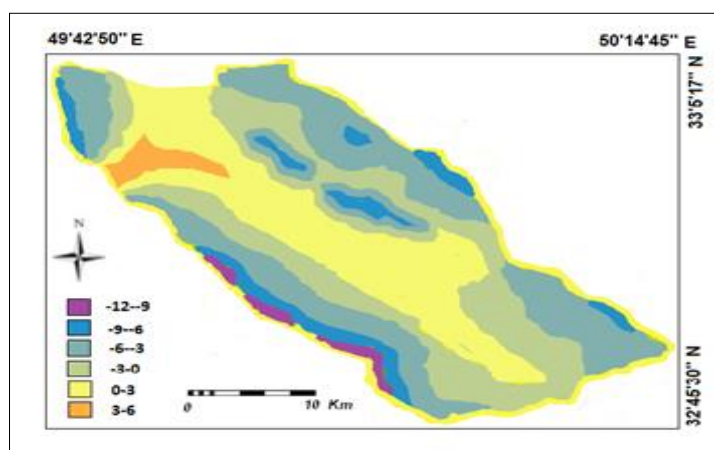
برای تعمیم دمای فعلی به آخرین دوره یخچالی و ترسیم نقشه هم‌دمای آن زمان از تلفیق روش رایت (۱۹۶۳) (Van Zeist & Wright, 1963) با رابطه ارتفاع - دما استفاده شد (Kyani et al., 2016; Ghahroodi Tali, Nosrati, & Abdoli, 2015). با استفاده از فرم‌های خاص موجود در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ نسبت به شناسایی سیرک‌های یخچالی موجود در منطقه اقدام گردید (Ramesht, 2004). در نتیجه این بررسی تعداد ۵۸ سیرک که در محدوده ارتفاعی ۲۲۴۰ تا ۳۶۶۰ متر قرار داشتند، شناسایی شدند (شکل ۴). بر مبنای روش رایت که باید خط برف دائمی به گونه‌ای ترسیم گردد که ۶۰ درصد سیرک‌ها بالاتر از این خط قرار بگیرند، برآزش لازم صورت گرفت و خط ۲۶۲۱ متر به‌عنوان خط برف دائمی منطقه به دست آمد (جدول ۲). روشن است که در این رابطه بین ارتفاعات نثار و پرآفتاب تفاوت‌هایی وجود داشته و در دامنه‌های رو به خورشید به دلیل دریافت نور و گرمای بیشتر این خط به سمت ارتفاعات بالاتر و در دامنه پشت به آفتاب به سمت ارتفاعات پایین‌تر میل می‌کند. با استناد به رابطه ارتفاع - دما که ۷/۰۶ درجه به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع محاسبه شده، نقشه دمای آخرین دوره یخبندان حوضه ترسیم گردید (شکل ۵). در آخرین فاز یخچالی، کمینه، متوسط و بیشینه دما به ترتیب ۱۰/۱۷-، ۱/۲۶- و ۴/۹۴ به دست آمد که در مجموع ۸/۲۸ درجه نسبت به زمان حاضر سردتر بوده است. منحنی دمایی میانگین ۵ درجه که خط تعادل آب و یخ نامیده می‌شود، حدود گسترش زبانه‌های یخچالی را نشان می‌دهد (Ramesht & Kazemi, 2007). این خط در این منطقه بر روی منحنی ارتفاعی ۱۸۸۷ متری منطبق شده است. که این خط کلی بوده و ارتفاع آن در دامنه‌های نثار و پرآفتاب تفاوت می‌کند.



شکل ۴- موقعیت سیرک‌های یخچالی در حوضه چشمه لنگان اصفهان

جدول ۲- رابطه بین ارتفاع و تعداد سیرک‌های یخچالی جهت تعیین خط برف دائمی

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
ارتفاع	کمتر از ۲۲۰۰	۲۲۰۰-۲۴۰۰	۲۴۰۰-۲۶۰۰	۲۶۰۰-۲۸۰۰	۲۸۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۳۲۰۰	۳۲۰۰-۳۴۰۰	۳۴۰۰-۳۶۰۰	بالاتر از ۳۶۰۰
تعداد سیرک	۰	۴	۱۸	۲۰	۷	۳	۲	۳	۱
درصد مطلق	۰	۶/۹	۳۱	۳۴/۵	۱۲	۵	۳	۵	۲
درصد تجمعی	۰	۶/۹	۳۷/۹	۷۲/۴	۸۴/۴	۸۹/۴	۹۲/۴	۹۷/۴	۹۹/۴
خط برف دائمی	۰	%۴۰		۲۶۲۱			%۶۰		



