Housing and Rural Environment
Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215
Homepage: https://jhre.ir

Investigating the effect of the Kushak fault function on the occurrence of landslides in Ali Abad village

Mohammad Sgandarpour [1]✉

1. Corresponding author, Instructor, Department of Geological Hazards Research, Natural Disasters Research Institute, Tehran, Iran. Email: mskandarpoor@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 7 May 2024
Received in revised form 26 August 2024
Accepted 21 September 2024
Available online 30 September 2024

Keywords:
Landslide,
Ali Abad Village,
Kushk Fault,
Alamut

ABSTRACT

Objective: Landslides are one of the most important geological hazards that cause significant damage to rural and urban settlements around the world every year. One of the factors influencing the occurrence of landslides is tectonic activities, including faulting, which, by creating weak surfaces in mountainous areas and on the slopes of highlands, reduces the resistance of the rock and soil mass and leads to slope movements.
Shear zone of the Kushak fault and on the material of an ancient landslide. The bedrock of the village consists of conglomerate and marl with Gypsum lenses. Approximately one year after the Rudbar- Manjil earthquake in 1369, gradual slope movements began to occur in the Aliabad village area. These movements were triggered by the depletion of water in the village's springs and old aqueduct. During rainy periods, the intensity of slope movement increased, leading to accompanying damage. The aim of this study is to investigate the correlation between the landslide in the village and the activity of the Kushak fault.
Method: Through examination of geological maps, satellite imagery, field observations, and geophysical studies, the location of the Kushak fault in Aliabad village was identified and confirmed. Along the Kushak fault, there are two springs and the main well of an old aqueduct, which experienced reduced flow or drying up following the 1369 Rudbar-Manjil earthquake.
Results: Further studies revealed the presence of another fault located 600 meters south of the Kushak fault, on the downstream slopes of the village, with a tensile mechanism. This fault is associated with numerous springs that also experienced decreased water supply following the 1369 earthquake.
Conclusions: Geoelectrical studies indicated soil saturation up to a depth of 25 meters, indicating that the alignment of the Kushak fault and the F2 fault (identified in the southern slopes of the village) coincided with the occurrence of the Rudbar-Manjil earthquake, leading to reduced spring outflow and subsequent slope saturation.

Cite this article: Skandarpour, M. (2024). Investigating the effect of the Kushak fault function on the occurrence of landslides in Ali Abad village *Housing and Rural Environment*, 43 (187), 3-16. https://doi.org/10.22034/43.187.1

© The Author(s).
Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).
DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

Introduction

Landslides are considered a significant natural hazard, causing substantial financial damage annually in terms of direct and indirect costs. Defined as the movement of rock, debris, or soil down a slope (Crowden, 1991), landslides can be triggered by various external factors such as heavy rainfall, earthquakes, changes in groundwater levels, storm waves, or erosion from rivers or channels. These factors can lead to a sudden increase in shear stress or a decrease in shear strength of slope materials. Moreover, human activities like deforestation, excavation for road construction, and urban development in unstable hillside areas due to population growth and urbanization have become key triggers for landslides.

Among the numerous factors influencing landslides, tectonic activities such as faulting play a significant role. Faulting creates weak zones in hillside slopes, directly and indirectly reducing the resistance of rock and soil masses, leading to slope movements in the direction of gravity. Therefore, in mountainous regions affected by intense faulting, occurrences of landslides and rockfalls are prevalent. The Alamut region, situated in the northeast of Qazvin province within the geotectonic framework of the Alborz region, is known for its active tectonic features. The region hosts several major faults with a history of earthquakes, along with numerous sub-faults influenced by the main faults in the area. The Aliabad village landslide is one of many slope instabilities that occurred within the shear zone of the Kushak fault, exhibiting a compressive mechanism.

The primary research question addresses whether the Aliabad village landslide occurred within the activity zone of the Kushak fault and if the fault's activity influenced the landslide in Aliabad village.

Method

The research method in the present study is based on library studies and field observations and measurements. Firstly, the topography of the research area, the Kushk fault and the landslides around it, as well as the landslide of Aliabad village were comprehensively studied on satellite images (Google Earth), and the area of the landslide and the fault on the image of A satellite was separated and drawn. By studying the geological map of 1/100,000 sheets of Qazvin, the stratigraphic units of the bed and around the village on both sides of the shear zone of the fault were identified and evaluated in the field visit.

