Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

# Spatial distribution of alluvial fans for evaluating tectonic activity: A case study from the Southern Kharqan mountain range, Hamadan Province

**Esmaeil Najafi [1] | Abolfazl Faraji Monfared [2]✉ | Mehdi Ahmadi [3]**

1. Assistant Professor, Department of Geomorphology, School of Earth Sciences, Damghan University, Iran. **E-mail:** es.najafi@du.ac.ir
2. Corresponding author, Ph.D student in Geomorphology, University of Tabriz, Iran. **E-mail:** Afarajimonfared63@gmail.com
3. Ph.D. in Geomorphology, University of Tabriz, Iran. **E-mail:** mehdi.ahmadi2009@gmail.com

## Article Info

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received
2020/10/31
Received in revised
2021/01/16
Accepted
2021/04/11
Pre-Published
2021/04/11
Published online
2025/03/21

**Keywords**:
Alluvial Fan,
Tectonic,
Geomorphological evidence,
Kharqan mountain range.

## ABSTRACT

The extent of mountainous and desert areas in Iran has caused the emergence of well-known geomorphological phenomena .Alluvial fans are landforms found in various locations. Identifying and evaluating their impacts can be valuable for natural hazard management and land use planning. In this study an attempt hs been made to evaluate the status of tectonic activities in the south of the slopes of the Kharqan mountain range in the northeast of Hamedan province. Different maps were utilized to examine the development process of alluvial fans and present evidence of tectonic activity, including the Gozal Valley, Karafs, and several smaller alluvial fans. The findings of this study revealed that tectonic activity in the Gozal Valley cone remains active, while the alluvial fans located between the Gozal Valley are inactive. Further evidence in the bed of the Gozal Valley cones suggests tectonic changes caused by fault activity, resulting in the alteration of the riverbed's drainage pattern and subsequent destruction and erosion of the surrounding areas. Additionally, changes in drainage patterns and sediment depth on the surface of alluvial fans can be attributed to tectonic activities within these fans. Geological logs illustrate both prolonged, slow periods and active periods during various geological eras in the study area. Ultimately, tectonic activity initiated with a lengthy, sluggish phase, followed by continued tectonic activities and fluctuations.

**Cite this article:** Najafi, Esmaeil., Faraji Monfared, Abolfazl., & Ahmadi, Mehdi. (2025). Spatial distribution of alluvial fans for evaluating tectonic activity: A case study from the Southern Kharqan mountain range, Hamadan Province. Journal of *Applied Research in Geographical Sciences*, 25 (76), 92-109. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.8

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.8

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

# Extended Abstract

## Introduction

Currently, there is a growing presence of human settlements and diverse land uses on alluvial fans. Therefore, it has become crucial to understand the various dimensions of these alluvial fans. The formation of alluvial fans has been influenced by tectonic activity, climate, and other natural phenomena. Tectonic cycles have a significant impact on the erosion process, while ongoing processes on the surface of alluvial cones affect their evolution. Consequently, the presence of alluvial cones can be used as simultaneous indicators to investigate the history, fault activity, and occurrence of earthquakes (Yong, 1985). Alluvial cones, which are triangular forms of alluvial deposits from the Quaternary period, typically form at the mouths of rivers or drainage systems on flat terrains such as plains (Hagget, 2003). This current research aims to assess alluvial cones to evaluate tectonic activities in the southern region of the Kharqan mountain range, spanning Markazi and Hamadan provinces. The tectonic activities occurring on the surface of the alluvial cones have altered the riverbed and increased erosion along the river banks. The establishment of human settlements on the alluvial cones and the exploitation of the riverbed have resulted in detrimental effects. Therefore, the urgency of the issue necessitates the execution of this research.

## Methods and Materials

The objective of the current study is to discover and develop appropriate methodologies for analyzing patterns associated with alluvial cones. The initial phase involved gathering research data and digital layers, which included topographic maps, drainage patterns, and morphological information pertaining to the alluvial cone. Topographic maps, geological maps, relevant software, aerial photographs, and satellite images were employed to examine and differentiate topographic units and faults, identify the alluvial cone, and create maps and diagrams. Furthermore, geological logs were utilized to discern technological activities and climatic conditions during the Pleistocene epoch. The deposits within the geological unit demonstrate the impact of various influencing factors throughout the Quaternary period, particularly during the Pleistocene, on the development of alluvial cones. The processes of deposit accumulation and exploration within the riverbed, as well as the bending curve index of the alluvial cone, were used as indicators to assess tectonic activity within the study area.

## Results and Discussion

The geomorphology of alluvium is highly sensitive to changes in both internal and external variables, and its structure is contingent upon these factors. Tectonic forces not only shape the pattern of the alluvial cone, but also generate new forms through the influence of other variables. The alterations in alluvial surfaces serve as evidence of these changes. Research findings indicate that tectonic processes are active in the eastern part of the Gozal Valley alluvial fan, while they are dormant in the Karafs alluvial fan. Moreover, the presence of tectonic changes in the bed of the Gozal Valley cone suggests that fault activity has resulted

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

in modifications to the drainage pattern within the riverbed, subsequently leading to the destruction and erosion of the surrounding area. The drainage pattern and flow depth in the alluvial cone surfaces of the region have been significantly influenced by the ongoing tectonic activity within these cones. Comprehensive geological logs have been compiled to demonstrate the occurrence of both slow and active periods across different geological epochs within the study area. Ultimately, the tectonic activity commenced with a protracted, sluggish period, followed by sustained tectonic activities and fluctuations. Thrust faults have significantly impacted the mountain front, whereas the key faults within the eastern part of the alluvial cone have resulted in a shift in the flow regime pattern on the surface of both the alluvial cone and rivers. The establishment of the Gozal Valley village along the river, along with the evidence pertaining to tectonic activity, underscores the influence of these factors on human settlements. Given the recent changes in human settlements within this vulnerable geomorphological unit, it is crucial to conduct a comprehensive investigation and analysis of this matter.

## Conclusion

The research findings indicate that tectonic evidence has been identified and interpreted in the eastern part of the study area. Tectonic influences are particularly prominent in this region, while there is no evidence suggesting the activity of the Karafs alluvial fan. This discrepancy can be attributed to various factors, including fault distribution, basin area, and geological formations in the Gozal Valley basin, as compared to the Karafs basins. Given the recent changes in land use and the subsequent encroachment of rivers, it is crucial to consider the impact of these factors within the study area. These findings, when combined with other research and methodologies, provide valuable insights for planners and managers involved in construction operations and the expansion of the communication network.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۲۲۲۸-۷۷۳۶ شاپا الکترونیکی: ۲۵۸۸-۵۱۳۸
https://jgs.khu.ac.ir/

# بررسی جایگاه مخروط افکنه‌ها در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی (مطالعه موردی: دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه خرقان در شمال شرقی استان همدان)

اسماعیل نجفی[۱]، ابوالفضل فرجی منفرد[۲]✉، مهدی احمدی[۳]

۱. استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران. رایانامه: es.najafi@du.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: Afarajimonfared63@gmail.com
۳. دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mehdi.ahmadi2009@gmail.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:**
۱۳۹۹/۰۸/۱۰
**تاریخ بازنگری:**
۱۳۹۹/۱۰/۲۷
**تاریخ پذیرش:**
۱۴۰۰/۰۱/۲۲
**تاریخ پیش انتشار:**
۱۴۰۰/۰۱/۲۲
**تاریخ انتشار آنلاین:**
۱۴۰۴/۰۱/۰۱

**کلیدواژه‌ها:**
مخروط‌افکنه،
تکتونیک،
شواهد ژئومورفولوژی،
رشته‌کوه خرقان.

**چکیده**

گسترش مناطق کوهستانی و بیابانی در سرزمین ایران، سبب شده تا پدیده‌های شناخته شده ژئومورفولوژیکی نیز، رخنمون نماید. مخروط‌افکنه از جمله این پدیده‌هایی هستند که در مناطق مختلف پراکنش یافته‌اند. شناسایی عوامل به وجود آورنده و آگاهی از تأثیرات آن‌ها می‌تواند انسان را در کنترل و محدود نمودن برخی از مخاطرات طبیعی و همچنین آمایش بهینه سرزمین کمک کند. در این پژوهش سعی شد از طریق بررسی شواهد موجود مخروط افکنه‌ها به ارزیابی وضعیت فعالیت‌های تکتونیکی در جنوب دامنه‌های رشته‌کوه خرقان در شمال شرق استان همدان پرداخته شود؛ بنابراین در ابتدا روند گسترش مخروط‌افکنه‌های منطقه (متشکل از دو مخروط‌افکنه گوزل‌دره و کرفس و چندین مخروط‌افکنه کوچک) با استفاده از نقشه‌ها و نرم‌افزارهای مختلف ترسیم شد، سپس به ارزیابی شواهد موجود در خصوص فعالیت تکتونیک پرداخته شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در بعضی از قسمت‌ها تکتونیک فعال (مثل قسمت شرقی مخروط‌افکنه گوزل‌دره) و در بعضی مناطق غیرفعال (الگوی قرارگیری مخروط‌افکنه‌های کوچک در محدوده بین مخروط کرفس و گوزل‌دره) است. شواهد دیگر در بستر و حاشیه مخروط‌افکنه گوزل نشان از تغییرات زمین ساختی در اثر فعالیت گسل‌های فعال در قسمت شرقی منطقه است که الگوی حرکت آبراهه‌های را در بستر رودخانه تغییر داده و منجر به تخریب و کاوش قسمت‌های کناری رودخانه شده است. همچنین الگوی زهکشی و عمق برش در سطوح مخروط افکنه‌ها از وجود فعالیت نسبی زمین‌ساخت در مخروط افکنه‌ها است. جایگاه‌های تهیه شده نشان از دوره‌های آرام و فعال در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی در منطقه موردمطالعه است. به‌طوری‌که ابتدا با یک دوره آرام طولانی‌مدت شروع و سپس جنبش‌های زمین‌ساخت فعالیت کرده و در ادامه با نوسان‌هایی ادامه پیداکرده است.