شکل ۵- نقشه دمای آخرین دوره یخبندان کوتاه‌تر

بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که ۷۲ درصد از منطقه بالاتر از خط برف دائمی قرار داشته و دائماً پوشیده از برف و یخ بوده است. زبان‌های یخچالی که از سیرک‌های یخچالی تغذیه می‌شده‌اند، تا خط تعادل آب و یخ (۱۸۸۷متری) پایین آمده و با ایجاد دره‌های U شکل، در امتداد شیب عمومی منطقه به سمت شمال غرب حرکت کرده و از حوضه مورد بحث خارج می‌شده‌اند. رسوبات یخچالی شامل مورن‌های یخچالی<sup>۱</sup> و رسوبات آبرفتی است که در اثر عملکرد یخچال‌ها به وجود می‌آیند. این رسوبات عموماً فاقد نظم دانه‌ای بوده و کانی‌های فرسایش نیافته، زاویه‌دار و مخطط در آن‌ها به فراوانی یافت می‌شود. اندیس فرسایش کوچک، اندیس طویل شدگی زیاد و منحنی گرانولومتری نامتجانس از مشخصات بارز آن‌هاست. در حوضه چشمه لنگان این نوع رسوبات به صورت پراکنده مشاهده می‌شوند و فرم‌های کلاسیک یخچالی نیز به ندرت در میان آن‌ها یافت می‌شود (شکل ۶). همان‌طور که در ادامه مقاله به آن اشاره خواهد شد، دلیل آن این است که بخش زیادی از رسوبات که در داخل منطقه برجای مانده‌اند، در اثر وقوع گسل خوردگی و فرسایش شدید متعاقب آن از منطقه خارج شده‌اند.

1 Moraine

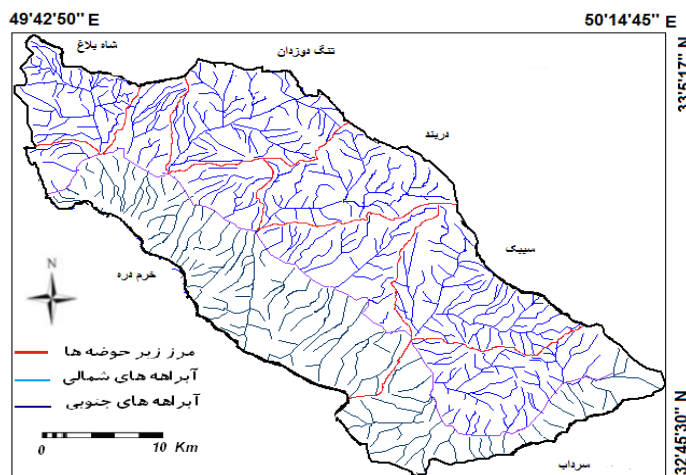




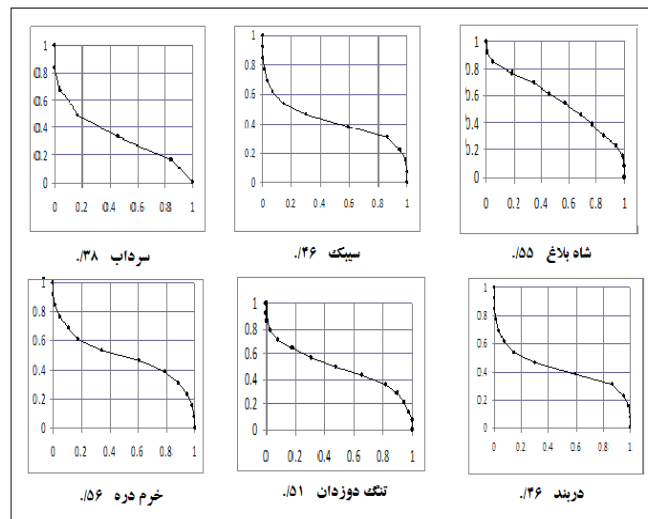
شکل ۶- رسوبات یخچالی پراکنده در شمال روستای سیزاز