In the next step, geophysical studies were carried out in the slip area using the electrical resistance method with dipole array. Two profiles perpendicular to the slip direction to identify the lateral limits of the slip, the depth of the bedrock and the depth of the underground water level or water flow corridors and one profile in the slip direction and perpendicular to the Kushk fault were designed and taken to investigate and identify the Kushk fault. Local information from the records of landslide activity was also examined locally.

Results

According to the geological map of Qazvin sheet, the Kushk fault is located in the middle of

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

Aliabad village and it places the conglomerate units (Mc) over the units consisting of marl, Conglomerate and sandstone sequences with interbeds of gypsum (Mmsc). In the field, the rupture of the Kushak fault by the thrusting of Quaternary sediments over the conglomerate unit to the north-west of the village and the location of the village's springs and old aqueduct, the sudden interruption of the conglomerate layer to the north-east of Ali Abad village and the northern boundary of the limestone outcrops can be traced and is estimated to be about 200 meters north of that shown on the geological map.

He results of the geoelectrical survey also confirm the field evidence. The fault trace in the geoelectrical profile, taken in the direction of the topographic dip, can be verified by changing the topographic dip of the bedrock. The said fault runs through the middle of the old landslide and the crest of the new landslide in the village of Aliabad. Numerous tensile cracks can be seen in this strike, indicating that the landslide is active and that the soil mass is moving in the direction of the topographic slope. The landslides have caused total and partial damage to residential units, tilting of electricity pylons, subsidence of the main village road and changes in the shape of wells. At a distance of 600 meters to the south of the Kushak Fault, another fault has been identified which has a different mechanism to the Kushak Fault and dips to the north. Along the identified fault, which has a tensile mechanism and along which the northern block has fallen, there are also many springs whose water flow is higher than that of the springs along the Kushak fault. The water supply of the springs, both along the Kushak fault and along the tensile fault identified in the southern slopes of the village, has decreased after the Rudbar-Manjil earthquake of 1369, and the old aqueduct of the village has also dried up. The current landslide activity began in the years following the 1369 Rudbar-Manjil earthquake.

Conclusions

Following the verification of the location of the Kushak fault and the identification of another fault in the upstream and downstream areas of the residential area of Aliabad village, based on field evidence, satellite imagery and geoelectric studies, a significant reduction in the amount of water in the springs and the old aqueduct of the village, It is likely that the faults in the vicinity of the village have experienced minor movements due to the 1369 Rudbar-Manjil earthquake, causing blockage or narrowing of the drainage channels along these faults. This has led to saturation, increased pore water pressure and slope instability. A practical solution to stabilize the instability of the valley of Ali Abad village is to revive the old aqueduct of the village and construct deep drains perpendicular to the Kushak fault and the downstream fault of the village (F2) to prevent its saturation and instability by draining the water from the valley.

Author Contributions

The author contributed equally to the conception of the article and to the drafting of the original and subsequent drafts.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

Data Availability Statement

Not applicable

Acknowledgements

Not applicable

Ethical considerations

The author avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The author declare no conflict of interest

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

مسکن و محیط روستا
شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸
Homepage: https://jhre.ir

بررسی تأثیر عملکرد گسل کوشک بر رخداد زمین‌لغزش در روستای علی‌آباد

محمد اسگندرپور[1]✉

۱. نویسنده مسئول، مربی، گروه مخاطرات زمین‌شناختی، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران. رایانامه: J. mskandarpoor@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۳۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

کلیدواژه‌ها:
زمین لغزش،
روستای علی آباد،
گسل کوشک،
الموت

چکیده

هدف: زمین‌لغزش یکی از مخاطرات زمین‌شناختی مهم است که سالانه خسارت‌های قابل توجهی را در سکونتگاه‌های روستایی و شهری سرتاسر جهان به بار می‌آورد. یکی از عوامل تأثیرگذار در رخداد زمین‌لغزش فعالیت‌های زمین‌ساختی، از جمله گسل خوردگی است که با ایجاد سطوح ضعف در مناطق کوهستانی و در دامنه ارتفاعات باعث کاهش مقاومت توده سنگ و خاک شده و منجر به حرکات دامنه‌ای می‌شود.

روستای علی‌آباد بر روی دامنه‌ای با شیب متوسط ۲۰ الی ۳۰ درصد، در منطقه برشی گسل کوشک و بر روی مصالح یک زمین‌لغزش قدیمی واقع شده است. بستر سنگی روستا کنگلومرا و مارن همراه با لنزهای گچی است. در حدود یک سال پس از رخداد زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار–منجیل، حرکات دامنه‌ای به‌صورت خزشی در محدوده روستای علی‌آباد شروع به فعالیت کرد. حرکات خزشی در دامنه روستای علی‌آباد پیرو کم آب شدن چشمه‌ها و قنات قدیمی روستا اتفاق افتاد. در دوره‌های ترسالی شدت حرکت در دامنه بیشتر شده و توأم با خسارت بوده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی ارتباط زمین‌لغزش رخداده در محدوده روستا با فعالیت گسل کوشک است.