**استناد**: نجفی، اسماعیل؛ فرجی منفرد، ابوالفضل؛ احمدی، مهدی (۱۴۰۴). بررسی جایگاه مخروط افکنه‌ها در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی (مطالعه موردی: دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه خرقان در شمال شرقی استان همدان). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۵ (۷۶)، ۱۰۹-۹۲. http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.8

CC BY NC

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.
© نویسندگان.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

**مقدمه**

در حال حاضر بسیاری از مراکز جمعیتی و کاربری‌های مختلف فعالیت‌های انسانی بر روی مخروط‌افکنه شکل‌گرفته‌اند و وجود کاربری‌های مختلف و گسترش روزافزون فعالیت‌های انسانی بر روی مخروط‌افکنه‌های، شناخت ابعاد مختلف آن را ضروری می‌سازد. در شکل‌گیری مخروط افکنه‌ها تکتونیک، اقلیم و سایر عوامل نقش داشته‌اند. حرکات تکتونیکی، سطح اساس فرسایش را تغییر داده و فرایندهای فعال در سطح مخروط‌افکنه‌ها تکامل آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بر این اساس می‌توان سطوح مخروط‌افکنه را به‌عنوان خطوط هم‌زمان برای بررسی تاریخ، حرکات گسل‌ها و وقوع زلزله‌ها بکار گرفت (یانگ[1]، ۱۹۸۵). مخروط‌افکنه‌ها غالباً اشکال آبرفتی مثلثی شکل دوران چهارم هستند که در محل ورود آبراهه و یا رودخانه‌ها به داخل سطوح تقریباً هموار دشت‌ها شکل می‌گیرند (هاگت[2] :۲۰۰۳). مخروط افکنه‌ها، فضاهای رسوب‌گذاری هستند که وظیفه ذخیره رسوبات رسیده از حوضه‌های آبریز را بر عهده دارند (مونت و توایس[3]، ۲۰۰۵). به همین دلیل، این امکان وجود دارد که بتوانند پیشینه‌ای از تاریخچه تدارک رسوب برای مخروط‌افکنه را در اختیار بگذارند (هاروی[4]، ۱۹۹۹: ۲۵۶). پیشینه تغییرات رسوبی می‌تواند شاهدی بر نوسانات اقلیمی به‌ویژه در محیط‌های خشک باشد که حساسیت زیادی به تغییرات اقلیمی دارند (کلینگر و همکاران[5]، ۲۰۰۳: ۱۱۹). تکامل مخروط‌افکنه‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف تکتونیکی، اقلیمی و تغییرات سطح اساس قرار دارد. عوامل مذکور در طول زمان می‌توانند تغییراتی را در سطح مخروط‌افکنه‌ها ایجاد کنند (بهرامی و بهرامی،۱۳۹۰: ۶۳). در ارزیابی تکتونیکی مخروط‌افکنه‌ها تراس‌های جوان در حاشیه رودخانه‌ها که به‌صورت قائم و به‌عنوان شاهدی در ارزیابی تکتونیکی مخروط افکنه‌ها به شمار می‌روند ( رامشت و شاه‌زیدی ،۱۳۸۸: ۴۳).

محققین زیادی درباره مخروط افکنه‌ها مطالعه کرده‌اند؛ گومز وگارسیا[6] (۲۰۰۰) به بررسی ویژگی‌های رسوبات سطح و دینامیک موجود در مخروط‌افکنه‌های موجود در مرکز فریز[7] اسپانیا پرداختند، نتایج تحقیق نشان داد که اهمیت نسبی هرکدام از رسوبات وابسته به‌اندازه، شیب مخروط‌افکنه آبرفتی و شیب قسمت‌های انتهایی رودخانه‌ها است. فیلد[8] (۲۰۰۱) تغییر مسیر کانال‌ها و متروک شدن جریان‌های گیسویی را از طریق فرایند تصرف جریان می‌داند. نتایج تحقق ایشان نشان داد با مطالعه جزئیات مربوط به مخروط‌افکنه با تهیه لوگ‌های بیشتر، به همراه تاریخ‌نگاری لایه‌ها و بررسی گرده‌های گیاهی می‌توان شناخت بیشتری از تحول مخروط‌افکنه به دست آورد. پرادیپ و همکاران[9](۲۰۰۹) در بررسی کنترل تکتونیکی در تکامل ژئومورفیک فن‌های آبرفتی در دشت اوتاراکند هند نشان داد که مورفولوژی فن و فرآیندهای تجمع در منطقه عمدتاً توسط فعالیت‌های تکتونیکی مداوم کنترل می‌شوند. چنین فعالیت‌هایی در امتداد فشار پیشانی هیمالیا و گسل‌های عرضی، فضای نهشته‌گذاری را با ایجاد فرونشست افتراقی حوضه و فرآیندهای زراعت با ایجاد مهاجرت کانال، برش کانال و تغییر مکان‌های دفع مرکز کنترل کرده است. دمیرل[10](۲۰۱۵) در بررسی کنترل تکتونیکی سیستم گسل شمال آناتولی (*NAFS*) در تکامل ژئومورفیک فن‌های آبرفتی در حوضه ارزینکان ترکیه به این نتیجه رسید که استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در بررسی ویژگی‌های حوضه مخروط افکنه‌ها، اطلاعات ارزشمندی در مورد تکامل تکتونیکی منطقه حوضه می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل او نشان داد که مورفولوژی حوضه آبرفتی عمدتاً توسط فعالیت تکتونیکی مداوم سیستم گسل شمال آناتولی کنترل می‌شود. سیستم گسل در حوضه، فضای نهشته‌گذاری را با ایجاد فرونشست دیفرانسیل حوضه کنترل کرده و فرآیندهای آبرفتی را با ایجاد مهاجرت کانال، برش کانال و کج شدن مخروط افکنه‌ها کنترل می‌کند.

1-Yong
2 - Huggett
3 - Mount and Twiss
4- Harvey
5 - Klinger et al
6- Gomez and Garcia
7- Phrenees
8 - Field
9- Pradeep et al
10- Demirel

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

نگاپنا و همکاران[۱] (۲۰۲۰)، تکتونیک فعال نسبی در منطقه ایدیا اسکا در جنوب غرب کامرون، آفریقای مرکزی را موردبررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که فعالیت مجدد گسل‌هایی که در این منطقه واقع شده‌اند، موجب ایجاد زلزله شده و این منطقه از نظر تکتونیکی فعال است. گارسیا و والندیا[۲](۲۰۲۰) با استفاده از شاخص‌های ریخت‌شناسی به بررسی تکتونیک ژئومورفولوژی در منطقه سن لوکاس در کوردیرلای مرکزی پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که فعالیت گسل‌های سیمیتی- سان بلاس و گسل‌های با روند شمال غرب-جنوب شرق موجب ایجاد بیشترین فعالیت تکتونیکی و بالاآمدگی در منطقه شده است. نجفی و همکاران(۱۳۹۳) به ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران پرداخته‌اند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که حوضه‌های کن و دربند در کلاس ۲ با فعالیت نئوتکتونیکی بالا و حوضه‌های وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک و دارآباد در کلاس ۳ با فعالیت نئوتکتونیکی متوسط قرارگرفته‌اند و همه‌ی حوضه‌ها به علت وجود گسل‌های اصلی و فرعی منطقه و نزدیکی به آن‌ها دارای فعالیت تکتونیکی نسبتاً بالایی هستند. بهرامی و بهرامی (۱۳۹۰) در مطالعه چهار مخروط‌افکنه در زاگرس چین‌خورده به این نتایج رسیدند که شاخص‌های ژئومورفولوژی ابزار مناسبی جهت تفکیک مناطق فعال و غیرفعال مخروط‌افکنه‌ها از نظر سیل‌خیزی می‌باشند. بهرامی (۱۳۹۳) تحقیقی در بررسی ارتباط بین حجم مخروط افکنه‌ها در ارتباط با تکتونیک در طاقدیس دنه خشک انجام داد. نتیجه این پژوهش نشان‌دهنده این بود که رابطه مستقیمی بین شیب ساختمانی لایه‌ها و حجم مخروط افکنه‌ها وجود دارد. سپهری صدر(۱۳۹۵) در بررسی اثر انحراف رودخانه‌ها در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های دامنه جنوبی جغتای، عوامل انحراف و نتایج آن در هر یک از حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌های آن‌ها را مورد تحلیل و بررسی قرارداد و نتایج نشان داد که در میان عوامل مختلف در تغییر مسیر رودخانه‌ها در منطقه موردمطالعه، تکتونیک مهم‌ترین عامل به‌حساب می‌آید.