ب: شواهد زمین ساخت فعال

این حوضه به ۶ زیر حوضه شاه‌بلاغ، تنگ دوزدان، دربند، سبیک، سرداب و خرم‌دره تقسیم شده و شاخص‌های زمین ساخت فعال در آنها مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار گرفته است (شکل ۷).  
 منحنی هیپسومتری<sup>۱</sup> توزیع ارتفاعات را در راستای عمود بر یک ناحیه از زمین توصیف می‌کند (Keller & Pinter, 1996).  
 مقادیر شاخص Hi زیر حوضه‌های چشمه لنگان از سمت سبیک در جنوب شرق به سمت شاه‌بلاغ در شمال غرب افزایش می‌یابند (شکل ۸). این موضوع بیانگر وجود توپوگرافی خشن و فعالیت‌های زمین ساختی است که به سمت خروجی حوضه شدت می‌یابد.



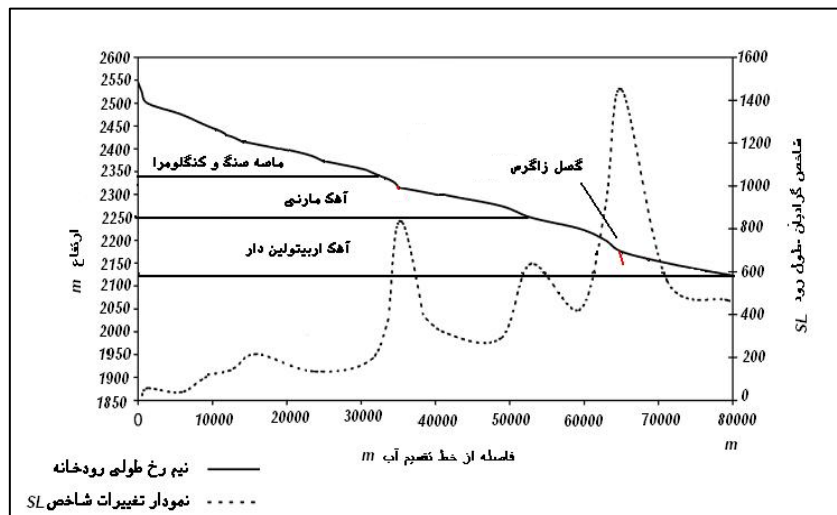
شکل ۷- تقسیم‌بندی زیر حوضه‌ها



شکل ۸- منحنی هیسومتری زیر حوضه‌های چشمه لنگان

- شاخص SL ارتباط طول - گرادیان رود را نشان می‌دهد که مقادیر زیاد آن نشانه فرایش و یا پایین رفتن سطح اساس منطقه می‌باشد (Hack, 1973). این شاخص برای رودخانه‌های سرداب، سیبک، دربند، تنگ دوزدان، شاه‌بلاغ و خرم‌دره به ترتیب اعداد ۴۴۷، ۴۵۳، ۵۸۹، ۷۴۶، ۸۵۳ و ۸۸۲ به دست آمده که در مجموع نشان‌دهنده شیب زیاد رودخانه‌ها و افزایش عدم تعادل به سمت خروجی منطقه می‌باشد. تاثیر گسل زاگرس را بر نیم‌رخ رودخانه شاه‌بلاغ در شکل ۹ مشهود است.

