Shahid Beheshti University

Researches in Earth Sciences

Journal homepage: https://esrj.sbu.ac.ir

Research Article

Reconstruction of hydrographic network changes around Damavand based on morphometric and sedimentological data

Abotaleb Mohammadi[1], Mojtaba Yamani[1*], Abrahim Moghimi[1], Abolghasem Gorabi[1], Seyed Mohammad Zamanzadeh[1]

1-Department of Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 26 Jun 2019 Accepted: 08 Feb 2020

Extended Abstract

Introduction

One of the tectonic factors that play a significant role in the formation is the activity of volcanoes and the flow of volcanic materials. The volcanic eruptions cause morphology and create new landforms. Damavand volcano with its successive eruptions during the Quaternary has made significant changes to its surroundings. In this study, the role of Damavand lava flows in changing the bed rivers has been investigated. The main purpose of this study was to investigate the effects of the latest Damavand volcanic eruptions on the behavior and direction of these bed rivers around it.

Materials and Methods

The technique has been based on three main methods: 1) Comparison of the height and thickness of sedimentary deposits obtained through the morphometry of transverse profiles on the fieldworks. 2) Determination of the extent of lake sediment distribution in the Haraz, Lar and Delichai areas, which is transmitted on the map based on field data and GPS coordinates. 3) The extent and altitude of the lava flows overlooking the Haraz, Lar and Delichai valleys have been recorded and transferred to the maps. In addition, much of the data was obtained through indirect observations through satellite imagery and then combined with field findings. To achieve this, the length of the rivers is divided into two distinct intervals. Then morphometric data of valleys, sedimentary evidences and dynamics of rivers in the form of the mentioned intervals are studied and compared temporally and spatially. At the analysis stage, the above data have been adjusted with the radial pattern of the drainages around Damavand to the main grid as well as the volcanic cone structure and then the longitudinal routes of the rivers have been reconstructed.

Results and Discussion

Evidence indicates that there was no significant change in the waterway during the Abask interval toward Amol and the outlet of the basin (Interval 1). However, in the Abask-to-Plour (Interval 1) range, the presence of lava gravels carried by the Haraz River and deposited in the northwest of the Abask landslide indicates that the river changes over time. Also, the lava flows overlooking the Haraz valley represent major changes that have occurred in the past. In this regard, the Haraz River has dug up to a depth of 100 meters in the sediments of lakes and rivers.

Citation: Mohammadi, A. et al, 2020. Reconstruction of hydrographic network changes around Damavand based on morphometric and sedimentological data, *Res. Earth. Sci:* 11(2), (51-66) DOI: 10.52547/esrj.11.2.51

* Corresponding author E-mail address: myamani@ut.ac.ir

Copyright: © 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Researches in Earth Sciences

Journal homepage: https://esrj.sbu.ac.ir

The amount of river diversion at the intersection of the Lasem River to the Haraz River (Interval 1) and the displacement of the river bed is approximately 4400 meters from its present bed. The modified route in the second interval is about 4200 meters. The bed river of the Haraz River redirection from the old Plour Bridge to the intersection of the Haraz and Lasem (interval 1) is about 1600 meters. Reconstruction of the old Haraz River bed route indicates that the stream has stretched past the eastern part of the Tizkuh sedimentary slope. The average redirection of the Haraz River in this interval is estimated at about 1000 meters. In the second interval, the most deliberate distance of the Delichai River is the intersection of this river with the Lar River. This displacement is estimated to be about 4100 meters. Damavand lava flows in this region have created a lava barrier along the Delichai River Route, changing the east-west direction. The mean flow direction of the Delichai River is estimated to be 2500 meters. In addition, studies indicate that as a result of the formation of lava dams, the base level of the above-mentioned rivers has also risen by an average of 100 m above the level of its original base level, prior to the Damavand eruption.

Conclusion

The results indicate that there have been major changes except for one in two intervals, and that these changes have occurred in two major forms. One is the formation of lava dams caused by Damavand eruption, which has caused major changes in the longitudinal profile of the rivers and the deepening, formation of gullies and then filling of the canals are three forms of this process. There are four levels of terrace that illustrate this. Secondly, the diversion of rivers occurred in the second and third intervals, where the presence of river deposits beneath the lava flows as well as the general topography of the valleys can clearly identify the longitudinal paths of the waterways in these two intervals.

Keywords: River diversion, Damavand, Paleogeomorphology, Hazar river.

Copyright: © 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

بازسازی تغییرات شبکه هیدروگرافی پیرامون دماوند براساس داده‌های مورفومتری و رسوب‌شناسی

ابوطالب محمدی[۱]، مجتبی یمانی*[۱]، ابراهیم مقیمی[۱]، ابوالقاسم گورابی[۱]، سیدمحمد زمان‌زاده[۱]

۱-گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۴/۵
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹

چکیده

یکی از عوامل زمین‌ساختی که نقش قابل توجهی در شکل‌زایی دارد، آتشفشان‌ها و مواد مذاب ناشی از آن‌ها است. فوران‌های آتشفشانی باعث دگرشکلی مورفولوژی و ایجاد ساختمان لندفرمی جدید می‌شود. آتشفشان دماوند با فوران‌های متوالی خود، طی کواترنری تغییرات قابل توجهی در پیرامون خود ایجاد نموده است. در این پژوهش، نقش گدازه‌های دماوند در تغییر مسیر رودخانه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. برای دستیابی به این هدف، روش تحلیلی و بازسازی زمانی تغییرات به کار گرفته شده‌اند. تکنیک کار بر مقایسه مورفومتری رودخانه‌ها و دامنه‌های مشرف به دره‌ها به سه روش: مقایسه ارتفاع و ضخامت رسوبات آبرفتی، تعیین حدود گسترش رسوبات رودخانه‌ایی و دریاچه‌ایی و بازیابی آخرین حد ارتفاعی گدازه‌های مشرف به دره‌ها استوار است. رودخانه هراز به‌طور متوسط ۴ کیلومتر، رودخانه دلیچای ۳ کیلومتر و رودخانه لار ۲ کیلومتر بر اثر گدازه‌های دماوند به مرور و طی فوران‌های متوالی تغییر مسیر داده‌اند. مسیر رودخانه‌ها عمدتا پس از شکل گیری دریاچه‌ها بر اثر انسداد دره‌ها و شکسته شدن سد ایجاد شده‌اند. قابل ذکر است که سطح اساس رودخانه‌های مذکور حدود ۱۰۰ متر بالا آمده است.

واژه‌های کلیدی: تغییر مسیر رود، دماوند، دیرینه ژئومورفولوژی، رود هراز.