نوحی و همکاران(۱۳۹۷) در مقاله‌ای به تعیین میزان فعالیت تکتونیکی بر اساس مورفولوژی سامانه‌های مخروط‌افکنه‌ای؛ مطالعه موردی دامنه‌های شمالی کوهستان سبلان پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که مورفولوژی مخروط افکنه‌ها در منطقه موردمطالعه ناشی از تکتونیک فعال است. علاوه بر آن، حاکمیت دوره‌های یخچالی در زمان فوران آتش‌فشان سبلان با ایجاد جریان لاهار، در این مورد نقش قاطع داشته است. جمال‌آبادی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی روابط کمی بین حجم مخروط‌افکنه و ارتباط آن با تکتونیک فعال در دامنه جنوبی ارتفاعات جغتای پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که بالاآمدگی رسوبات مخروط‌افکنه و تغییر سطح اساس محلی درنتیجه فعالیت گسل‌ها، حفر عمقی بستر رودخانه‌ها را در پی داشته است. این مسئله ضمن اینکه باعث توسعه حجم مخروط افکنه‌ها شده، منجر به پیدایش مخروط‌های چندبخشی و تقطیع شده نیز شده است. رجبی و همکاران (۱۳۹۸) با تحلیل روابط کمی بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک فعال در دامنه شمالی بزقوش به این نتیجه رسیدند که وجود شواهد مورفوتکتونیکی و ژئومورفیکی موجود به‌مانند پرتگاه‌های خط گسلی معکوس در محل خروجی آبراهه اصلی از کوهستان، پشته‌های مسدودکننده در امتداد آبراهه و برش رأس مخروط‌افکنه‌ها به عمق چندین متر که عمدتاً در محل خروجی آبراهه اصلی از کوهستان دیده می‌شوند و همچنین انتقال و جابجایی مکرر فضای رسوب‌گذاری در سطح مخروط‌افکنه‌ها، همگی بیانگر تداوم حرکات و بالاآمدگی تکتونیکی و همچنین تأثیر تکتونیک فعال بر روند تحول مورفولوژی و میزان گسترش حجم مخروط‌افکنه‌های موردمطالعه است.

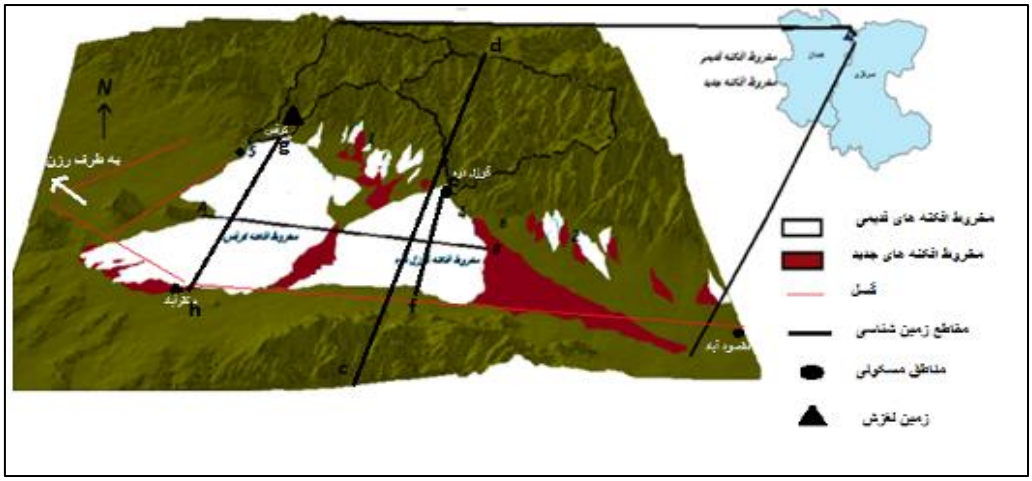
هدف تحقیق حاضر بررسی نقش مخروط افکنه‌ها در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در مخروط‌افکنه گوزل‌دره و کرفس در قسمت جنوبی رشته‌کوه‌های خرقان در مرز دو استان مرکزی و همدان است. وجود فعالیت‌های تکتونیک فعال در سطح مخروط‌افکنه‌های منطقه و بستر رودخانه که سبب تغییر و کاوش قسمت‌های کناری رودخانه شده است و همچنین قرار گرفتن تأسیسات انسانی بر روی این عناصر و گرایش به سمت بهره‌برداری از بستر رودخانه سبب تأثیرات منفی شده و نبود مطالعاتی ازاین‌دست در منطقه موردمطالعه، موجبات انجام تحقیق حاضر را فراهم ساخت.

1- Ngapna et al
2- Garcia and Velandia

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

**موقعیت منطقه موردمطالعه**

مخروط‌افکنه‌های منطقه متشکل از دو مخروط‌افکنه گول دره و کرفس است که در قسمت جنوبی رشته‌کوه‌های خرقان در مرز دو اســـتان مرکزی و همدان و در بین طول‌های جغرافیایی '۴۹:۱۲ تا '۴۹:۳۱ طول شـــرقی و '۳۵:۱۴ تا '۳۵:۲۸ شمالی قرارگرفته است شکل (۱)؛ این دو مخروط‌افکنه نسبت به مخروط‌افکنه‌های منطقه از وسعت قابل‌توجهی برخوردار اســـت. آبراهه‌های هرکدام از این دو مخروط در جهت مخالف هم ادامه مســـیر می‌دهند، به‌طوری‌که آبراهه مخروط گوزل جهت شرقی به خود گرفته و به‌طرف رودخانه مزلقان در استان مرکزی و آبراهه مخروط کرفس جهت غربی به خود گرفته و به‌طرف رودخانه زهتران در استان همدان ادامه مسیر می‌دهند. سطح مخروط‌افکنه‌ها به‌شدت توسط انسان تغییریافته تا جایی که هر جا خاک وجود دارد، مورداستفاده کشاورزی و عوامل دیگر قرارگرفته است.




**شکل (۱). نقشه محدوده‌ی موردمطالعه**

ارتفاعات منطقه (کوه‌های خرقان) جزء رشته‌کوه خرقان محسوب می‌شوند. رشته‌کوه خرقان برگرفته از روستایی واقع در بین این ارتفاعات است، این ارتفاعات در جهت شمال غرب-جنوب شرق امتداد پیداکرده‌اند. این رشته‌کوه از طرف شمال به آوج (از توابع اســتان قزوین)، از جنوب به روســتای کرفس، از جنوب غربی به شــهرســتان رزن (از توابع اســتان همدان) و از شــرق به شــهر نوبران (از توابع اســتان مرکزی) منتهی می‌شــود. منطقه به دلیل قرار گرفتن در بین ســنگ‌های آتش‌فشــانی ارومیه-دختر (سهند-بزمان) و زون دگرگونی سنندج-سیرجان، از سازندهای متفاوتی تشکیل شده است. توپوگرافی منطقه متناسب با سازندهای تشکیل‌دهنده شکل‌گرفته و به سه واحد مورفولوژی کوه‌های بلند، کوه‌های کم ارتفاع و واحد دشت تقســیم می‌شــود. بلندترین ارتفاع منطقه ۲۷۸۳ در قســمت شــمال شــرق منطقه و پایین‌ترین ارتفاع منطقه ۱۸۲۵ متر در قسمت جنوب غرب منطقه قرارگرفته است.

**روش‌شناسی**

با توجه به موضوع انتخابی و اهداف تعیین‌شده، یافتن روش‌های مناسب برای تجزیه‌وتحلیل مسائل مربوط به مخروط‌افکنه امری ضروری است. اولین مرحله انجام این تحقیق جمع‌آوری اطلاعات و الگوهایی بود که در ایران و جهان مطالعه شده بود که در این راه کمک فراوان به مؤلف کرد. در این تحقیق داده‌های به‌دســـت‌آمده در زمینه‌های ویژگی‌های طبیعی منطقه از قبیل توپوگرافی، الگوهای زهکشی، مورفولوژی سطوح مخروط افکنه‌ها و ویژگی‌های آبراهه‌ها موردمطالعه قرار گرفت.

اصول کار در این پژوهش استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی جهت ارزیابی شواهد تکتونیکی در مخروط افکنه‌ها بوده است جدول (۱). شاخص الگوی زهکشی در محل خروج از کوهستان برحسب کاهش شیب، پخش‌شده و الگوی زهکشی توزیعی یا واگرا را در مخروط‌افکنه‌های فعال تشــکیل می‌دهد. مورفولوژی ســطح در این شــرایط به‌صــورت مجرا و پشــته شکل‌گرفته است. عمق برش به دلیل تعدد مسیرها به کمتر از یک متر می‌رسد. در تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی به

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

دلیل جدید بودن و عدم اکسیده شدن نهشته به رنگ روشن مشاهده می‌شود. پوشش گیاهی در این مکان‌ها به دلیل عدم اطمینان از مسیرهای جریانی بیشتر گیاهان یک‌ساله را در برمی‌گیرد. همچنین جهت تشخیص فعالیت‌های تکنونیکی و شرایط اقلیمی در دوره‌های پلیستوسن از لوگ‌های زمین‌شناسی استفاده گردید. نهشته‌های موجود در مقاطع زمین‌شناسی تأثیر متغیرهای محرک در طول کواترنری به‌خصوص پلیستوسن در تکامل مخروط افکنه‌ها را نشان می‌دهد. فرایند انباشت و کاوشی نهشته‌ها در بستر رودخانه شاخص دیگری در ارزیابی فعالیت زمین‌ساختی در مخروط افکنه‌ها است که در این تحقیق به آن اشاره شده است. استفاده از شاخص‌های کمی مثل منحنی خمیدگی مخروط نیز وضعیت تکتونیکی مخروط را نمایان می‌سازد. البته روش‌ها و شاخص‌های دیگری به‌مانند سونداژهای زمین‌شناسی، سن‌یابی با کربن ۱۴ نیز در توصیف وضعیت زمین‌ساختی مخروط‌افکنه وجود دارد، اما به دلیل عدم دسترسی به برخی منابع و هزینه بالای تهیه آن‌ها، میسر نبود.

برای تجزیه‌وتحلیل شاخص‌های موردنظر، از ابزاری‌هایی استفاده شد. از نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، نرم‌افزارها (*Google Earth* و *ARC GIS*)، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای تفکیک واحدهای توپوگرافی و روند گسل‌ها، گسترش سازندها، شناسایی و گسترش مخروط‌افکنه، مشاهده عوارض، ترسیم نقشه‌ها و نمودارها استفاده شد.