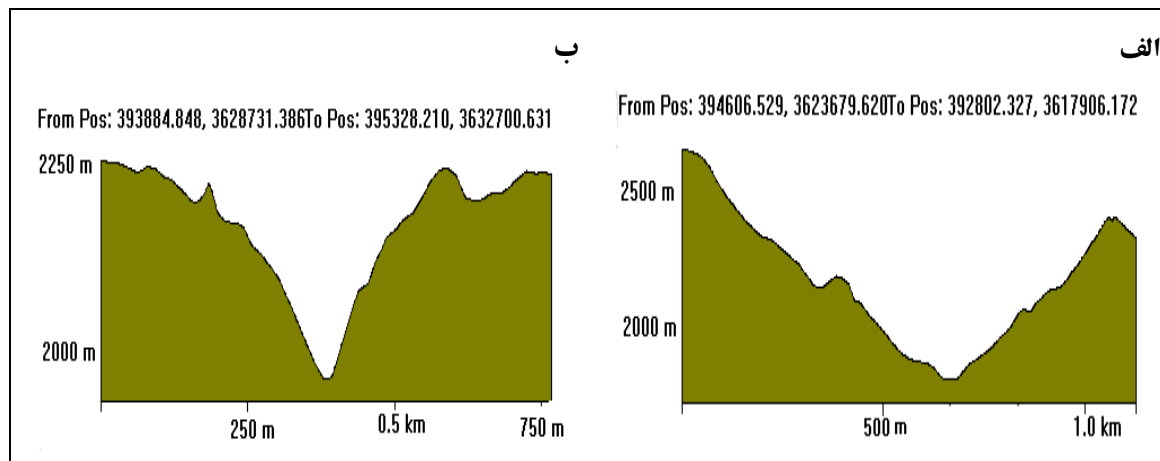
- هرگاه مقدار شاخص پیچ و خم رودخانه (S) کاهش یابد و به عدد ۱ نزدیک شود، بیانگر افزایش فعالیت تکتونیکی منطقه است (Burbank & Anderson, 2001). مقادیر به دست آمده برای این شاخص برای زیر حوضه‌های دربند، سرداب، تنگ دوزدان، سیبک، شاه‌بلاغ و خرم‌دره به ترتیب ۱/۱۸، ۱/۱۷، ۱/۱۱، ۱/۱۴، ۱/۱۴ و ۱/۰۳ است که بیانگر خط سیر مستقیم و پیچ و خم کم رودخانه‌ها در مسیرهای منتهی به خروجی حوضه می‌باشد.



شکل ۹- تأثیر گسل زاگرس بر گرادیان شیب رودخانه شاه‌بلاغ

- رودها در پاسخ به حرکات زمین‌ساختی فعال ابتدا بستر خود را حفر می‌کنند که شدت این عمل با تعدیل مجدد گرادیان رودخانه و رسیدن به سطح اساس جدید کم شده، عقب‌نشینی شیب‌های طرفین دره رودخانه شروع می‌شود. شاخص Vf نسبت

عرض کف دره به ارتفاع آن را می‌سنجد (Bull, 2007). این شاخص برای زیرحوضه‌های شاه‌بلاغ، سبیک، سرداب، دربند، تنگ دوزدان و خرم‌دره به ترتیب به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۴۹، ۰/۷۹، ۰/۴۹، ۰/۳۹، ۰/۳۲ و ۰/۳۲ به‌دست آمده است. اکثر مقاطع عرضی دره‌های موجود در زیرحوضه چشمه لنگان V شکل و جام‌گونه هستند (شکل ۱۰)، که این امر نشانگر حفر قائم رود در این منطقه می‌باشد (Soleimani, 1999).



شکل ۱۰- نمونه‌هایی از نیم‌رخ‌های عرضی دره‌های موجود در منطقه؛ الف: دره سبیک، ب: خرم‌دره

- در حوضه چشمه لنگان دودسته گسل دیده می‌شود (شکل‌های ۱۱ و ۱۲):

دسته اول: گسل‌های طولی و سراسری حوضه مانند گسل‌های ده‌سور، وحدت آباد و گسل زاگرس می‌باشند که خود به چند گسل فرعی تقسیم می‌شوند. این گسل‌ها که در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی شهرکرد و گلپایگان به‌راحتی قابل تشخیص می‌باشند، امتداد شمال غربی - جنوب شرقی داشته و شیب آن‌ها به‌طرف شرق می‌باشد.

دسته دوم: گسل‌های عرضی که فراوان بوده و عموماً با امتداد جنوب غربی - شمال شرقی حوضه را به‌شدت تحت‌تأثیر قرار داده‌اند. هرچند این گسل‌ها در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی شهرکرد گلپایگان قابل رؤیت نیستند، ولی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰ زمین‌شناسی الیگودرز و همچنین عکس‌های ماهواره‌ای مشخص می‌باشند.