*- نویسنده مسئول: Email: myamani@ut.ac.ir

مقدمه

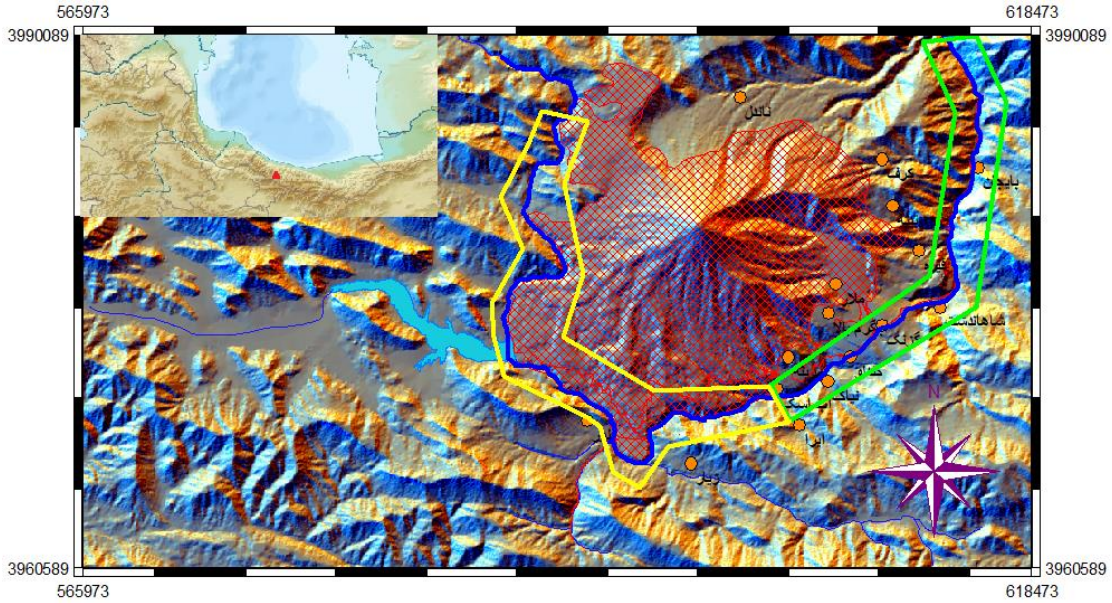
زمین از زمان پیدایش تاکنون، تحت‌تأثیر فرآیندهای درونی و بیرونی، دستخوش تغییرات زیادی بوده است. ماهیت اکثر اشکال و فرآیندهای بیرونی زمین، اساسا شرایط اقلیمی حاکم بر یک منطقه و تحولات زمین‌ساختی در طول زمان است. یکی از عوامل زمین‌ساختی که نقش قابل - توجهی در شکل‌زایی داشته و دارد آتشفشان‌ها و مواد مذاب ناشی از آن‌ها است. آتشفشان را باید دستگاهی در نظر گرفت که سطح زمین را با مناطق درونی زمین مربوط می‌کند و به‌وسیله آن مواد آتشفشانی به سطح زمین راه پیدا می‌کند و عموما برجستگی‌ها و اشکال خاصی از آن به وجود می‌آید. اصطلاح آتشفشان معمولا تصوری از یک کوه مخروطی را در خاطر مجسم می‌کند که قله آن شکل قیف وارونه داشته و دهانه در مرکز آن قرار دارد (درویش‌زاده، ۱۳۸۳). درویش زاده معتقد است در دره‌های لار و هراز اغلب تنها یک روانه گدازه‌ای که توسط دره بریده شده است، دیده می‌شود. این روانه که در زمان جریان تا پایین دره ادامه یافته و سپس متوقف شده، سدی را روی رودخانه (در محل دریاچه سد لار) ایجاد کرده است. ضخامت این پهنه جریانی تا حدود ۱۵۰ متر برآورد می‌شود و براساس شواهد موجود، این بخش از رودخانه نیز تغییر مسیر داده است. در دره هراز در ۲ کیلومتری شرق پلور، ضخامت گدازه حدود ۱۵۰ متر است. همچنین در جنوب دشت ورارو یک برش بزرگ بین آهک‌ها و گدازه- های دماوند شکل گرفته است. بازدیدهای میدانی مؤید جوان بودن مسیر دارد، از طرف دیگر مقدار قابل‌توجهی از رسوبات رودخانه‌ایی هم به صورت پادگانه و هم به صورت مخروط‌افکنه که حاوی گدازه‌ها هستند در دشت لار وجود دارد. تصاویر ماهواره‌ایی و بازدیدهای میدانی بیانگر تغییر مسیر رودخانه به جهت انسداد مسیر جریان گدازه دارد، از این‌رو این پژوهش به بازسازی مسیر اولیه رودخانه می‌پردازد. تاکنون مطالعات متعددی در خصوص تاثیرات لندفرمی مواد آتشفشانی انجام گرفته است، از جمله آن‌ها پورخرسندی (Pourkhorsandi, 2016) جهت بررسی بافت تراکیت‌های آتشفشان دماوند با توجه به فرآیندهای ماگمایی یک مطالعه پتروگرافی کمی و کیفی از سه واحد اصلی فوران آتشفشان بین ۶۲ و ۶۶/۵ سال پیش انجام دادند. وقوع فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی مشابه را مسئول ماگماتیسم آن دانسته به‌گونه‌ای‌که اختلاف ماگماها با جمعیت کریستال‌های مختلف را قادر به یک جایگزینی برای این پدیده دانسته‌اند. مرتضوی و همکاران (۱۳۹۲) خطر فوران آتشفشان دماوند را با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های باد برای ارزیابی خطرات سقوط تفرا در استان‌ها و شهرستان‌های همسایه دماوند مورد بررسی و کنکاش قرار دادند. نتایج نشان داد که چنانچه آتشفشان فوران نماید، جنوب و شرق آتشفشان تحت‌تأثیر فوران تفرا قرار خواهد گرفت. میرنجات و همکاران (۱۳۹۳) شواهد شیمیایی ذوب عمیق گوشته و لایه‌لایه شدن لیتوسفر را به‌عنوان منشأ داخلی سنگ‌های آتشفشانی دماوند مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها معتقد بودند که بالا آمدن محلی مواد عمیق گوشته در زیر کوه‌های البرز منجر به‌فوران درون- ورقه‌ای گدازه‌های دماوند شده است. همچنین اعمال فازهای فشاری بر روی صفحه ایران بر اثر بسته‌شدن نئوتتیس به احتمال زیاد باعث لایه‌لایه شدن لیتوسفر قاره‌ای شده که خود منجربه بالا -

آمدن گوشته محلی شده است. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) ویژگی‌ها و شکل‌گیری حباب‌ها در هنگام فوران در واحد اسکوری آتشفشان دماوند را مورد بررسی قرار دادند. برای دستیابی به این مهم از روش توزیع حباب‌ها و با محاسبه فراوانی، سهم حجمی، مدلسازی سه‌بعدی، هسته-بندی و رشد حباب‌ها استفاده کردند. آن‌ها متوجه شدند در آتشفشان دماوند سه‌نسل از حباب‌ها راکه در سه‌رخداد هسته‌زایی تشکیل شده‌اند، به ترتیب از نسل اول تا سوم چگالی هسته‌بندی افزایش و رشد حباب‌ها را کاهش داده‌اند. پوردارابی و همکاران (۱۳۹۳) دیرینه مغناطیسی آتشفشان دماوند در طی نیم‌میلیون سال گذشته را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده از آنالیزهای دیرینه مغناطیسی بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از ۱۰ سایت در دامنه آتشفشان دماوند گویای چرخش مخروط در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به میزان ۰/۷ درجه به ازای هر ۱۰۰۰ سال است. شیرازی و همکارش (۱۳۹۲) مواد آذرآواری (پومیس و لاهار) دره‌های ملار و رینه در مخروط آتشفشان دماوند را با استفاده از روش تحلیلی – توصیفی و با بهره‌گیری از ابزارهای مناسب و بازدید میدانی مورد مقایسه و بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که آتشفشان دماوند فوران‌های انفجاری با قدرت بالا داشته که سبب پراکندگی مواد آذرآواری از جمله پومیس در محدوده وسیعی شده است. رسوبات آذرآواری توسط لاهار پوشیده شده و میزان و گستردگی لاهار در تمام قسمت‌ها یکسان نبوده - است. به طوری که در منطقه مورد مطالعه (رینه)، لاهار به‌دلیل کاهش شیب از ضخامت و گستردگی بیشتری نسبت به ملار برخوردار بوده است. امیدیان (۱۳۸۶) جایگاه زمین‌ساختی آتشفشان دماوند را براساس شواهد ساختاری و ژئوشیمیایی مورد پژوهش قرار داد. امیدیان و الیاسی در پژوهشی دیگر در سال (۱۳۸۹) تحلیل تنش دیرینه پهنه گسل بایجان در خاور آتشفشان دماوند را با استفاده از روش برگشتی چند مرحله-ای برای تفکیک فازهای تنش دیرین و تحلیل ساختارها در پهنه گسل بایجان در شمال‌شرق آتشفشان دماوند انجام دادند. مرتضوی (۱۳۹۲) علت جوان بودن گدازه‌های آذرآواری در خاور دماوند و نهشته‌های ریزشی پامیس‌های جوان در باختر دماوند را با استفاده از داده‌های باد در سطوح استاندارد میان سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ مورد مطالعه و پژوهش قرار دادند. آن‌ها دلیل جوان بودن گدازه‌ها در خاور دماوند را جهت و سرعت بادهای تروپوسفری به این‌سمت در تمام فصول و جهت باختری پامیس‌های جوان در سمت باختری را جهت بادهای استراتوسفری در فصل گرم به این سمت دانسته‌اند. فنتون (Fenton, 2016) جهت بررسی دبی اوج طغیان سیل سد دریاچه‌ای گرندکانیون[1] آریزونای آمریکا در کواترنر، رسوبات حاصل از این طغیان بر اثر شکست سد گدازه‌ای را از طریق شواهد حاصل از شکست و فرموله کردن جریان، دبی اوج و جریان هیدروگراف برآورد کردند. نتایج نشان‌داد که این طغیان، بزرگترین طغیان در کلرادو شناخته شده، به‌طوری که جزء قدیمی‌ترین طغیان‌ها بوده و در نوع خود در کواترنر بی‌نظیر بوده و توانسته شواهد کواترنری را در خود مستند کند. دیویدسون (Davidson, 2004) نیز در زمین‌شناسی آتشفشان دماوند در کوه‌های البرز را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. سن قدیمی‌ترین سنگ‌های آتشفشانی دماوند را با استفاده از روش He (Th-U) از حدود ۱/۸ تا ۸/. میلیون سال تعیین نموده‌اند. و جوان-ترین روانه‌ها که در دامنه‌های غربی آتشفشان قرار دارند، سنی حدود ۷۳۰۰ سال را به‌دست داده‌اند.