**جدول (۱). شاخص‌های ژئومورفولوژی(بهرامی و بهرامی ،۱۳۹۰)**

| نوع مخروط‌افکنه / مشخصه | فعال (جدید) | غیرفعال (قدیمی) |
|---|---|---|
| الگوی زهکشی | توزیعی، متقاطع، شاخه‌شاخه | همگرا، شاخه درختی، موازی |
| مورفولوژی سطح | مجرا، پشته | دره، رشته |
| عمق برش | کمتر از یک متر | بیش از یک متر |
| تن رنگ تصاویر ماهواره‌ای یا عکس هوایی | روشن | متمایل به تیره |
| پوشش گیاهی | همسان و بیشتر جوامع گیاهان یک‌ساله | جوامع گیاهی متغیر و بالغ (چندساله) |

## نتایج و بحث

### بررسی تأثیر تکتونیک بر شکل مخروط‌افکنه با استفاده از تحلیل فرمول $\beta$

خطوط میزان روی مخروط‌افکنه‌های ساده، که تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار نگرفته‌اند، بخشی از دایره را تشکیل می‌دهند؛ اما منحنی میزان روی مخروط‌افکنه‌هایی که تحت تأثیر حرکات تکتونیکی قرارگرفته‌اند، سطوح بیضی‌شکل را تشکیل می‌دهند، که نشان‌دهنده‌ی تأثیر تکتونیک بر مخروط‌افکنه‌ها است. با استفاده از این رابطه، میزان این خمیدگی و عدم تقارن قابل‌محاسبه است. هر چه خمیدگی مخروط‌افکنه زیاد باشد ضریب $\beta$ به‌دست‌آمده عدد کوچکی را نشان می‌دهد( مقصودی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۱۷). مقدار خمیدگی مخروط افکنه‌ها را از طریق بیضی‌های منطبق با منحنی‌های میزان می‌توان تعیین نمود. برای این منظور طول قطر بزرگ$(a)$ و قطر کوچک$(b)$ اندازه‌گیری می‌شود. در این صورت مقدار خمیدگی مخروط افکنه‌ها عبارت خواهد بود از:

$$\beta = \arccos((b/a)^2 \sin^2\alpha + \cos^2\alpha)^{0.5})$$

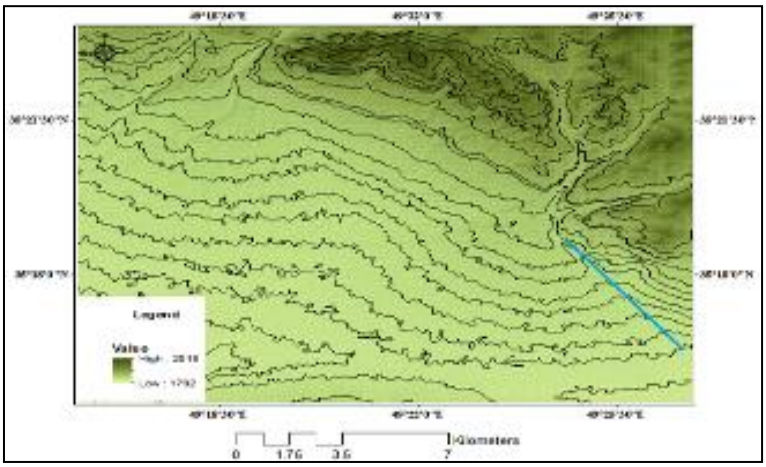
رابطه ۱

که در آن $\alpha$ شیب مخروط‌افکنه در قطر کوچک بیضی است (خیام و مختاری:۱۳۸۲: ۸) برای مخروط‌افکنه‌های موردمطالعه شاخص فوق در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل نشان‌دهنده‌ی فعال بودن تکتونیک در منطقه‌ی موردمطالعه است شکل (۲).

**جدول (۲). بررسی شکل مخروط‌افکنه‌ها (مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان)**

| نام مخروط‌افکنه | شکل | $B$ |
|---|---|---|
| **گوزل دره** | بیضی | ۴.۷ |
| **کرفس** | بیضی | ۶.۳ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]




**شکل (۲). کشیدگی مخروط‌افکنه‌ها**

**ارزیابی شواهد مورفوتکتونیک بر سطح مخروط‌افکنه**

مورفولوژی سطح مخروط‌های قدیمی (به علت غلبه فرسایش قهقرایی و توسعه بدلندها به سمت بالادست) ناهموارتر و دارای تضاریس بیشتری نسبت به مخروط‌های جدید هستند. به‌طورکلی حداکثر میزان برش در مخروط‌های قدیمی بیش از مخروط‌های جدید است. شاخص‌های هوازدگی مانند حفرات در ذرات آهکی نیز در مخروط‌های قدیمی و جدید کاملاً باهم متفاوت است به‌طوری‌که بخش‌های غیرفعال دارای هوازدگی و انحلال بیشتر و بنابراین دارای خاک ضخیم‌تری نسبت به مخروط‌های جدید هستند شکل (۳).

**شکل (۳). دره‌های عمیقی ایجادشده در سطح نهشته‌های قدیمی (منبع، نگارندگان،۱۳۹۹)**

هرچه مخروط قدیمی‌تر و تکامل‌یافته‌تر باشد، مورفولوژی به‌صورت دره و پشته است، درصورتی‌که مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های جدید هموارتر بوده و شامل مجراها و پشته‌های کوچکی است. با این‌وجود نیمرخ توپوگرافی سطح مخروط جدید هموارتر از مخروط‌افکنه قدیمی است. در قسمت بالایی و مابین دو مخروط‌افکنه منطقه دره‌هایی وجود دارند که از میراث جنبش‌های آبراهه‌ها خبر می‌دهد و اکنون به‌صورت دره‌های متروکه باقی مانده‌اند. چنین وضعیت مورفولوژی، از آرامش نسبی زمین‌ساخت در این قسمت از سطوح مخروط‌افکنه دارد شکل (۳). پس از فرسایش و تخریب، مواد حاصله توسط آب‌های جاری از محل تشکیل اولیه جابجا شده و با کاهش انرژی در مناطق پست حوضه برجای گذاشته شده‌اند. اندازه اجزاء تشکیل‌دهنده آن‌ها عمدتاً دانه‌ریز بوده و درصد کمی از مواد دانه‌درشت بوده که دربرگیرنده قطعات سنگی با گرد شدگی و جور شدگی ضعیف هست. از پدیده دیاژنز و سیمانی شدن اثری به چشم نمی‌خورد و اجزاء متشکله کاملاً

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

منفصل از یکدیگر می‌باشند. به دلیل شیب بسیار کم توپوگرافی و نیز انفصال ذرات از یکدیگر این واحد از نفوذپذیری بالایی برخوردار است. این بخش از مخروط‌افکنه محل نهشته‌گذاری مواد آواری حاصل از حوضه‌ها است. درواقع این بخش مخروط نمایی از وضعیت تحرک نیروهای زمین‌ساخت در حوضه‌ها است. هر چه مواد آواری درشت‌دانه تر باشد حکایت از تنش تکتونیک در حوضه و فعال کردن نهشته زایی به‌مانند زمین‌لغزش‌ها شکل (۴) در حوضه آبخیز که نتیجه آن تولید نهشته‌های آواری و انتقال آن با فرایند جریانی به مخروط‌افکنه است. در شکل (۵) بخشی از مخروط‌افکنه محل نهشته‌گذاری مواد آواری حاصل از حوضه‌ها را نشان می‌دهد.

**شکل (۴). زمین‌لغزش در سنگ آهکی *KI2* در قسمت جنوبی حوضه کرفس، این پدیده به دلیل افزایش ارتفاع دامنه در اثر فعالت تکتونیکی، شیب افزایش‌یافته و پای دامنه نیز توسط رودخانه خالی‌شده که این عمل باعث ریزش دامنه شده است (موقعیت در شکل ۱). (فروردین ۹۹)**

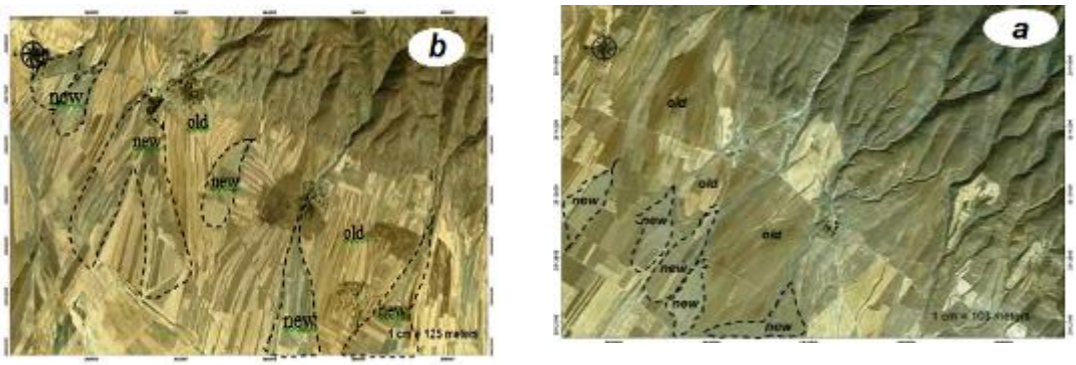
**شکل (۵). در تصاویر بالا نهشته‌ها و مخروط‌افکنه‌های نسبتاً جدید *Qt2* در قسمت پایین که نسبت به پادگانه‌ها و مخروط‌افکنه‌های قدیمی *Qt1* از تکامل کمتری برخوردار است و از درصد مواد درشت‌دانه بیشتری برخوردار است. در این شکل مخروط‌افکنه‌های قدیمی بارنگ قهوه‌ای در قسمت بالای تصویر مشخص است.**

**ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در جبهه کوهستانی**

بررسی‌های انجام‌شده در ارتباط با تشکیل مخروط‌افکنه‌های جدید در دامنه جنوبی ارتفاعات خرقان مابین دو مخروط‌افکنه کرفس و گوزل‌دره نشان می‌دهد که مخروط‌افکنه‌های قدیمی در نزدیک جبهه کوهستان مشاهده می‌شوند و محل فعالیت مخروط‌افکنه‌های جدید در قسمت انتهایی مخروط قدیمی قرار دارد، بر این اساس شبکه آبراهه تمایل دارد رسوبات را در قسمت پایین مخروط‌افکنه قدیمی نهشته کند شکل (۶-*a*). این موضوع بیانگر فعالیت کم تکتونیک در جبهه کوهستان است؛ اما هر چه به‌طرف شرق محدوده‌ی موردمطالعه پیش می‌رویم، به خاطر وجود گسل‌های فعال و متعدد و تکتونیک فعال، جبهه کوهستان بالاآمده و حالت خطی به خود می‌گیرد. در این شرایط در شرق منطقه، بالاآمدگی کوهستان موجب افزایش و به عمق رفتن بستر رودخانه در داخل کوهستان و درنتیجه انباشت مواد در قسمت رأس مخروط‌افکنه می‌شود. در چنین وضعیتی جوان‌ترین قسمت مخروط‌افکنه در رأس آن قرار می‌گیرد. در این حالت مخروط‌افکنه‌های جدید به خاطر

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

افزایش شیب و ایجاد فضا برای رسوب‌گذاری، به‌طرف رأس مخروط‌افکنه قدیمی حرکت می‌کنند شکل (۶-*b* ). این شواهد تکتونیک فعال را در شرق محدوده نشان می‌دهد.

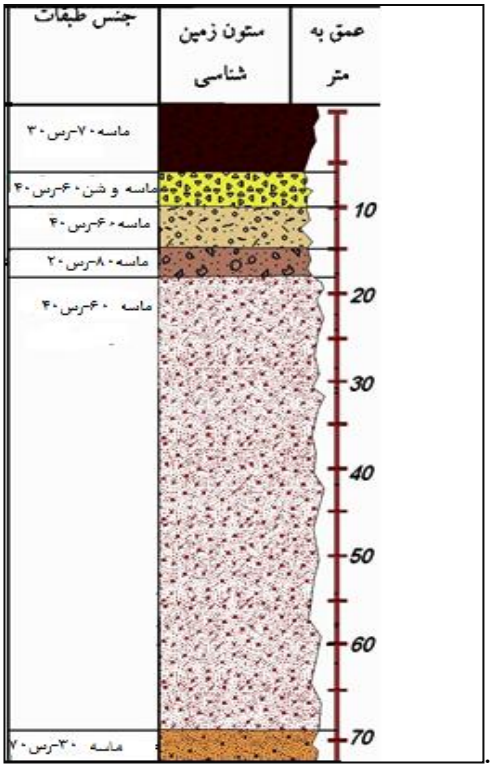



**شکل (۶). *a*-(موقعیت ۱ در شکل ۱) انتقال محل شکل‌گیری مخروط‌افکنه جدید (بارنگ روشن و با حرف *new*) در قسمت پایین نشان از آرامش تکتونیکی جبهه کوهستان دارد. در این صورت شبکه آبراهه تمایل دارد رسوبات را در قسمت پایینی مخروط‌افکنه قدیمی (*old*) نهشته کند.(*b*) - (موقعیت شماره ۲) با حرکت به‌طرف شرق، محدوده مخروط‌افکنه‌های جدید در حال پیشروی به‌طرف جبهه کوهستان هستند؛ که نشانه افزایش جبهه کوهستان در اثر فعالیت تکتونیکی است (مددی و فرجی منفرد،۱۳۹۳: ۲۰۰).**

**ساختمان مخروط‌افکنه**

تغییرات عمودی ذرات رسوب در جهت قائم درروی یک مخروط‌افکنه می‌تولند در اثر عواملی تکتونیک، تغییرات اقلیمی و روند تکاملی مخروط افکنه‌ها باشد (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۱۰؛ رادفر و پورکرمانی، ۱۳۸۱: ۱۰۰). معمولاً درشت شدن به‌طرف بالا در اثر زمین‌ساخت فعال در ضخامت‌هایی فراوان ظاهر می‌گردد. با تهیه لوگ از مخروط‌افکنه‌ها، شکل‌گیری و قرارگیری نهشته را می‌توان در ارتباط با زمین‌ساخت تفسیر کرد. با توجه به لوگ زمین‌شناسی شکل (۷) ابتدا یک آرامش تکتونیک برقرار بوده و از عمق ۷۰ متری فعالیت تکتونیکی با تحریک حوضه مواد آواری درشت‌دلنه را در حوضه‌ها شکل داده و با فرایند جریانی به مخروط‌افکنه انتقال‌یافته است. دوباره این روند با شدت بیشتری ادامه پیداکرده و بعد از یک آرامش نسبی تکتونیکی، دوباره فعالیت تکتونیک شدت یافته و نهشته‌های آواری با اندازه‌های بزرگ‌تری تولید کرده است. مسئله‌ای در اینجا مطرح می‌شود و آن اینکه با توجه به ویژگی مخروط‌افکنه و تغییر پی‌درپی مکان نهشته‌گذاری در مخروط، الزاماً مرحله بعدی به لحاظ زمانی نمی‌تواند مرحله نهشته‌گذاری بعدی باشد و به‌عبارت‌دیگر مرحله بعدی در یک مکان دیگر مخروط‌افکنه نهشته‌گذاری کرده و ما با یک نبود رسوب‌گذاری در یک مکان مواجه هستیم. با تمام این تفاسیر، نمی‌توان با یک جایگاه زمین‌شناسی در خصوص تاریخچه زمین‌ساخت منطقه اظهارنظر کرد و با دارا بودن لوگ‌های بیشتر می‌توان اظهارنظر معقولی انجام داد. البته انجام سونداژهای ژئوفیزیکی از قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه به همراه لوگ‌های زمین‌شناسی و بهره‌گیری از سن‌یابی از طریق کربن ۱۴ می‌تواند، نتایج مطلوب و ارزشمندی در تفسیر وضعیت و تاریخ تحولات تکتونیک منطقه ارائه دهد. ولی به خاطر محدود بودن لوگ‌های زمین‌شناسی و همچنین هزینه بالای انجام سونداژ، از هرگونه نتیجه‌گیری کلی در خصوص سری‌های زمانی مخروط‌افکنه‌های منطقه امتناع شده و فقط در خصوص نهشته‌های تولیدشده در دوره‌های بارانی و بین بارانی با استفاده از لوگ و شواهد ژئومورفولوژی مطالب آورده شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]




**شکل (۷). لوگ زمین‌شناسی از مخروط‌افکنه کرفس در حاشیه روستای سنقرآباد.**

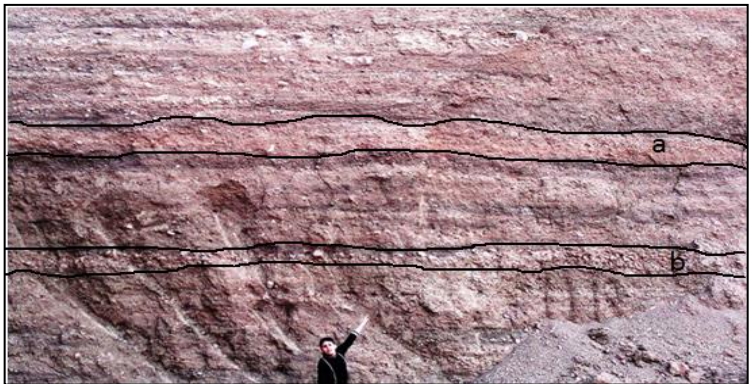
تغییر در بافت و جنس نهشته‌ها، حکایت از تأثیرپذیری آن‌ها از تغییرات آب و هوایی دارد، زیرا تشکیل کانی‌های رسی از سنگ‌های هوازده بیانگر تشکیل آن‌ها تحت تأثیر اقلیم گرم و مرطوب است و تشکیل نهشته درشت‌دانه از سنگ‌های هوازده بیانگر تشکیل آن‌ها تحت تأثیر اقلیم خشک است (پرا و سوریسو والو[13]، ۲۰۰۰). با استفاده از لوگ تهیه‌شده از منطقه، ما شاهد تغییرات به وجود آمده در نهشته‌گذاری در مخروط‌افکنه‌های منطقه هستیم. لوگ در دسترس تا عمق ۷۲ متری تهیه‌شده است، با توجه به شکل (۷) نهشته‌ها تا عمق ۷۰متری دارای درصد بالایی از نهشته‌های درشت‌دانه‌ای مثل شن می‌باشند که نشان از خشکی هوا در منطقه دارد و از این عمق به بعد نهشته‌های ریزدانه مثل رس از درصد بالایی برخوردار می‌باشند که مؤید حاکمیت دوره‌های گرم و مرطوب است.

همچنین یک مقطع زمین‌شناسی شکل (۸) در حاشیه رودخانه گوزل‌دره از وضعیت تغییرات تکتونیک و اقلیمی منطقه اطلاعات ارزشمندی در اختیار ما قرارداد. تغییر در رنگ و اندازه نهشته‌ها در این مقطع بیانگر تغییرات اقلیمی و تکتونیک در منطقه موردمطالعه است.