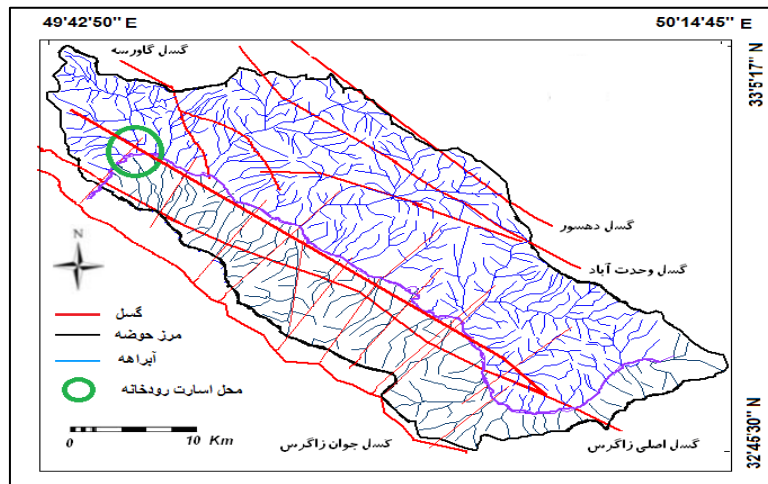
گسل‌های طولی و عرضی منطقه باعث ایجاد شکاف‌هایی در لایه‌های سطحی زمین شده و آب‌های جاری نیز با رسوخ در این مسیرها، آبراهه‌هایی را ایجاد کرده‌اند. در اثر عملکرد یکی از این گسل‌ها، رودخانه چشمه لنگان از مسیر خود منحرف شده و با یک تغییر جهت ۹۰ درجه‌ای از امتداد شمال غرب به سمت جنوب شرق منحرف گردیده و اسارت رودخانه اتفاق افتاده است (شکل ۱۱).

بررسی گسل زاگرس به‌وسیله برودوریکو (۱۹۷۱) نشان می‌دهد که این گسل از دو گسل تراستی بزرگ تشکیل شده است که تقریباً باهم موازی بوده، گاهی بر هم منطبق و در برخی مناطق از هم فاصله زیادی دارند. گسل جوان‌تر را که دارای شیب تند به سمت شمال شرق است را گسل اصلی عهد حاضر نامیده‌اند که در آن جابه‌جایی راست‌گرد نیز مشاهده می‌شود و در عرض‌های بین ۳۳ و ۳۵ درجه شمالی همین گسل، چند کانون مخرب زلزله ثبت شده است (Darvishzadeh, 1991).

این موضوع با نظر تئودور اوبرلندر هم‌خوانی دارد که بیان می‌کند: بخش سرچشمه گنداب<sup>۱</sup> به شکل فلات کاملاً تجزیه‌شده با ساختار پیچیده است که در آن دره‌های عظیم V شکل تا اعماق ۱۸۰۰ متری از سطح دریا حفر شده‌اند. جریان‌های روندی<sup>۲</sup> که

۱ شامل حوضه وهرگان و حوضه‌های مجاور آن.

به طور گسترده توسعه یافته‌اند، در امتداد محل تماس زمین‌شناسی که و در واقع گسل‌های طولانی می‌باشند، جریان دارند. وی همچنین بیان می‌دارد که: به نظر می‌رسد گنداب، حاصل از یک یا چند سیستم زهکشی باشد که احتمالاً در طی مسیرهای طولانی به سمت شمال غرب یا جنوب شرق به نحوی به خلیج فارس راه داشته‌اند (Oberlender, 2000).



شکل ۱۱- گسل‌های طولی و عرضی حوضه چشمه لنگان



شکل ۱۲- دره‌های طولی و عرضی در امتداد گسل‌های موجود در منطقه (دید به سمت جنوب غربی حوضه)

### نتیجه‌گیری

طبق شواهد به‌دست آمده در این تحقیق، در آخرین مرحله یخبندان کواترنر حدود ۷۲ درصد از منطقه دائماً پوشیده از یخ و برف بوده است. در چنین شرایطی، برف‌های انباشته شده در سیرک‌های کوهستانی، یخچال‌هایی را تشکیل می‌داده‌اند که به سمت کوهپایه‌ها سرازیر شده و دره‌های U شکلی را حفر می‌کرده‌اند. این یخچال‌های فرعی پس از اتصال به یکدیگر، نوار یخچالی مرکزی را تشکیل می‌داده‌اند که در جهت شیب کلی زمین به سمت شمال غرب و خارج از حوضه امتداد می‌یافته است (شکل ۱۴- الف). مقایسه نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با سایر پژوهش‌های صورت گرفته، صحت این ادعا را ثابت می‌کند (جدول ۳).