بنابراین آتشفشان‌های با سابقه فعالیت کمتر از ۱۰۰۰۰ سال به‌طور بالقوه فعال تلقی می‌شوند. بنابراین مطالعه تغییرات مجرای رودخانه‌ها یک ویژگی برجسته در مطالعات ژئومورفولوژی رودخانه‌ایی می‌باشد و مطالعات فراوانی از این بررسی‌ها انجام شده است. به‌عنوان مثال: خیری-زاده و همکاران ۱۳۹۶؛ یمانی و فخری،۱۳۹۱؛ شریفی‌کیاو مال‌امیری، ۱۳۹۲؛ Michel, 2004 ; Labbe, 2011 ;Hooke, 2008 ;Richard, 2005. آتشفشان‌ها در ایجاد، تحول و تکامل پوسته و گوشته نقش اساسی داشته‌اند. آتشفشان‌ها و پدیده‌های وابسته به آن‌ها در برهه‌هایی از طول تاریخ زمین‌شناسی، پدیده‌های دیگر زمین‌شناسی را نیز تحت‌الشعاع قرار داده است. یکی از پدیده-هایی که تحت‌تاثیر آتشفشان‌ها به وجود می‌آید، دریاچه‌های سدی‌گدازه‌ای است. علاوه بر آن تغییرات گسترده‌تری در مسیر رودها و سطوح دامنه‌ها در نتیجه انباشت مواد آذرآواری، لاهار و پرتابه‌های آتشفشانی ایجاد کرده‌اند که قابل‌توجه می‌باشند. از آن‌جایی‌که گدازه‌های سرازیر شده از دامنه‌های قله دماوند، در دره‌ها و پستی‌ها قرار گرفته‌اند سبب تغییر مسیر رودخانه‌ها شده است. آثار تغییر مسیر رودخانه‌ها به‌صورت پادگانه‌های دریاچه‌ای متوالی و رودخانه‌ایی برجای مانده است. هدف این پژوهش بازسازی و حدود تغییر مسیر رودخانه‌های هراز، لار، لاسم و دلیچای براساس مورفومتری، رسوب‌شناسی و توالی پادگانه‌های رودخانه‌ایی و حدود گسترش گدازه‌ها در مسیر رودها می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

آتشفشان دماوند با ارتفاع ۵۶۷۰ متر از سطح دریا، بین مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۵۲ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۲دقیقه عرض جغرافیایی شمالی، بلندترین قله ایران است که، از انباشت بیش از ۴۰۰ کیلومتر مکعب گدازه و مواد آذرآواری تراکی‌آندزیت به‌همراه مقدار ناچیزی بازالت و بازانیت تشکیل شده است و بر روی واحدهای سنگی چین‌خورده و گسل‌خورده مزوزوئیک در رشته‌کوه البرز مرکزی قراردارد. قدیمی‌ترین سنگ‌های دماوند تراکی‌آندزیت با سن حدود ۱/۸ میلیون سال تعیین شده است به-طوری‌که جوان‌ترین روانه‌ها در دامنه غربی آتشفشان قرار داشته و سن حدود ۷۳۰۰ سال را به دست داده‌اند (حسن‌زاده، ۱۳۸۰). منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) در محدوده دره هراز، لار و دلیچای و در ۹۰ کیلومتری شمال‌شرقی تهران، ۷۵ کیلومتری جنوب‌غربی شهر آمل، ۲۶ کیلومتری شمال شهر دماوند در البرز مرکزی و بخش لاریجان از توابع شهرستان آمل در استان مازندران قرار دارد و جاده توریستی هراز که تهران را به مازندران متصل می‌سازد از داخل آن عبور می‌کند.



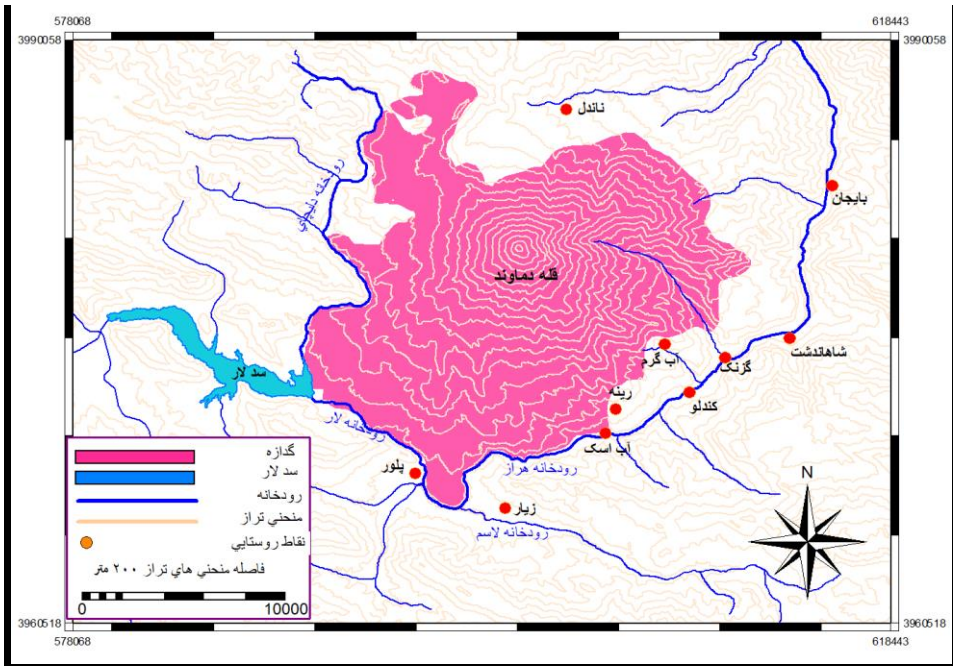
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

این تحقیق عمدتاً تحقیقی بنیادی است و هدف کلی گسترش و بسط نظریه تغییر مسیر رودخانه-های ناشی از سدهای گدازه‌ای کواترنری با تجزیه و تحلیل داده‌های بصری است. بر این اساس، ابتدا با مراجعه به اسناد و آرشیوهای کتابخانه‌ایی اقدام به مطالعه پیشینه تحقیق گردید. سپس نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ایی و عکس‌های هوایی منطقه تهیه شد. در نهایت، مشاهده و برداشت‌های مکرر میدانی از حدود و گسترش گدازه‌ها، حدود و گسترش پادگانه‌های رودخانه‌ایی و دریاچه‌ایی، پراکندگی رسوبات گدازه‌ایی حمل‌شده توسط رودخانه‌ها و یخچال‌ها و مورفومتری طولی و عرضی از رودخانه‌های منطقه، مورفومتری از تنوع لایه‌های رسوبی و گدازه‌ایی پیرامون دره‌ها اقدام گردید. برای انجام پژوهش‌حاضر از روش‌های: ۱-مشاهده مستقیم و برداشت‌های میدانی تفصیلی با استفاده از GPS، متر، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، ۲-مشاهدات غیرمستقیم با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ منطقه و تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده ETMt+) و Google Earth، در نهایت تمام نقاط و اطلاعات برداشت شده جهت محاسبات بعدی و ترسیم نقشه به نرم‌افزارهای ArcGIS و ILWIS منتقل شدند. همچنین برای میزان تغییر مسیر رودخانه‌ها، توالی روانه‌های گدازه‌ایی و تنوع رسوب رودخانه‌ایی با تاکید بر وجود رسوبات آتشفشانی از روش تحلیلی استفاده شده است. تکنیک کار بر سه روش استوار است: ۱-مقایسه ارتفاع و ضخامت رسوبات‌آبرفتی، ۲-تعیین حدود گسترش رسوبات دریاچه‌ایی منطقه هراز، لار و دلیچای و ۳-آخرین حد ارتفاعی گدازه‌های مشرف به دره هراز، لارو دلیچای. به همین خاطر اهداف زیر را می‌توان جهت این پژوهش ذکر کرد: الف) بازسازی مسیر اولیه رودخانه‌ها قبل از فوران آتشفشان، ب)تعیین آخرین حد ارتفاعی دریاچه‌های سدی گدازه‌ای دره‌های لار و هراز. ج)تحلیل رفتار مورفولوژی روانه‌های گدازه‌ایی که منجر به تغییر مسیر رودخانه‌ها شده‌اند.