فعال بودن تکتونیک از دو جهت مورد ارزیابی است. مورد اول، فعال بودن تکتونیک در حوضه سبب شکل‌گیری فرایندهای دامنه‌ای به مانند زمین‌لغزش در حوضه می‌شود که در این شرایط، مواد آواری از نوع درشت‌دانه، در دامنه‌ها انباشته و قابلیت نهشته شدن در سطوح مخروط‌افکنه‌ای را به سبب فرایندهای ژئومورفولوژیکی دارد و مورد دوم، فرایش جبهه کوهستان در اثر فعالیت گسل‌های رانده است. این شرایط سبب مهیا شدن رأس مخروط‌افکنه، جهت نهشته‌گذاری مواد آواری حاصل از حوضه آبخیز می‌شود. در شکل (۸) لایه $b$ از مواد درشت‌دانه و مختلف الاندازه تشکیل شده است. با توجه به موقعیت مقطع زمین‌شناسی که در محل خروجی حوضه گوزل‌دره واقع‌شده، حکایت از فعالیت‌های تکتونیک بالا، هم به جهت محل قرارگیری و هم‌اندازه نهشته‌ها در دوره کواترنری دارد. در مقابل لایه $a$ که از مواد آبرفتی ریز، هم‌اندازه و اکسیدشده تشکیل شده، آرامش تکتونیکی همراه با حاکمیت اقلیم گرم و مرطوب را در دوره کواترنر نشان می‌دهد.

13- Pera & Sorriso-Valvo

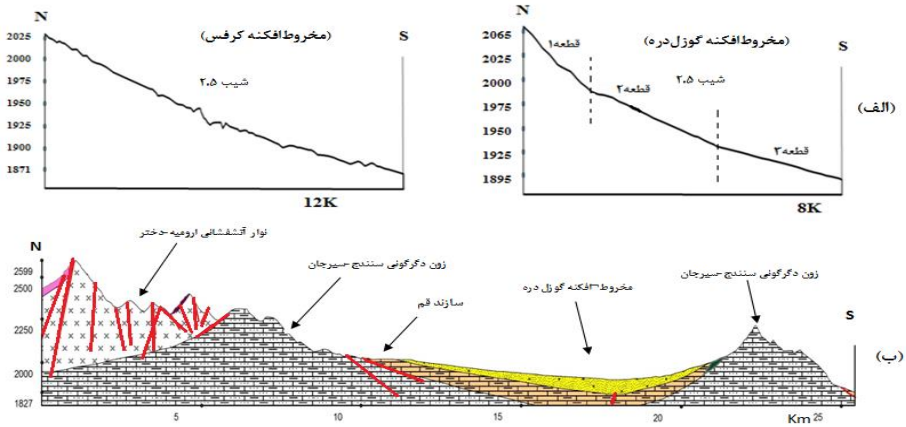
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]




**شکل (۸). مقاطع زمین‌شناسی که وضعیت تغییرات اقلیمی و تکتونیک منطقه نشان می‌دهد. حاشیه رودخانه گوزل‌دره در محل خروج از حوضه آبخیز**

**نیمرخ طولی مخروط‌افکنه شاهدی بر تکتونیک منطقه**

در سامانه‌هایی که ابتدا به‌وسیله تکتونیک کنترل می‌شوند، نیمرخ طولی مخروط افکنه‌ها به‌صورت مقعر است (وسایرس و همکاران[14]، ۲۰۰۲: ۱۶۹). نیمرخ طولی مخروط افکنه‌ها برای درک میزان بریدگی و همواری مخروط افکنه‌ها تهیه می‌شود (ویلر و رویز[15]، ۲۰۰۳: ۱۳۰). نیمرخ طولی هر مخروط‌افکنه، عوامل مؤثر تأثیرگذار را در مورفولوژی مخروط افکنه‌ها قابل‌درک می‌نماید. نیمرخ‌های طولی ترسیم شده از مخروط‌افکنه منطقه، حالت تقعر دارند که نشان‌دهنده‌ی تأثیر حرکات تکتونیک بر مخروط‌افکنه‌های منطقه است شکل (۹). قطعه‌ای شدن در طول نیمرخ طولی می‌تواند به سبب انباشتگی مواد حاصل از حوضه آبخیز در سطح مخروط و متعاقب آن سنگینی رسوبات و درنتیجه، سبب شکستگی در سطح مخروط‌افکنه شود. نیمرخ این مخروط افکنه‌ها متشکل از قطعات با شیب‌های مختلف است، ولی در هر قطعه شیب ثابت است. تعداد قطعه‌ها ۲ یا بیشتر و شیب آن‌ها به‌طرف پایین‌دست کاهش می‌یابد. این وضعیت در نیمرخ طولی مخروط‌افکنه گوزل‌دره نسبت به مخروط‌افکنه کرفس مشهودتر است و می‌تواند شاهدی بر تأثیرپذیری از فعالیت زمین‌ساخت منطقه باشد. در مخروط گوزل دره سه قطعه ۱،۲،۳ در نیمرخ طولی شکل‌گرفته است که انباشتگی و وزن مواد آبرفتی، حاصل این فرایند است شکل (۹ الف و ۱۱). انباشتگی این میزان مواد آبرفتی، در ارتباط با تکتونیک، سازندهای زمین‌شناسی، اقلیم، وسعت و سایر متغیرهای دیگر در حوضه‌ها قابل توجیه است. البته در انتهای قطعه سوم انباشتگی حجم زیادی از مواد، سبب شکستگی در لایه زیرین خود یعنی سازند قم (مارن بامیان لایه‌ای از آهک) شده و نتیجه آن به شکل یک گسل در نقشه زمین‌شناسی مشخص است شکل (۹ ب).




**شکل (۹). (الف) نیمرخ مخروط‌افکنه گوزل‌دره (مقطع *e-f*) و کرفس (مقطع *g-h*).(ب)- نیمرخ زمین‌شناسی حوضه آبخیز گوزل‌دره(*c-d*)(اقتباس از نقشه۱:۱۰۰۰۰۰ارزن).**

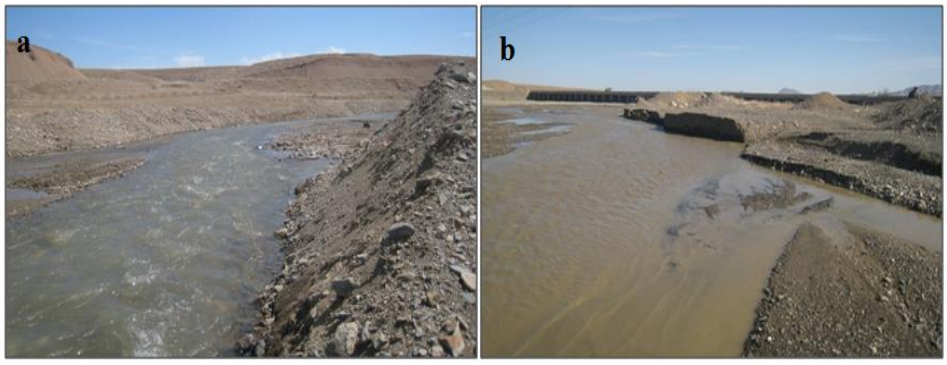
14-Viserase et al
15 -Vilar & Ruiz

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

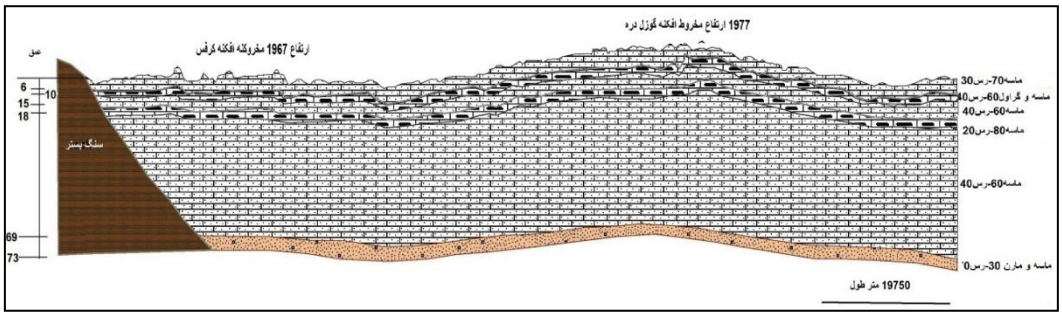
**مواد انباشت شده در مخروط‌افکنه‌ها**

در غالب مخروط‌افکنه‌های منطقه، می‌توان روابط تجربی بین خصوصیات مورفومتریک آن‌ها و حوضه آبریزشان برقرار کرد. درحالی‌که لیتولوژی نواحی بالادست مخروط (کوهستان) با جنبه‌های متنوعی از مرفولوژی مخروط (اندازه و شیب مخروط) در ارتباط است. واحدهای سنگی منطقه منشأ رسوب و هوازدگی آن‌ها تأثیر مهم در اندازه مخروط افکنه‌ها و درنتیجه روابط مورفومتریک حوضه و مخروط دارد. بحث زمین‌ساخت به تراس‌ها ختم نشده با کمی بررسی شواهد موجود عامل دیگری نیز این پدیده را بیشتر توجیه می‌کند. این عامل سازندهای زمین‌شناسی حوضه هستند که رسوبات فراوانی تولید می‌کنند و انباشتگی و سنگینی مخروط را به دنبال دارد در این صورت دشت حالت فرونشینی به خود می‌گیرد.