## جدول ۳- مقایسه داده‌های حاصل از چند پژوهش در مورد یخچال‌های کوهستانی ایران

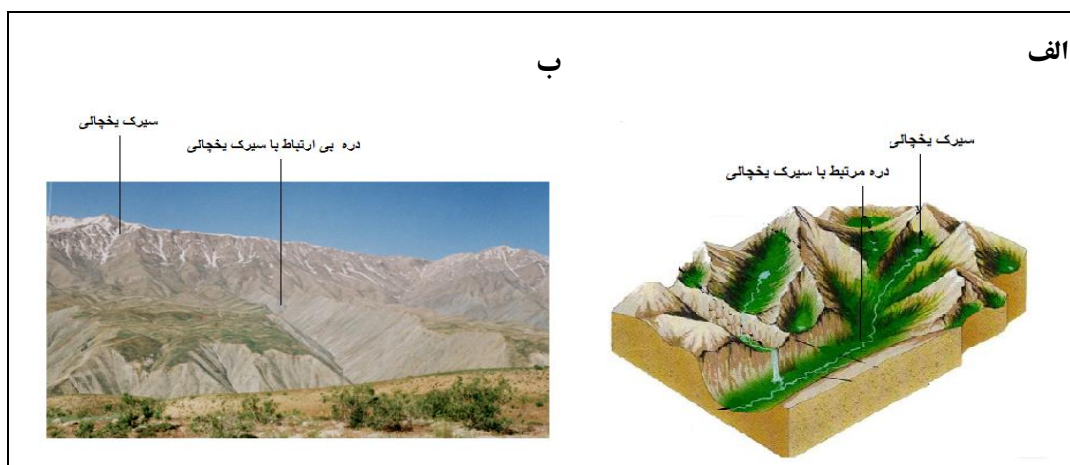
ردیف	نام منطقه مورد مطالعه	آخرین مرحله یخبندان کواترنر			
		خط تعادل (م)	خط برف دائمی (م)	بارش (چند برابر بارش فعلی)	دما (سردتر از دمای فعلی)
۱	چشمه لنگان اصفهان	۱۸۷۷	۲۶۲۱	-	۸/۲۸
۲	زفره اصفهان	۲۱۰۰	۲۶۸۰	۱/۸	۹
۳	سرخوید یزد	۲۳۵۰	۳۲۲۰	۱/۴	۸
۴	کهنک قم	۱۵۲۰	۲۶۷۲	۱/۵	۹
۵	دالاخانی کرمانشاه	-	۲۸۲۰	-	۵/۳۸
۶	تیرگانی ماهان	۱۹۰۰	۲۹۰۰	۱/۲۲	۸/۵

با بررسی شاخص‌های مختلف معرف زمین‌ساخت پویا و گسل‌های منطقه این واقعیت آشکار شد که پس از آخرین دوره یخچالی وورم، نیروهای زمین‌ساختی در این منطقه به فعالیت پرداخته و موجب بروز حرکاتی در امتداد گسل‌ها شده‌اند. مهم‌ترین گسل موجود در این حوضه گسل زاگرس است. بررسی گسل زاگرس به وسیله برودوریکو (۱۹۷۱) نشان می‌دهد که این گسل از دو گسل تراستی بزرگ تشکیل شده است. با تکیه بر شواهد ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی میزان جابه‌جایی افقی این گسل ۵۰ تا ۷۰ کیلومتر و میزان جابه‌جایی قائم آن تا حدود ۵۰۰ متر برآورد شده است که در اثر آن آبراهه‌ها از امتداد هم خارج شده و دره‌های متروکه و خشک در سمت باختر این گسل ایجاد شده‌اند (Talebian & Jackson, 2002). در عرض‌های بین ۳۳ و ۳۵ درجه شمالی این گسل نیز چند کانون مخرب زلزله ثبت شده است (Darvishzadeh, 1991). بررسی‌های اخیر با استفاده از روش ترمولومینسانس در محل سد رودبار نشان داده است که این گسل در فاصله بین ۶۱۰۰ تا ۱۳۶۰۰ سال پیش جنباً بوده است (Samari, Mojtahedi, Soroush, & Heidari, 2005).