نتایج

تناوب دوره فعالیت و سکون آتشفشان‌ها در طول زمان و از طرفی تفاوت در میزان نفوذپذیری و تراوایی گدازه‌ها و مواد آذرآواری و همچنین عوامل اقلیمی و ژئومورفیک باعث می‌شود که فرم شبکه-زهکشی هم به‌صورت زمانی و هم به‌صورت مکانی تغییرکند. فوران آتشفشان دماوند باعث پرنمودن دره‌ها شده و به نظر می‌رسد در مسیر اولیه رودخانه‌های مهم تاثیر داشته است. انشعابات رودخانه هراز تقریبا تمامی دامنه‌های مخروط دماوند را زهکشی می‌کنند (شکل ۱). بدیهی است، الگوی شعاعی در پیرامون دماوند نتیجه انطباق شبکه با ساختمان مخروط آتشفشانی‌است. اما مسئله اصلی پژوهش تأثیر آخرین فوران‌های آتشفشان دماوند بر تغییرات الگو و مسیر این آبراهه‌ها در پیرامون آن است. به‌عبارتی دیگر کوه دماوند با ارتفاع ۵۶۷۰ متر در میان قوس رودخانه هراز، لار و دلیچای محصور شده است (شکل ۲).



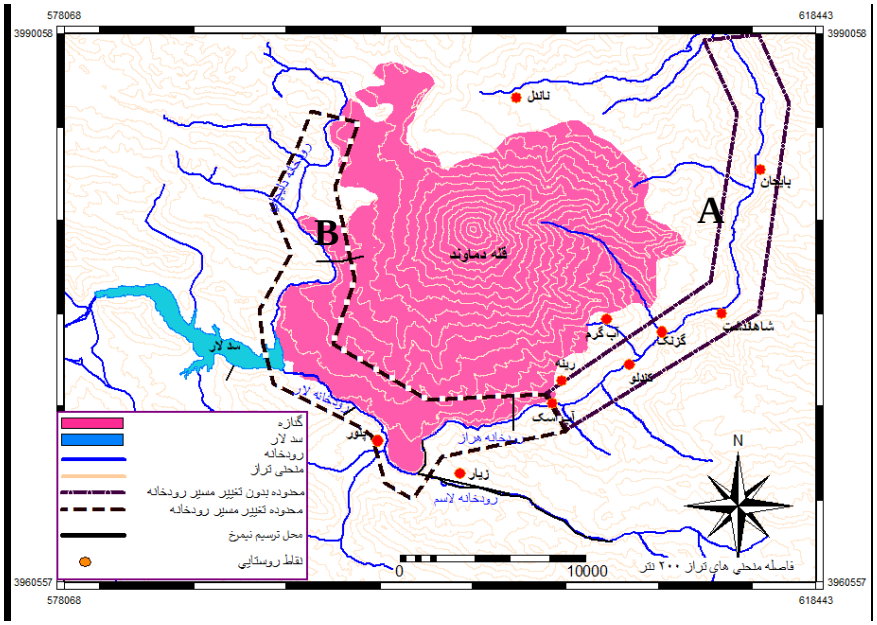
شکل ۲: موقعیت رودخانه‌های هراز، لار و دلیچای

رودخانه‌های البرز عمدتا در بخش منتهی به جلگه ساحلی رسوبات دوران دوم را برش داده و تقریبا به صورت جنوبی شمالی جریان دارند. اما غالب این رودخانه‌ها در بخش البرز میانی به صورت شرقی و غربی درآمده‌اند. شرقی‌غربی بودن رودخانه‌های البرز میانی ناشی از قرارگیری بستر رودخانه‌ها در ناودیس‌هاست. از این‌رو رودخانه هراز و سرشاخه‌های آن نظیر لار و لاسم از این قاعده مستثنی نیستند. تنها بخشی که با بقیه رودخانه‌های البز متفاوت می‌باشد، رودخانه دلیچای است که ابتدا روند غربی‌شرقی داشته و سپس شمالی‌جنوبی گشته به سد لار می‌رسد. با توجه به روند شرقی- غربی رودخانه‌های البرز، رودخانه دلیچای نیز می‌بایست از این روند تبعیت نماید، اما این رودخانه روند شمالی- جنوبی به - خود گرفته و به رودخانه لار می‌رسد. آنچه در این

میان مشهود است وجود قله دماوند در مسیر شرقی‌غربی رودخانه دلیچای با توجه به پهلوی طاقدیس‌ها و ناودیس‌ها است. تحلیل حاصل از مشاهدات غیرمستقیم از طریق تصاویر ماهواره‌ای و نیز یافته‌های میدانی، داده‌های مورفومتری دره-ها و همچنین شواهد رسوبی در قالب بازه‌های مورد بررسی، به شرح زیر است:

۱)بررسی انجام شده از آب اسک به سمت آمل بازه A (شکل ۳): از آب‌اسک به‌سمت آمل (محدوده A) هیچ‌گونه گدازه‌ایی از قله دماوند به‌سمت دره هراز ورود پیدا نکرده است. علی‌رغم ریزش پیروکلاست‌ها در ضلع جنوبی و جنوب‌شرقی دماوند، تغییر محسوسی در روند و مسیر رودخانه هراز شکل نگرفته است. اگرچه تغییراتی درخصوص تغییر سطح اساس صورت گرفته است (شکل ۳).

الف- وجود رسوبات رودخانه‌ایی فاقد هرگونه سنگ و مواد آتشفشانی در پایین‌ترین سطح مقاطع چینه‌شناسی گواه این مطلب‌است. قبل از فوران آتشفشان، رودخانه هراز در مسیر فعلی‌خود بوده و رسوبات آتشفشانی هنگام فوران روی رسوبات رودخانه‌ایی ماقبل خود رسوب نموده‌اند. این نمونه را می‌توان از آب‌اسک به سمت آمل تا حوالی دره ناندل مشاهده نمود.



شکل ۳: موقعیت بازه‌ها و مقاطع عرضی و طولی دره‌ها در محدوده مورد مطالعه

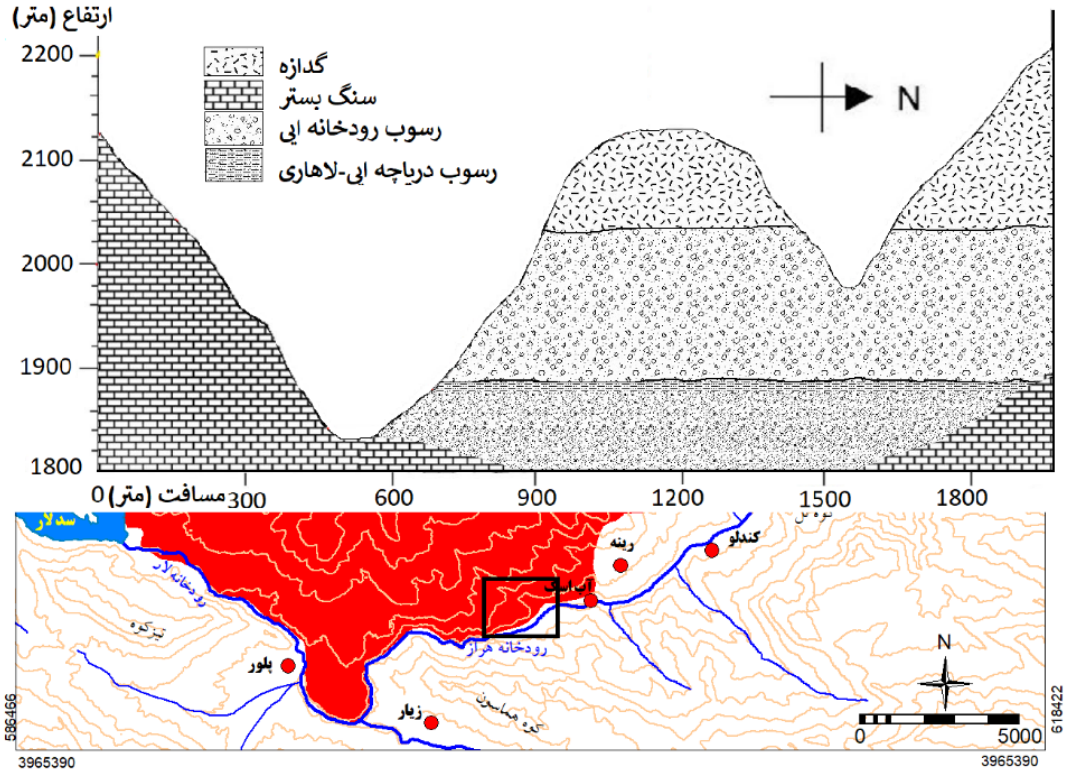
ب-پهنای دره در محدوده آب‌اسک تا گزنک نشان می‌دهد دره هراز قبل از فوران در این بخش پهن بوده است. لایه‌های آهکی شمال رینه و نبود لایه-های رسوبی دوران دوم در ترانشه رودخانه هراز در آب‌اسک (شکل ۴) موید پهن بودن دره هراز قبل از فوران می‌باشد. به نوعی که اکنون مواد ریزشی آتشفشانی به‌صورت مطبق شمال دره هراز را درآب‌اسک پر نموده است. در مسیر جاده منتهی به رینه، وجود لایه‌های ضخیم پامیس نشان می-دهد این مواد در جایی ریزش نموده‌اند که فاقد هرگونه مواد به‌جای مانده از رسوبات دوران دوم می‌باشند. بر این اساس تغییر محسوسی در جهت جریان رودخانه هراز از آب‌اسک به سمت آمل رخ نداده است.