نتایج به‌دست‌آمده نشان از گسترش سازندهای مقاوم در حوضه کرفس دارد و این در تهیه نهشته‌ها عامل منفی تلقی می‌شود. در حوضه گوزل‌دره سازندهای سست (مارن بامیان لایه‌هایی از آهک) به نسبت حوضه کرفس از درصد بالایی برخوردار است. درنتیجه حوضه گوزل‌دره نهشته‌های بیشتری وارد مخروط‌افکنه گوزل‌دره می‌کند شکل (۱۰). نیمرخ عرضی تهیه شده از مخروط‌افکنه‌های این گفته را تأیید می‌کند شکل (۱۱). انباشت مواد در مخروط افکنه‌ها (به‌خصوص گوزل‌دره) باعث سنگین شدن بستر مخروط شده و نتیجه شکستگی در سطح مخروط‌افکنه را به دنبال دارد شکل (۹*b*). این فرایند باعث شده در انتهای مخروط یک حالت فرونشینی شکل گیرد، در محل‌های فرونشست گسل‌هایی تشکیل‌شده که در راستای همدیگر قرارگرفته شده‌اند. گسل مقصود آباد-رزن با امتداد شرقی-غربی از روستای مقصودآباد در شرق مخروط‌افکنه گوزل‌دره شروع‌شده و تا روستای سنقرآباد روند شرقی-غربی و ادامه آن تا شهرستان رزن روند جنوب شرقی-شمال غرب دارد، گسل مذکور در زیر نهشته‌های کواترنر شکل‌گرفته است.




**شکل (۱۰).*a* خروجی حوضه کرفس که رسوبات کمتری دارد؛ که دلایل این‌یکی وسعت کم حوضه کرفس نسبت به گوزل‌دره و عامل دیگر گسترش سازندهای مقاوم در حوضه کرفس است-*(b)*-خروجی حوضه گوزل‌دره که املاح قابل‌توجهی دارد حوضه گوزل‌دره نسبت به حوضه کرفس رسوبات بیشتری خارج می‌کند که نشان از گسترش سازندهای سست در حوضه گوزل‌دره نسبت به حوضه کرفس است (مآخذ: نگارندگان، اردیبهشت ۱۳۹۹).**




**شکل (۱۱). نیمرخ عرضی از دو مخروط‌افکنه که گسترش مخروط گوزل‌دره را نشان می‌دهد مقطع (*a-b*)(منبع نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی رزن).**

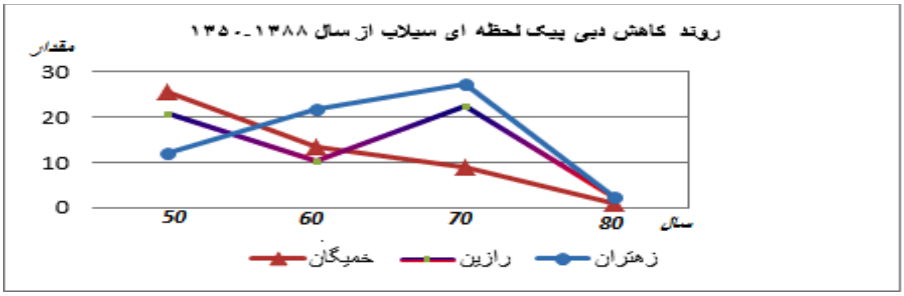
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

**شواهد تکتونیک در آبراهه مخروط‌افکنه‌ها**

تغییرات اقلیمی و تکتونیک سبب تغییرات عمق بستر شده و این تغییرات سبب شکل‌گیری تراس‌های آبرفتی در حاشیه رودخانه‌ها می‌شود. تراس‌های آبرفتی در حاشیه رودخانه‌ها مشاهده می‌شود که در نقاط ارتفاعی مختلف اندازه‌گیری شده و در حال حاضر تحت عوامل و شرایطی دچار دگرگونی شده است. در بررسی میدانی و شواهد موجود در قسمت بالایی مخروط‌افکنه گوزل‌دره و در تلاقی کوهستان و دشت حداقل ۲ پادگانه در ارتفاعات مختلف مشاهده می‌شود. این تراس‌ها در اثر تغییر رژیم حاکم در هر دوره شکل‌گرفته است. فرایندهای حاصل از تغییرات تکتونیک و اقلیمی این تراس‌ها را در ساحل غربی رودخانه مورد کاوش و فرسایش قرار داده است. همچنین در ساحل شرقی رودخانه گوزل‌دره گیاهان چندساله به چشم می‌خورد، این بخش از رودخانه به دلیل شیب حاصله از بالاآمدگی تکتونیکی از فرایند جریان رودخانه در امان مانده و شرایط را برای رشد گیاهان چندساله فراهم ساخته است شکل (۱۲).

**شکل (۱۲). تراس‌های شکل‌گرفته در رودخانه گوزل‌دره (فروردین ۹۹).**

الگوی جریان رودخانه، قسمت‌های از این تراس‌ها را در ساحل غربی مورد فرسایش و تخریب قرار داده است. همان‌طور که اشاره شد، در رودخانه گوزل‌دره با پدیده تخریب حاشیه رودخانه مواجه هستیم که به‌صورت قائم درآمده است. در خصوص شکل‌گیری این پدیده، می‌توان دو فرضیه ارائه نمود؛ یکی از این فرضیه‌ها عامل اقلیم است، با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در خصوص اقلیم با کاهش سیلاب شکل (۱۳) مواجه هستیم که همین موارد کاهش اثر اقلیم در ارتباط با تشکیل این پدیده را توجیه می‌کند (مددی و فرجی منفرد، ۱۳۹۳: ۹۵). اما فرضیه دومی که در اینجا مدنظر است عامل تکتونیک است، این ویژگی در ارتباط با جنبش گسل‌ها در قسمت شرقی منطقه تفسیر می‌گردد. این شرایط الگوی شبکه زهکشی را در رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که با بالا آمدن قسمت شرقی منطقه، رودخانه گوزل‌دره تحت تأثیر قرارگرفته و جهت جریان‌ها به‌طرف حاشیه غربی متمایل کرده و باعث تغییر و تخریب کناره رودخانه می‌شود. این عمل در بخشی از رودخانه باعث تخریب تراس‌های قدیمی رودخانه شده و از طرفی، نهشته‌ها و رسوبات قدیمی مخروط‌افکنه را نمایان ساخته است. عمل تخریب چشم‌انداز جدیدی را در ساحل غربی رودخانه ایجاد کرده و تراس‌های به‌صورت قائم همراه با واریزه‌ها در حاشیه رودخانه تشکیل داده است شکل (۱۴).




**شکل (۱۳). روند کاهش وقوع سیلاب‌ها منطقه (مأخذ: وزارت نیرو،۱۳۹۸)**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

**شکل (۱۴) *(a)*- نهشته‌های درشت‌دانه-*(b)* نهشته‌های ریزدانه - انتقال آبراهه به سمت راست و به‌شدت دیواره را کاوش داده است و باعث تشکیل واریزه‌های در حاشیه رودخانه و نمایان شدن نهشته‌های مخروط‌افکنه شده است (مأخذ: نگارندگان: فروردین ۹۸).**

دیگر شاهدی که می‌توان زمین‌ساخت فعال را در قسمت شرقی مخروط‌افکنه گوزل‌دره تفسیر کرد، حالت کاوشی آبراهه در بستر رودخانه است. تغییر الگوی زهکشی و حرکت به سمت حاشیه غربی باعث شده تا اشکال تراکمی که به‌واسطه آبراهه‌های کوچک در حاشیه رودخانه انباشته‌شده، تحت تأثیر تغییر شرایط و فعالیت زمین ساختی قرار بگیرد. در نتیجه، آبراهه، وضعیت کاوشی به خود گرفته و اشکال حاصل را تخریب نموده است. مطالب گفته‌شده در تصاویر اخذ شده گوگل ارث به تواریخ ۲۰۱۹/۱۱/۹ و ۲۰۱۹/۵/۶ قابل مشاهده و تفسیر است شکل (۱۵).

**شکل (۱۵). تغییر الگوهای زهکشی در بستر رودخانه گوزل‌دره در زمان‌های مختلف. فعالیت تکتونیک مواد انباشته حاصل از تراکم نهشته‌ها را برش داده و مسیر جدید در حاشیه ساحل رودخانه شکل‌گرفته است(منبع: تصاویر ماهواره‌ای*Google Earth* ).**

در پایان قابل‌ذکر است که در تحلیل وضعیت مورفوتکتونیکی مخروط‌افکنه‌های منطقه در مقایسه با مطالعات پیشین، سعی شد از شواهد و شاخص‌های کمی و کیفی به‌مانند لوگ‌های و پروفیل‌های زمین‌شناسی، تصاویر هوایی و ماهواره‌ای و همچنین نمودارها استفاده گردد.

## نتیجه‌گیری

ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه نسبت به تغییرات متغیرهای درونی (تکتونیک) و بیرونی (اقلیم) بسیار حساس بوده و شکل و ساختمان آن به این عوامل بستگی دارد. تکتونیک به همراه سایر متغیرها الگوی مخروط‌افکنه‌ها را ازنظر فرم و فرایند شکل می‌دهد و شواهد حاکم بر سطح مخروط‌افکنه‌ها، گویای این تغییرات است. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که در بعضی از قسمت‌های منطقه (قسمت شرقی مخروط‌افکنه گوزل‌دره) همانند مخروط‌افکنه‌های میشو شرقی و دامنه‌های شمالی بزغوش در واحد ژئومورفولوژی آذربایجان، تکتونیک فعال برقرار است. در مقابل برخی مناطق (مخروط‌افکنه‌هایی در محدوده بین مخروط کرفس و گوزل‌دره) از تکتونیک غیرفعالی برخوردارند. شواهد دیگر در بستر و

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

حاشیه مخروط‌افکنه گوزل‌دره، نشان از تغییرات زمین ساختی در اثر فعالیت گسل‌های فعال در قسمت شرقی منطقه دارد که الگوی حرکت آبراهه‌های را در بستر رودخانه تغییر داده و منجر به تخریب و کاوش قسمت‌های کناری رودخانه شده است. لوگ‌های تهیه‌شده از منطقه، تناوب دوره‌های آرام و فعال در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی در منطقه را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که ابتدا با یک دوره آرام طولانی‌مدت شروع و سپس این جنبش‌های زمین‌ساخت فعال و در ادامه با نوسان‌هایی ادامه پیدا کرده است. وجود گسل‌های رانده در جبهه کوهستان و گسل‌های اصلی در قسمت شرقی حوضه، این بخش از مخروط افکنه را متأثر ساخته و باعث تغییر الگوی رژیم جریانی در سطح مخروط افکنه‌ها شده است.