بنابراین، پس از آخرین دوره یخبندان، انتظار می‌رفت که به‌مرور و با تسلط اقلیم گرم‌تر و خشک‌تر، فرسایش آب‌های جاری بر منطقه مستولی شده و دره‌های V شکلی در داخل مسیرهای U شکل یخچالی ایجاد گردد (شکل ۱۳). اما در واقعیت پدیده دیگری رخ داده است. دره‌های زیادی در این محدوده وجود دارند که فرم V شکل داشته و نه تنها جهت‌گیری آن‌ها هیچ انطباقی با مسیر سیرک‌ها و دره‌های U شکل یخچالی ندارد، بلکه مسیرهای یخچالی را نیز قطع می‌کنند (شکل ۱۴-ب). در چنین حالتی می‌توان به این جمع‌بندی رسید که پس از آخرین مرحله یخبندان و در اثر فعالیت گسل‌های منطقه، شکاف‌هایی در بستر حوضه ایجاد گردیده و شاخه‌های رودخانه چشمه لنگان در امتداد آن‌ها شروع به کاوش و حفر بستر خود نموده‌اند. بنابراین، مسیر رودخانه‌ها به‌جای تبعیت از مسیر دره‌های U شکل قبلی، از مسیر گسل‌ها تبعیت کرده و دره‌های V شکل غیر هماهنگ با مسیرهای یخچالی ایجاد گردیده است. یکی از این گسل‌های عرضی، رودخانه چشمه لنگان را در قسمتی از بخش انتهایی مسیر خود از جهت شمال غرب به سمت غرب منحرف گردانیده و پدیده اسارت رودخانه‌ای رخ داده است.



شکل ۱۳- سیرک یخچالی چقیورت  
که تحت تأثیر حرکات زمین‌ساختی جدید قرار نگرفته است



شکل ۱۴- انواع دره‌ها؛ الف- دره‌های یخچالی، ب- دره‌های زمین‌ساختی

در حال حاضر حوضه چشمه لنگان به یک فلات تجزیه‌شده تبدیل شده است که در مرحله تجدید جوانی قرار گرفته و فرسایش بالایی در آن حکم‌فرما می‌باشد. با توجه به این سوابق، امکان فعالیت‌های زمین‌ساختی جدید نیز در این حوضه وجود دارد.

#### سپاس‌گزاری

برای تهیه این مقاله از راهنمایی‌های جناب آقای دکتر محمدحسین رامشت استاد گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان برخوردار شدم که لازم می‌دانم از ایشان تشکر و قدردانی نمایم.

#### منابع و مأخذ

- Almodaresi, S. A., & Ramesht, M. (2007). The glacial effect of Shirkooh Yazd in sokhvid region. *Geographic Space*, 19, 1-32. (Persian)
- Bayati Khatibi, M. (2009). Diagnosis of neotectonic activities in the Cornucchia basin using morphotectonic and geomorphologic indicators. *Geographic Space Magazine*, 9(25), 23-50. (Persian).
- Bull, W. B. (2007). *Tectonic geomorphology of mountains: A new approach to paleoseismology*. Malden: Wiley-Blackwell. [DOI:10.1002/9780470692318]
- Burbank, D. W., & Anderson, R. S. (2001). *Tectonic geomorphology*. England: Backwell.
- Darvishzadeh, A. (1991). *Iranian geology* (First ed.). Tehran: Nasdanash Publications. (Persian)