شکل ۴: ترانشه رودخانه هراز در آب‌اسک به ارتفاع ۲۶۰ متر

۲)داده‌های مرتبط با تغییر مسیر رودخانه‌هراز از آب-اسک تا دره دلیچای بازه B (شکل ۳): بازه B از آب-اسک تا دلیچای امتداد می‌یابد. گدازه‌های جاری - شده از قله دماوند، دره‌های پیرامون خود را تحت-تاثیر قرار داده است. ابتدا دره‌ها را مسدود و سپس تغییر مسیر رودخانه را در پی داشته‌اند. تغییر مسیر رودخانه‌ها مستند به دلایل زیر است:

الف-وجود رسوبات آبرفتی حاوی سنگ‌های آتشفشانی: در غرب زمین‌لغزش آب‌اسک، رسوبات آبرفتی مشاهده می‌شود که حاوی مواد آتشفشانی است (شکل ۳ مقطع ۱). در روی سطح این رسوبات لایه‌هایی از روانه‌گدازه قابل مشاهده است. این رسوبات آبرفتی از ارتفاع صفر در دره هراز شروع و تا ارتفاع ۱۸۰ متری تداوم دارد، روی این رسوبات روانه‌های گدازه‌ایی مشاهده می‌شود که ناشی از فعالیت مجدد قله دماوند و خروج گدازه می‌باشد. از این‌رو می‌توان این‌چنین استدلال نمود که جریان رودخانه از این بخش از دره در جریان بوده تا زمانی‌که گدازه‌ها توانسته‌اند دره را پر نموده و جریان رودخانه را به سمت جنوب هدایت نمایند. در این محل دره‌ایی قرار دارد که دو طرف آن رسوبات آبرفتی مشاهده می‌شوند. در میان رسوبات آبرفتی گراول‌های گدازه‌ایی به‌چشم می-خورد. این فرایند نشان می‌دهد دره در این بخش عریض و پهن بوده همچنین نسبت به دره فعلی هراز که بستر آن دارای سنگ‌های آهکی است، این بخش فاقد سنگ‌های رسوبی در بستر خود باشد. به‌عبارتی رودخانه هراز که دارای بستری از سنگ‌های رسوبی دوران‌دوم می‌باشد در تراز ارتفاعی بالاتری نسبت به دره مجاور خود می‌باشد این مسئله نشان می‌دهد بستر رودخانه فعلی هراز در حال کاوش بستر خود می‌باشد تا به تعادل برسد (شکل ۵).

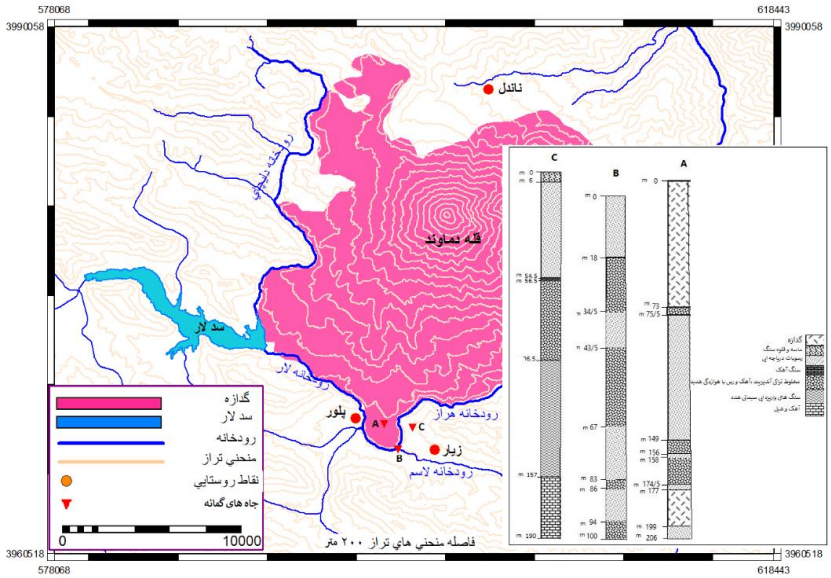
ب-برش رسوبات دوران دوم در مسیر فعلی رودخانه هراز: تمام مسیر رودخانه‌هراز از خروجی سرشاخه لاسم تا آب‌اسک توسط رودخانه برش داده شده است. این برش در دو سطح صورت گرفته است. ابتدا گدازه‌ها و سپس لایه‌های رسوبی دوران‌دوم. رود هراز رسوبات دوران‌دوم را بیش از ۱۵ متر در این مسیر حفر نموده است. با توجه به لایه‌هایی از روانه‌های گدازه‌ایی در سطح رسوبات دوران دوم مسجل می‌شود که رودخانه هراز توانسته مسیر خود را از میان لایه‌های گدازه‌ایی و سپس آهکی باز نماید (شکل ۵).



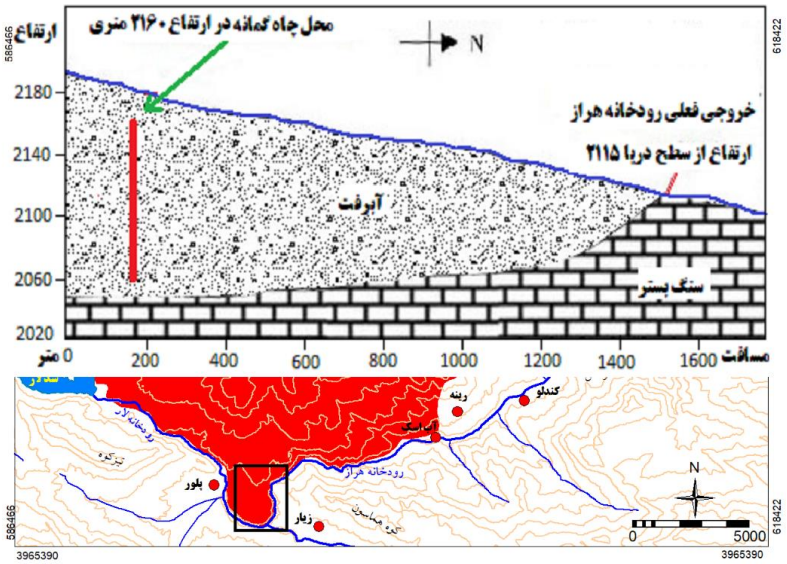
شکل ۵: نیمرخ عرضی دره هراز و دره مجاور

ج-در خروجی سرشاخه لاسم و روستای پلور چند گمانه به عمق متفاوت توسط وزارت نیرو به منظور حفر تونل جهت انتقال آب‌های کارستی به تهران زده شده است. در شکل ۶ محل سه گمانه آورده شده است. نتایج حاصله از حفر گمانه A به عمق ۲۰۶ متر، تناوب رسوبات آبرفتی و گدازه‌ایی را نشان می‌دهد. این گمانه نتوانسته به سنگ بستر برسد. گمانه C در حوالی روستای زیار به عمق ۱۸۰ متر در ارتفاع ۲۳۴۰ متری حفر شده است. این گمانه در عمق ۱۵۷ متری به سنگ بستر رسیده است. شکل ۶ موقعیت چاهای گمانه را نشان می‌دهد. گمانه B خروجی رودخانه لاسم در ارتفاع ۲۱۶۰ متری تا عمق ۱۰۰ متر زده شده - است. تمام عمق ۱۰۰ متر از رسوبات رودخانه‌ایی و دریاچه‌ایی تشکیل شده است، این گمانه نیز نتوانسته به سنگ بستر برسد. براساس گمانه B که در تراز ارتفاعی ۲۱۶۰ متری و در محل خروجی رودخانه لاسم به عمق ۱۰۰ متر حفر شده نشان می‌دهد عمق دره لاسم قبل از فوران آتشفشان پایین‌تر از تراز ارتفاعی ۲۰۶۰ متری در این نقطه بوده است (شکل ۸). برای اینکه اثبات شود مسیر رودخانه هراز مسیر فعلی نبوده است، نیمرخ طولی رودخانه‌هراز از محل انشعاب رودخانه لاسم تا تونل اول ترسیم گردیده است. تراز ارتفاعی ۲۱۶۰ متری ابتدای نیمرخ‌طولی در محل انشعاب رودخانه‌هراز و لاسم و انتهای نیمرخ‌طولی در محل خروجی فعلی رودخانه هراز در محل اولین تونل در ارتفاع ۲۱۱۵ متری قرار دارد (شکل ۷) که بستر آن سنگ‌های آهکی دوران دوم زمین‌شناسی می‌باشد. با توجه به گمانه B که عمق ۱۰۰ متری از رسوبات دریاچه‌ایی و رودخانه-ایی را نشان می‌دهد تراز ارتفاعی قرارگیری بستر اولیه رودخانه لاسم در ارتفاع ۲۰۶۰ متری بوده است. بر این اساس نیمرخ‌فرضی در پایین‌ترین