روش پژوهش: در این راستا، با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، شواهد به‌دست‌آمده از بازدیدهای میدانی و انجام مطالعات ژئوفیزیکی موقعیت گسل کوشک در محدوده روستای علی‌آباد ترسیم و تدقیق شد. دو چشمه و مادرچاه یک قنات قدیمی در امتداد گسل کوشک وجود دارد که پس از رخداد زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار–منجیل کاهش آبدهی داشته و یا خشک شده‌اند.

یافته‌ها: پیرو مطالعات انجام‌شده گسل دیگری در فاصله ۶۰۰ متری جنوب گسل کوشک و در دامنه‌های پایین‌دست روستا با سازوکار کششی شناسایی شد. در امتداد این گسل نیز چشمه‌های متعددی وجود دارد که هم‌زمان با رخداد زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار–منجیل دچار کاهش آبدهی شده است.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعات ژئوالکتریک اشباع بودن لایه‌های خاک دامنه تا عمق ۲۵ متری را نشان می‌دهد، این موضوع گویای این مطلب است که جنبایی گسل کوشک و گسل F2 (گسل شناسایی‌شده در دامنه‌های جنوبی روستا) هم‌زمان با رخداد زمین زلزله رودبار–منجیل موجب کاهش آبدهی چشمه‌ها و متعاقباً اشباع دامنه شده است.

استناد: اسگندرپور؛ محمد. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر عملکرد گسل کوشک بر رخداد زمین‌لغزش در روستای علی‌آباد. *مسکن و محیط روستا*، ۴۳ (۱۸۷)، ۱۶-۳.
https://doi.org/10.22034/43.187.1

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

مقدمه

زمین‌لغزش به‌عنوان یکی از مخاطرات اصلی طبیعی، هرساله ازنظر هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم خسارت مالی زیادی را به همراه دارد. زمین‌لغزش‌ها که به‌عنوان حرکت توده سنگ، واریزه یا خاک به سمت پایین یک شیب تعریف می‌شوند (Cruden, 1991)، می‌توانند توسط انواع محرک‌های خارجی، مانند بارندگی شدید، تکان‌های زمین‌لرزه، تغییرات سطح آب زیرزمینی، امواج طوفان یا فرسایش جریانی (رودخانه یا مسیل) سریع ایجاد شوند، که باعث افزایش سریع تنش برشی یا کاهش مقاومت برشی مواد شیب‌ساز می‌شود. علاوه بر این، با گسترش توسعه سکونتگاه‌ها به مناطق ناپایدار دامنه تپه‌ها تحت‌فشار افزایش جمعیت و شهرنشینی، فعالیت‌های انسانی مانند جنگل‌زدایی یا حفاری شیب‌ها برای بریدگی جاده‌ها و سایت‌های ساختمانی و غیره به محرک‌های مهمی برای وقوع زمین‌لغزش تبدیل شده‌اند.

رانش زمین باعث تلفات و خسارات اقتصادی هنگفتی در مناطق کوهستانی جهان می‌شود. در ایالات‌متحده، زمین‌لغزش باعث خسارات اقتصادی تخمینی ۱ تا ۲ میلیارد دلار و حدود ۲۵ تا ۵۰ مرگ در سال می‌شود، بنابراین از میانگین تلفات ناشی از زلزله بیشتر است (Schuster & Fleming, 1986). لی و وانگ[1] (۱۹۹۲) به‌طور محافظه‌کارانه تخمین زدند که در چین تعداد مرگ‌ومیر ناشی از رانش زمین در طول دوره ۱۹۵۱–۱۹۸۹ به بیش از ۵۰۰۰ نفر رسیده است که به‌طور متوسط سالانه بیش از ۱۲۵ مرگ‌ومیر و خسارات اقتصادی سالانه حدود ۵۰۰ میلیون دلار آمریکا را به دنبال داشته است.