در واقع هرچه به‌طرف شرق منطقه مورد نظر حرکت می‌کنیم، شواهد تکتونیک بیشتر قابل‌مشاهده و تفسیر است. شواهد موردبررسی، بیشتر شرق محدوده موردمطالعه را از نظر تکتونیک متأثر ساخته و شواهدی که بتواند فعال بودن مخروط‌افکنه کرفس را نشان دهد مشاهده نگردید. این وضعیت به خاطر تعدد گسل‌ها، وسعت حوضه و سازندهای زمین‌شناسی حوضه گوزل دره در مقایسه با حوضه کرفس است. با توجه به تغییر کاربری‌ها در طی چند سال اخیر و متعاقب آن تجاوز به حریم رودخانه‌ها، باید اثرات این امر موردتوجه قرار گیرد. مطالعه انجام شده به همراه نمونه‌ها و روش‌های دیگر، می‌تواند در جهت عملیات عمرانی و توسعه شبکه ارتباطی اطلاعات ارزشمندی در اختیار برنامه‌ریزان بگذارد.

**منابع**


بهرامی، شهرام (۱۳۹۳). برآورد حجم مخروط‌افکنه‌های واقع در حاشیه طاقدیس دنه خشک و ارتباط آن با تکتونیک. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. ۲۹(۱۱۲): ۷۲-۵۹.

بهرامی، شهرام؛ یمانی، مجتبی؛ علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۷). تحلیل مورفومتری و مورفولوژی شبکه زهکشی در مخروط آتش‌فشانی تفتان. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. ۴۰(۶۵): ۶۱-۷۲.

بهرامی، شهرام؛ بهرامی، کاظم (۱۳۹۰). ارزیابی نقش زمین‌ساخت در ریخت‌شناسی مخروط‌افکنه‌های واقع در حاشیه طاقدیس دنه خشک. *فصلنامه زمین‌شناسی ایران*. ۵(۱۹): ۲۹-۱۵.

جمال‌آبادی، جواد؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ امیر احمدی، ابوالقاسم (۱۳۹۷). روابط کمی بین حجم مخروط افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک فعال (مطالعه موردی: دامنه جنوبی ارتفاعات جغتای). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. ۲۹(۷۱): ۳۵-۵۶.

خیام، مقصود؛ مختاری، داود (۱۳۸۲). ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مرفولوژی مخروط‌افکنه‌های مورد نمونه: مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی میشوداغ. *پژوهش‌های جغرافیایی* . ۳۵(۴۴):۱۰-۱.

رادفر، شهباز؛ پورکرمانی، محسن (۱۳۸۱). بررسی نوزمین ساختی مخروط‌افکنه‌های گسل کوهبنان. *نشریه علوم دانشگاه تربیت‌معلم*. ۲(۳):۱۱۴-۹۷.

رامشت، محمدحسین؛ شاه‌زیدی، سمیه (۱۳۸۸). نقش گسل‌ها در جابجایی کانون‌های واگرای متواتر و تکامل مخروط‌افکنه درختچگان در کواترنر. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۶(۱۰) ۱-۱۹.doi.org/10.22067/geography.v6i10.4267

رجبی معصومه؛ مختاری، داوود؛ هاشمیان، میرابراهیم(۱۳۹۸). تحلیل روابط کمی بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک فعال (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی بزقوش)، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی*. ۷۰(۲۳): ۱۲۳-۱۴۳.

سپهری‌صدر، نسرین.(۱۳۹۵). اثر انحراف رودخانه‌ها در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های دامنه جنوبی جغتای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه حکیم سبزواری. دانشکده جغرافیا.

عابدینی، موسی؛ رجایی، عبدالحمید (۱۳۸۵). بررسی نقش عوامل موثّر در گسترش و تکامل مخروط‌افکنه‌های ارتفاعات درّه دیز-دیوان داغی با استفاده از روش‌های فن‌های جدید. *پژوهش‌های جغرافیایی*.(۵۵):۸۹-۷۳.

مددی، عقیل؛ فرجی منفرد، ابوالفضل (۱۳۹۳). مطالعه‌ی عوامل مؤثر در شکل‌گیری مخروط‌افکنه‌های گوزل‌دره و کرفس و بررسی فعالیت‌های تکتونیکی در دامنه‌های جنوبی خرقان (استان همدان). *جغرافیا و توسعه*.۱۲(۳۷): ۱۹۵-۲۰۶. doi.org/10.22111/GDIJ.2015.1828

مقصودی، مهران؛ باقری، سجاد؛ مینایی، مسعود (۱۳۸۸). بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول مخروط‌افکنه‌های طاقدیس قلاجه. *مجله جغرافیا و توسعه‌ای ناحیه‌ای*. ۱۲: ۹۹-۱۲۴.


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]

مقصودی، مهران (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه جاجرود). *پژوهش جغرافیای طبیعی*. ۶۵: ۷۳-۹۲.

نجفی اسماعیل؛ صفاری امیر؛ قنواتی عزت اله؛ کرم امیر (۱۳۹۳). ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. ۱(۴):۱-۲۲.

نوحی، محمد؛ مددی، عقیل؛ عابدینی، موسی (۱۳۹۷). تعیین میزان فعالیت تکتونیکی بر اساس مورفولوژی سامانه‌های مخروط‌افکنه‌ای؛ مطالعه موردی دامنه‌های شمالی کوهستان سبلان، *تحقیقات جغرافیایی کواترنری*. ۳۴ (۱): ۱۰۹-۱۲۰. doi.org/10.29252/geores.34.1.109

Demirel, Suleyman .(2015). Tectonic controls of the North Anatolian Fault System (NAFS) on the geomorphic evolution of the alluvial fans and fan catchments in Erzincan pull-apart basin; Turkey.Journal of Asian Earth Sciences, 98, pp 116-125. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.11.017.

Field. John.( 2001).Channel avulsion on alluvial fans in southern Arizona. Geomorphology 37, pp. 93-1045

García Delgado, H. and Velandia, F. (2020). Tectonic geomorphology of the Serranía de San Lucas (Central Cordillera): Regional implications for active tectonics and drainage rearrangement in the Northern Andes. Geomorphology, 349,106914.https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106914.

Gomez-Villar, J.M. Garcia-Ruiz. ( 2000). Surface sediment characteristics and present dynamics in alluvial fan of the central Spanish pyrenees,. Geomorphology, 34:3, pp. 127-144. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00116-6.

Harvey, A.M., Wigand, P.E., Wells, S.G. (1999). Response of Alluvial Fan Systems to the Late Pleistocene to Holocene Climatic Transition: Contrasts between the Margins of Pluvial Lakes Lahontan and Mojave, Nevada and California, USA, Catena, 36, pp. 255–281. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00049-1.

Huggett, R. J .(2003). Fundamental of geomorphology. Routledge.

Klinger, Y., Avouac, J.P., Bourles, D., Tisnerat, N.( 2003). Alluvial Deposition and Lake-level Fluctuations Forced by Late Quaternary Climate Change: The Dead Sea Case Example, Sedimentary Geology, 162, pp. 119-139. doi: 10.1016/j.sedgeo.2003.07.001.

Mount, J. and Twiss, R. (2005). Subsidence, Sea Level Rise, and Seismicity in the Sacramento-San Joaquin Delta. San Francisco Estuary and Watershed Science, 3: 1.doi:10.15447/sfews.2005v3iss1art7.

Ngapna, M.N., Owona, S., Owono, F.M., Ateba, C.B., Tsimi, V.M., Ondoa, J.M., Ekodeck, G.E. (2020).Assessment of relative active tectonics in Edea–Eseka region (SW Cameroon, Central Africa). Journal of African Earth Sciences, 164, pp. 103-798. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103798.

Parvin, Mansour. Ahmadi, Mehdi and Manochehri, Fatemeh.( 2013). Studying Hydrodynamic Geological Formations of Mahidasht Basin in the amount of Plain Feeding using RS & GIS. International Journal of Agriculture and Crop Sciences,5(1) pp. 30-35.

Pera, E., Sorriso-Valvo, M. (2000). Weathering and Morphogenesis in a Mediterranean Climate, Calabria, Italy, Geomorphology, 34, PP251-270. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(00)00012-X.

Pradeep, K. Goswami, Charu, C. P & Shefali Pandey .(2009).Tectonic controls on the geomorphic evolution of alluvial fans in the Piedmont Zone of Ganga Plain, Uttarakhand, India. J Earth Syst Sci 118, pp245–259. https://doi.org/10.1007/s12040-009-0012-y.

Yong, J.C. 1985. Geomorphology (in Chinese). High Education press. Beijing.

Vilar, G. Ruiz, G.(2003). Surface sediment characteristics and present dynamics in alluvial fans of the central Spanish Pyrenees. Geomorphology. 34(1-2) pp. 127-144. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00116-6.

Viserase, C. calvache, M. soria, J. Fernandez, J.( 2002). Differential features of alluvial fans controlled by tectonic or eustatic accommodation space. Examples from the Betic Cordillera, Spain. Geomorphology. 50. Pp. 181-202. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00214-3.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.211.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.25.76.8 ]