سطح که به سنگ مادر می‌رسد نیز ترسیم گردیده است. که نشان‌دهنده اختلاف ارتفاع مسیر جریان فعلی رودخانه و رسوبات دریاچه‌ایی است. از این - رو رودخانه لاسم نمی‌توانسته در مسیری رو به ارتفاع بالا حرکت نماید. لذا مسیر رودخانه با توجه به شواهد رسوبی چاه‌گمانه و تراز ارتفاعی دره فعلی هراز در محل بستر آهکی باید مسیر دیگری بوده باشد. به‌عبارتی دیگر قبل از فوران و انسداد مسیر رودخانه توسط گدازه مسیر جریان لاسم به سمت شمال‌غرب بوده و پس از انسداد رودخانه، مسیر جدیدی به سمت شمال برای خود حفر نموده است.

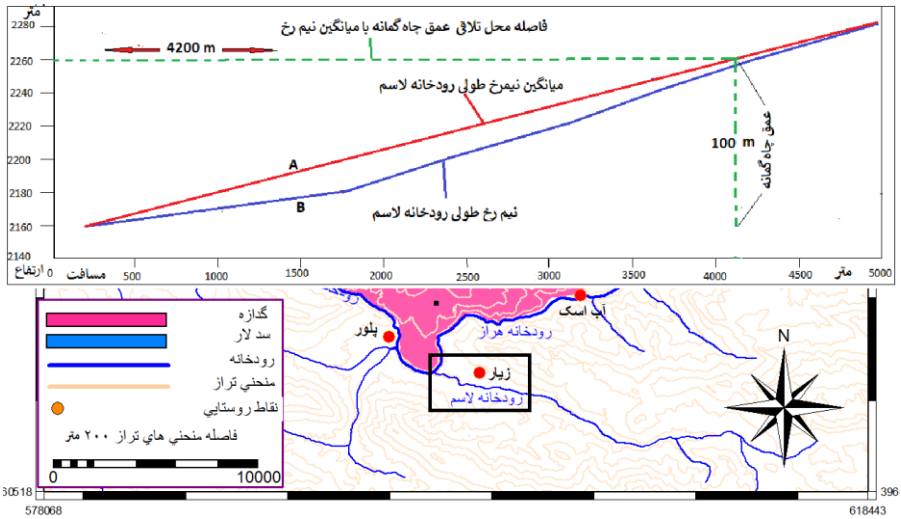


شکل ۶: مقاطع چینه‌شناسی چاه‌های گمانه و موقعیت آن‌ها

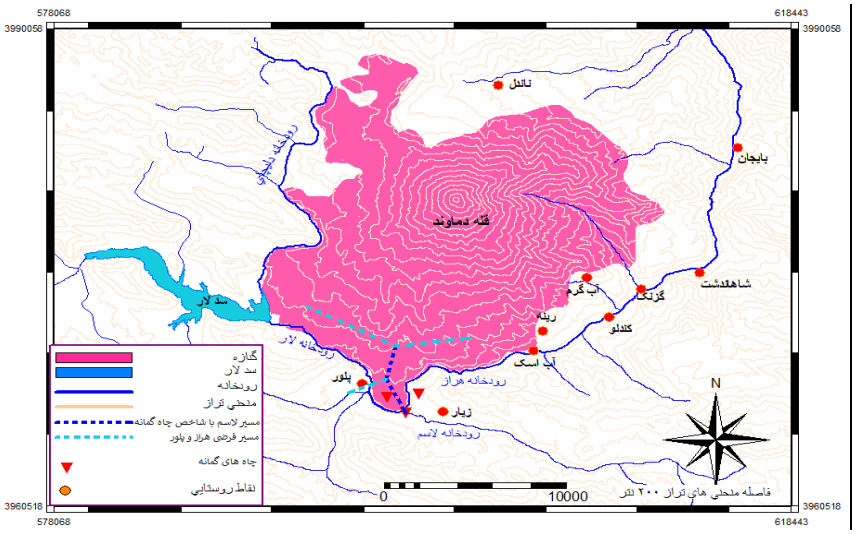


شکل ۷: نیمرخ طولی رودخانه هراز و موقعیت چاه گمانه

شکل ۸ نیمرخ طولی رودخانه لاسم را در فاصله ۵ هزار متری نشان می‌دهد (خط B) برای نیمرخ فوق یک میانگین نیمرخ ترسیم شده است (خط A). مسافت ۴۲۰۰ متری مسافتی است که رودخانه لاسم با روند شیب میانگین به عمق ۱۰۰ متر طی خواهد کرد. به عبارتی دیگر اگر خط میانگین نیمرخ با همین مقدار شیب کاهش ارتفاع داشته باشد باید ۴۲۰۰ متر طی نماید تا به عمق ۱۰۰ متر برسد. در شکل ۹ محل چاه گمانه و مسیر احتمالی رودخانه هراز به فاصله ۴۲۰۰ متر با خط منقطع آبی پر رنگ ترسیم شده است. انتهای مسیر ۴۲۰۰ متری، محل عبور رودخانه هراز قبل از فوران آتشفشان خواهد بود (نقطه B) که با خط منقطع آبی کم رنگ مشخص شده است. با توجه به موارد فوق و به دست آمدن نقطه تلاقی رودخانه‌ها با خط فرضی می‌توان مسیر جریان رودخانه هراز و لار را قبل از فوران آتشفشان در این نقطه مشخص نمود. خمیدگی مسیر رودخانه فرضی وجود لایه آهکی است که عمود بر مسیر جریان قرار می‌گرفته است.



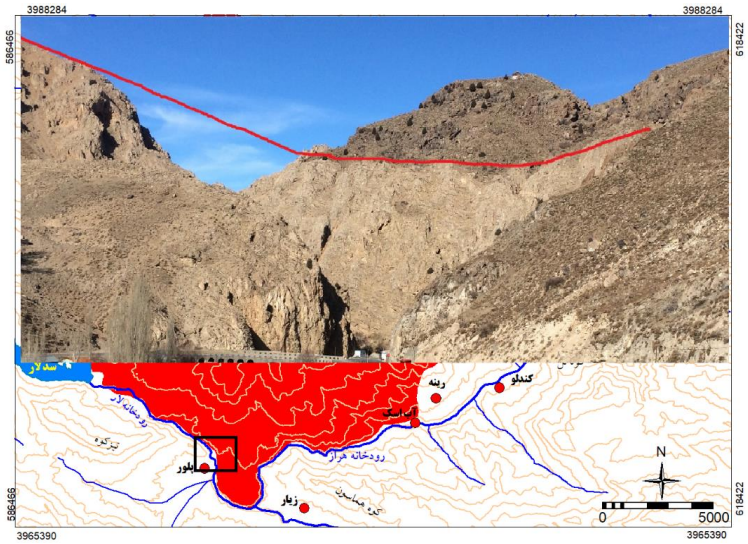
شکل ۸: نیمرخ طولی B و شیب متوسط A رودخانه لاسم در فاصله ۵ هزار متری از چاه گمانه



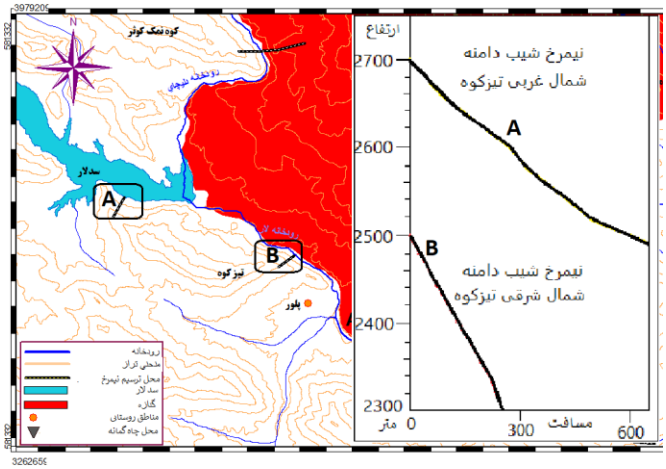
شکل ۹: موقعیت چاه گمانه و مسیر احتمالی رودخانه لاسم

د-شکل ۱۰ تصویری از دره لار را به نمایش می-گذارد. روانه‌های گدازه‌ای به صورت دگر شیب روی آهک‌های دوران دوم را پوشانده‌اند و دره عمیقی توسط رودخانه لار در میان لایه‌های آهکی شکل گرفته است. آن‌چه مشخص است جوان بودن دره می‌باشد که نشان می‌دهد با انسداد مسیر اصلی توسط گدازه‌ها این مسیر به صورت دره عمیق و باریکی شکل گرفته است.