- Geographic Organization of Armed Forces. (1985). Topographic maps, 1/50000 and 1/25000 Shahrekord and Golpayegan. (Persian)
- Ghahroodi Tali, M., Nosrati, K., & Abdoli, I. (2015). Estimate of snow-line in the past glacial in Dalakhani basin. *Geography and Environmental Planning Journal*, 26(2), 231-246. (Persian)
- Gorabi, A., & Karimi, M. (2012). The effect of active tectonics and climate change on the evolution of the convection of Marvete, Central Iran. *Journal of Applied Geosciences Research*, 12(27), 7-30. (Persian)
- Hack, J. T. (1973). Stream-profile analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the US Geological Survey*, 1(4), 421-429.
- Hussein Khan Nazer, N. (2015). *Quaternary Geology* (First ed.). Tehran: Geological Survey and Mineral Exploration. (Persian)
- Jedari Eyvazi, J. (2008). *Geomorphology of Iran* (Fourth ed.). Tehran: Payame Noor University. (Persian)
- Keller, E. A., & Pinter, N. (1996). *Active tectonics: Earthquakes, uplift and landscape*. London: Prentice Hall Pub.
- Kyani, T., Ramesht, M. H., Maleki, A., & Safakish, F. (2016). Climate change in Gavkhouni basin at the late quaternary phase. *Natural Geographic Research*, 48(2), 213-229. (Persian)
- Maghsoudi, M., Ahmadi, A., & Shayan, S. (2016). The effect of neonate construction and climate change on the development of northwest sandwich zones of Ahwaz. *Quantitative Geomorphology Researches*, 5(1), 160-180. (Persian)
- Mahmoodi, F. (1998). The rhetoric of Iran in quaternary. *Quarterly Journal of Geographic Research*, 23, 5-43. (Persian)
- Motammad, A. (1998). *Quaternary* (First ed.). Tehran: Tehran University Press. (Persian)
- Oberlender, T. (2000). *Zagros rivers from geomorphology view* (A. Abbasnejad, Trans. First ed.). Tabriz: Tabriz University Press. (Persian)
- Radfar, S., & Pourkermani, M. (2006). Morphotectonic of Kuhbanan fault. *Geosciences*, 15(58), 166-183. (Persian)
- Rafiei, G. R. (2009). *Throat thoughts of geology*. (Master), Isfahan University, Isfahan. (Persian)
- Ramesht, M. H. (2004). The works of the fourth glaciers in the suburbs of Isfahan. *Journal of Growth Geography*, 67, 10-21. (Persian)
- Ramesht, M. H., & Kazemi, M. M. (2007). Glacier works in the Euclid basin of Fars. *Growth of Geography Education*, 21(4), 3-11. (Persian)
- Ramesht, M. H., Lajevardi, M., Lashkari, H., & Mahmoodi Mohammad Abadi, T. (2011). Study of natural glacial evidences in mahan (case study: Glacier of Tigrany Mahan basin). *Geography Magazine and Environmental Planning*, 22(2), 59-78. (Persian)
- Ramesht, M. H., & Pourdehghan, D. (2008). Ice in the fire: Glacier works in Bam area. *Geographical Survey Quarterly*, 23(2), 129-144. (Persian)
- Samari, H. F., Mojtahedi, A., Soroush, M., & Heidari, A. (2005). *Rudbar Lorestan dam and hydro plant: Challenging seismicity conditions*. Paper presented at the Hydropower Conference, Villach, Austria.
- Shafie Bafti, A., Pourkarmani, M., Shapasandzadeh, M., & Iranmanesh, F. (2009). Landfill and evaluation of Kuhbanan fault activity by computing geomorphic indices. *Natural Geography Quarterly*, 1(3), 43-57. (Persian)
- Sharifi, M., & Farahbakhsh, Z. (2015). Investigation about temperature and humidity anomalies between pleistocene and present times; Reconstruction of climate condition using geomorphic evidence (case study: Khezrabad-Yazd). *Natural Geography Studies*, 47(4), 583-605. (Persian)
- Soleimani, S. (1999). Guidelines for identifying active and young tectonic movements with an attitude to the preconditions of paleontology: International Institute of Seismology and Earthquake Engineering. (Persian)
- Tabasi, H., & Najimi, A. (2016). Young vertical movements in the Gareh Chay basin of Markazi province. *Journal of Natural Environment*, 5(9), 89-106. (Persian)
- Talebian, M., & Jackson, J. (2002). Offset on the main recent fault of NW Iran and implications for the late cenozoic tectonics of the Arabia-Eurasia collision zone. *Geophysical Journal International*, 150(2), 422-439. [DOI:10.1046/j.1365-246X.2002.01711.x]
- Van Zeist, W., & Wright, H. E. (1963). Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, Zagros mountains, southwestern Iran. *Science*, 140(3562), 65-67. [DOI:10.1126/science.140.3562.65]
- Yamani, M., & Zamani, H. (2007). Restoration of the snow year the border of the Shahrekord valley in the last glacial period. *Geography Magazine and Environmental Planning*, 5(12-13), 99-116. (Persian)