ذ-تفاوت شیب در دامنه‌های تیزکوه که مشرف به دره لار می‌باشد نشان می‌دهد که شیب در مسیری که رودخانه در پای دامنه قرار گرفته است، بیشتر است. شکل ۱۱ نیمرخ شیب دو دامنه را نشان می‌دهد. بر این اساس دامنه‌های شمال-غربی حدود ۴۵ درجه شیب داشته، اما دامنه‌های جنوب‌شرقی بیش از ۶۰ درجه شیب دارد. دامنه شمال‌شرقی تیزکوه تحت‌تأثیر نیروی کاوش رودخانه لار قرار داشته و شیب آن بیشتر شده است. دلیل مهم قرارگرفتن رودخانه در پای دامنه تیزکوه رانده شدن رودخانه توسط گدازه‌های دماوند به سمت دامنه مذکور می‌باشد.

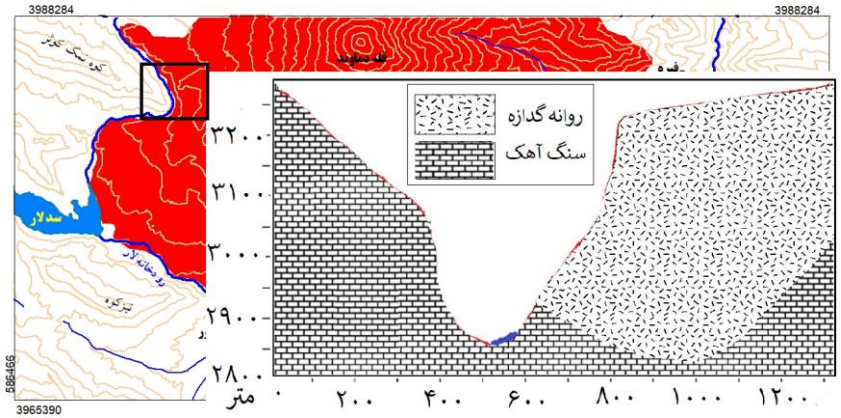


شکل ۱۰: قرارگیری گدازه‌ها روی سنگ‌های آهکی در دره لار

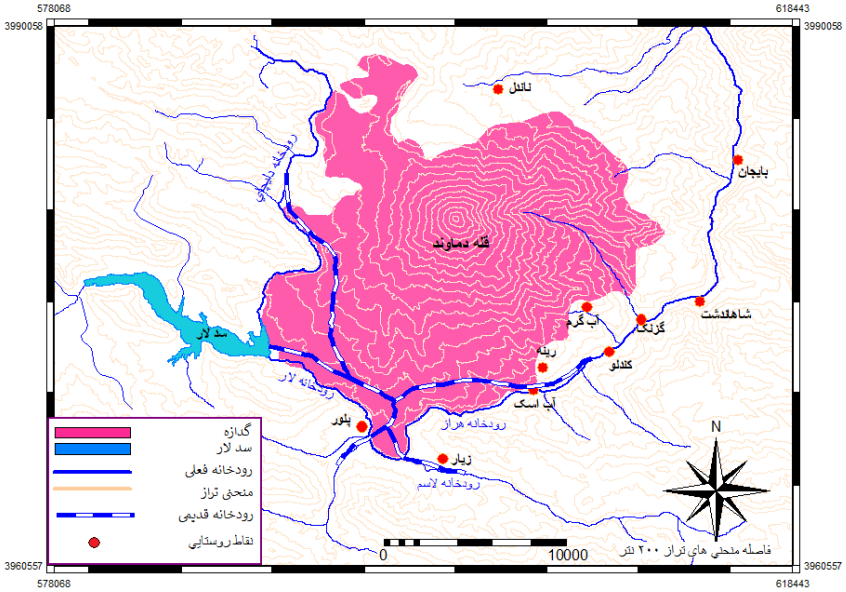


شکل ۱۱: نیمرخ شیب شمال‌غربی و شمال‌شرقی تیزکوه

ر-گدازه‌های خارج شده از قله دماوند به صورت دگرشیب سنگ‌های رسوبی کوه قنات‌کوثر را پوشش داده‌اند (شکل ۱۲). رودخانه‌دلیچای پس از یک قوس بیش از ۹۰ درجه‌ایی ابتدا سنگ‌های آتشفشانی و سپس سنگ‌های رسوبی را برش داده و در مسیر فعلی جاری گشته است. قرارگیری گدازه‌ها روی سنگ‌های رسوبی نشان می‌دهد رودخانه در مسیر فعلی جاری نبوده است. زیرا اگر رودخانه در این مسیر جاری بوده باشد می‌بایست آثار فرسایش رودخانه‌ایی و یا رسوبات آبرفتی روی سنگ‌های رسوبی مشهود باشد. اما با بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد هیچ‌گونه آثار رودخانه‌ایی در زیر گدازه‌ها و روی سنگ‌های رسوبی وجود ندارد. شکل ۱۲ نیمرخ عرضی دره دلیچای (خط ۶) می‌باشد. براساس این نیمرخ مشاهده می‌شود که رسوبات آهکی با برش رودخانه، پرشیب شده و باعث حفر سنگ بستر توسط رودخانه شده است، درحالی که گدازه‌ها روی سنگ‌های رسوبی قرار گرفته‌اند. مقدار برش سنگ‌های آهکی به عمق ۱۰۰ متر برآورد می‌گردد. بنابراین استنباط می‌شود که قبل از فوران مسیر رودخانه غیر از مسیر فعلی بوده است.



شکل ۱۲: نیمرخ عرضی دره دلیچای



شکل ۱۳: نمایش مسیرهای قدیمی رودخانه‌های مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در دره‌های لار و هراز اغلب تنها یک روانه گدازه‌ای که توسط دره بریده شده است، دیده می‌شود. این روانه که در زمان جریان تا پایین دره ادامه یافته و سپس متوقف شده، سدی را روی رودخانه (در محل دریاچه سد لار) ایجاد کرده است. ضخامت این پهنه جریانی تا حدود ۱۵۰ متر برآورد می‌شود و براساس شواهد موجود این بخش از رودخانه نیز تغییر مسیر داده است. همچنین در جنوب دشت ورارو یک برش بزرگ بین آهک‌ها و گدازه‌های دماوند شکل گرفته است. بازدیدهای میدانی مؤید جوان بودن مسیر دارد (درویش‌زاده، ۱۳۸۳). از طرفی علایی‌طالقانی (۱۳۹۱) معتقد است دریاچه‌ایی بر روی رودخانه هراز در محدوده رودخانه هراز و پلور شکل گرفته، که به تدریج با نهشته‌های رسوبی پر شده و در طی زمان با شکسته شدن سد گدازه‌ای و برقراری مجدد جریان رود هراز به‌حالت اولیه و طبیعی خود، حجم زیادی از نهشته‌های دریاچه‌ای شسته و تخلیه شده‌اند و بقایای آن به‌صورت پادگانه‌هایی بر جوار دره‌هراز و دره لاسم باقی مانده‌اند. ظاهرا به‌طور همزمان، جریان گدازه در بخش دیگری از قله دماوند، سد دیگری بر روی رودخانه لار به وجود آورده است. بنا به ادعای معماریان دریاچه‌ای که در پشت سد لار ایجاد شده بود به مراتب بزرگتر از دریاچه دره هراز و دره لاسم بوده است (علایی‌طالقانی، ۱۳۹۱). هرچند حسن‌زاده (۱۳۸۰) مدعی است رودخانه تغییر مسیر داده اما علایی‌طالقانی (۱۳۹۱) معتقد است رودخانه به‌حالت اولیه درآمده است. رودخانه هراز و سرشاخه‌های اصلی آن یعنی لار و دلیچای به نظر می‌رسد قله دماوند را دور زده باشند. این قوس رودخانه‌ایی نشان می‌دهد که خروج گدازه از قله دماوند موجب انسداد مسیر جریان رود و نهایتا تغییر مسیر جریان رودخانه شده است. برای محدوده مورد مطالعه دو محدوده تعیین شد؛ محدوده A و محدوده B. محدوده A که از آب‌اسک به سمت آمل و خروجی حوضه می‌باشد تغییر محسوسی در جهت مسیرجریان رودخانه مشاهده نشد. تنها تغییری که قابل مشاهده‌است پرشدگی بستر رودخانه از آبرفت‌ها و مواد آذرآواری می‌باشد. محدوده B که از آب‌اسک تا دلیچای ترسیم شد، رودخانه تغییر مسیر داده است. خروجی این مسیر حوالی آب‌اسک مشخص گردید. در این پژوهش چهار رودخانه مورد بررسی قرار گرفت که میزان تغییر مسیر در شکل ۱۳ آمده است. بیشترین تغییر مسیر رودخانه هراز از بستر فعلی خود ۴۲۰۰ متر می‌باشد که مربوط به بخش تلاقی رودخانه لاسم و لار می‌باشد. گدازه‌های خروجی از دماوند موجب انسداد و تشکیل دریاچه‌سدی‌گدازه‌ایی در مسیر جریان لاسم و پلور گردیده است. مسافتی‌که این رودخانه طی می‌کرده تا به رودخانه هراز برسد ۴۲۰۰ متر می‌باشد. متوسط تغییر مسیر رودخانه هراز نسبت به بستر فعلی خود ۲۰۰۰ متر برآورد شد. مقدار مسافت تغییر مسیر رودخانه لار از محل پل قدیمی پلور ۱۶۰۰ متر تا تلاقی رودخانه لار و لاسم مشخص شد. مسیر عبور جریان قدیمی لار از پشت یال رسوبی تیزکوه بوده و دره عمیق و باریک فعلی پس از انسداد جریان مسیر به وجود آمده است. متوسط تغییر مسیر رودخانه لار ۱۰۰۰ متر برآورد شده است. بیشترین مسافتی‌که رودخانه دلیچای تغییر مسیر داده است مربوط به بخش انتهایی رودخانه می‌باشد که ۴۱۰۰ متر برآورد گردید.

گدازه‌های دماوند با ایجاد سد گدازه‌ایی در مسیر جریان رودخانه دلیچای، موجب تغییر مسیر شرق به غرب جریان رودخانه شده است. متوسط تغییر مسیر جریان رودخانه دلیچای ۲۵۰۰ متر برآورد شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد سطح اساس رودخانه-های ذکر شده به‌طور میانگین ۱۰۰ متر نسبت به-سطح اولیه خود، بالا آمده است. این سطح بالا آمده ناشی از قرارگیری گدازه‌ها در مسیر رودخانه‌ها می‌باشد. نقش و میزان بالاآمدگی سطح اساس رودخانه به سبب عوامل تکتونیکی نیازمند پژوهشی مستقل می‌باشد.

پانوشت

1-Grand Canyon

منابع

-امیدیان، ص.، ۱۳۸۶. تعیین جایگاه زمین‌ساختی آتشفشان دماوند براساس شواهد ساختاری و ژئوشیمیایی ، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۵۵ ص.

-امیدیان، ص. و الیاسی، م.، ۱۳۸۹. تحلیل تنش دیرینه پهنه گسل بایجان، خاور آتشفشان دماوند، ایران، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۴، شماره ۱۶، ص ۵۱-۶۰.

-پوردارابی، ح.، بهمنی‌زاده، ع.ا. و اسکوئی، ب.، ۱۳۹۳. دیرینه مغناطیس آتشفشان دماوند در طی نیم میلیون سال گذشته، مجله زمین و فضا، دوره ۴۰، شماره ۱، ص ۸۳-۹۳.

-حسن‌زاده، ج.، پندآموز، ع.، دیویدسون، ج. و استوکلی، د.، ۱۳۸۰. آتشفشان دماوند: نگاهی به تاریخ تکوین آن بر پایه داده‌های ژئوشیمی و سن-سنجی جدید، پنجمین همایش انجمن زمین-شناسی ایران، تهران.

-خیری‌زاده، م.، رضایی‌مقدم، م. و رجبی، م.، ۱۳۹۶. تحلیل تغییرات جانبی مجرای رودخانه زرینه‌رود با استفاده از روش ژئومورفومتریکی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، ص ۷۶-۱۰۲.

-رحیم زاده، ب.، مسعودی، ف. و رنجبر، ش.، ۱۳۹۳. مطالعه ویژگی‌ها و شکل‌گیری حباب‌ها در هنگام فوران واحد اسکوری آتشفشان دماوند، مجله علوم زمین، سال ۲۳، شماره ۹۲، ص ۱۱-۲۲.

-شیرازی، ا.ه. و فرجزاده، م.، ۱۳۹۲. مقایسه مواد آذرآواری (پومیس و لاهار) دره‌های ملار و رینه در مخروط آتشفشانی دماوند، فصلنامه جغرافیای سرزمین، سال ۱۰، شماره ۴۰، ص ۳۱-۴۰.

-شریفی‌کیا، م. و مال‌امیری، ن.، ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات الگوی مکانی رودخانه هیرمند و تحلیل مورفولوژیکی آن، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، ص ۱۴۹-۱۶۰.

-علایی‌طالقانی، م.، ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی ایران، چاپ هفتم، انتشارات قومس، ۳۵۰ ص.

-مرتضوی، س.ح.، ۱۳۹۲. جوان‌ترین فعالیت آذرآواری در آتشفشان دماوند، نمونه‌ای از یک فوران ساب پایینی با ارتفاع ستوم فوران در استراتوسفر، مجله علوم زمین، سال ۲۳، شماره ۸۹، ص ۱۵۵-۱۶۶.

-یمانی، م. و فخری، س.، ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر در تغییرات الگوی رودخانه جگین در جلگه ساحلی مکران، فصل نامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال ۱۰، شماره ۳۴، ص ۱۴۱-۱۵۹.

-Coffman, D.K., 2009. Stream bank Erosion Assessment in Non- Cohesive Channels Using Erosion Pins and Submerged Jet Testing, Dallas/Fort Worth, Texas, A thesis approved by the department of geology submitted to the graduate faculty of Baylor University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science, 67 p.
-Davidson, J., Hassanzadeh, J., Berzins, R., Stocklin, D.F., Bashukooh, B., Turrin, B. and Pandamouz, A., 2004. The geology of Damavand volcano, Alborz Mountains, northern Iran, Geological Society of America Bulletin, p. 16-29.
-Fenton, C.R., Webb, R.H. and Cerling, T.E., 2006. Peak discharge of a Pleistocene lava-dam outburst flood in Grand Canyon, Arizona, USA, Quaternary Research, v. 65, p. 324-335.
-Hooke, J.M., 2008. Temporal variations in fluvial processes on an active meandering river over a 20-year period. Geomorphology, v. 100, p. 3-13.
-Hicks, D.M., Gomez, B. and Trustrum, N.A., 2000. Erosion thresholds and suspended sediment yields, Waipaoa river basin, New Zealand, Water Resources Research, v. 36(4), p. 1129-1142.
-Hooke, J.M., 2008. Temporal variations in fluvial processes on an active meandering river over a 20-year period, Geomorphology, v. 100, p. 3-13.
-Labbe, J.M., Hadley, K.S., Schipper, A.M., Leuven, R.S.E.W. and Gardiner, C.P., 2011. Influence of bank materials, bed sediment, and riparian vegetation on channel form along a gravel-to-sand transition reach of the Upper Tualatin River, Oregon, USA. Geomorphology, v. 125, p. 374-382.
-Micheli, E.R., Kirchner, J.W. and Larsen, E.W., 2004. Quantifying the effect of riparian forest versus agricultural vegetation on river meander migration rates, central Sacramento river, California, USA. River Research and Applications, v. 20, p. 537-548.
-Mirnejad, H., Hassanzadeh, J., Cousens, B.L. and Taylor, B.E., 2010, Geochemical evidence for deep mantle melting and lithospheric delamination as the origin of the inland Damavand volcanic rocks of northern Iran, Journal of Volcanology and Geothermal Research, v.198, p. 288-296.
-Micheli, E.R., Kirchner, J.W. and Larsen, E.W., 2004. Quantifying the effect of riparian forest versus agricultural vegetation on river meander migration rates, central Sacramento river, California, USA. River Research and Applications, v. 20, p. 537-548.
-Pourkhorsandi, H. and salehzade, M., 2016. Quantitative textural investigation of trachy andesites of Damavand volcano (N Iran): Insights into the magmatic processes, Journal of African Earth Sciences, v. 120, p. 238-247.
-Richard, G.A., Julien, P.Y. and Baird, D.C., 2005. Statistical analysis of lateral migration of the Rio Grande, New Mexico, Geomorphology, v. 71, p. 139-155.
-Richard, G.A., 2001. Quantification and prediction of lateral channel adjustments downstream from Cochiti Dam, Rio Grande, NM. Dissertation in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 229 p.