از عوامل مختلف تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش می‌توان به فعالیت‌های زمین‌ساختی مانند گسلش اشاره کرد که با ایجاد سطوح ضعف در دامنه تپه‌ها و ارتفاعات به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث کاهش مقاومت توده سنگ و خاک شده و منجر به حرکات دامنه در جهت جاذبه زمین می‌شوند. ازاین‌رو، در مناطق کوهستانی که تحت تأثیر گسل خوردگی شدید هستند، وقوع حرکات دامنه‌ای مانند زمین‌لغزش و سنگ افتان بسیار به چشم می‌خورد. منطقه الموت که در شمال شرق استان قزوین و در تقسیم‌بندی‌های ساختاری (زمین ساختی) در منطقه البرز واقع شده است ازنظر زمین ساختی جزو مناطق فعال بوده و گسل‌های متعدد اصلی با سابقه لرزه‌خیزی و همچنین تعداد زیادی گسل فرعی که متأثر از فعالیت گسل‌های اصلی هستند در منطقه وجود دارد. زمین‌لغزش روستای علی‌آباد یکی از ناپایداری‌های دامنه‌ای متعددی است که در زون برشی گسل کوشک با سازوکار فشاری رخ داده است. سؤال کلی پژوهش این است که آیا زمین‌لغزش روستای علی‌آباد در محدوده فعالیت گسل کوشک رخ داده است؟ فعالیت گسل کوشک تأثیری در وقوع زمین‌لغزش در محدوده روستای علی‌آباد داشته است؟

پیشینه پژوهش

زمین‌لغزش‌های بزرگ به‌طور گسترده در کمربندهای کوه‌زایی و حواشی فلات با فعالیت تکتونیکی قوی پراکنده شده‌اند. در یک کمربند کوه‌زایی، شکل‌گیری، تکامل، ویژگی‌های ژئومورفیک و توزیع فضایی زمین‌لغزش‌های بزرگ ارتباط نزدیکی با فعالیت زمین ساختی منطقه‌ای و ساختارهای محلی دارد (Carlini et al., 2017; Cui et al., 2018). در مقیاس کوتاه‌مدت، فعالیت‌های تکتونیکی خشن، مانند زلزله‌های بزرگ، عامل اصلی ایجاد لغزش‌های بزرگ است (Owen et al., 2008). برای لغزش‌های کنترل‌شده توسط ساختار تکتونیکی، تأثیر چهارچوب زمین‌شناسی محلی توجه تحقیقات قابل‌توجهی را به خود جلب کرده است. هندسه فضایی برگوارگی‌های تکتونیکی[2]، ازجمله گسل‌ها، چین‌ها، درزه‌ها و ورقه ورقه شدگی و ناهمگونی سنگ‌شناسی، تأثیر عمیقی بر نوع، مکان و فراوانی زمین‌لغزش‌ها دارد (Gurum, 2018). تفاوت‌های زیادی در ماهیت این پدیده در مناطق مختلف وجود دارد (Margielewski, 2006). در مقایسه با ساختارهای معمول برگوارگی[3]، احتمال وقوع زمین‌لغزش در اطراف ناحیه گسلی به دلیل برگوارگی شدیدتر و از دست دادن استحکام توده سنگ بیشتر است (Collettini et al., 2009). سندیر و یلماز[4] (۲۰۰۲) نشان دادند که در ناحیه گسلی آناتولی شمالی، درزه‌ها و گسلش، توپوگرافی پرشیب، برش‌های رودخانه و

1. Li & Wang
2. Tectonic foliations
3. foliation
4. Sendir & Yilmaz

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

بارندگی شدید تأثیرات مهمی بر وقوع زمین‌لغزش داشتند. بویس[5] و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که مناطق گسلی به ارث رسیده در عمق نقش عمده‌ای در سبک الگوهای تغییر شکل گرانشی ایفا می‌کنند. دمیر[6] (۲۰۱۹) از ArcGIS برای ارزیابی حساسیت ناحیه گسل آناتولی شمالی به زمین‌لغزش استفاده کرد و نتایج نشان داد که فاصله تا نهرها، جاده‌ها و گسل‌ها تعیین‌کننده وقوع و توزیع زمین‌لغزش است. ژانگ[7] و همکاران (۲۰۱۸) از فناوری اینسار (INSAR) در ناحیه گسلی منطقه Zhouqu در چین برای شناسایی ۱۱ روانه گلی فعال، ۱۹ زمین‌لغزش فعال با نرخ تغییر شکل بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در سال و ۲۰ ناپایداری جدید استفاده کرد. بااین‌حال، نمونه‌هایی از تحلیل جامع پهنه‌های گسلی و زمین‌لغزش‌ها نسبتاً نادر هستند و رابطه بین پهنه‌های گسلی پیچیده و توسعه و تکامل زمین‌لغزش به‌طور کامل توضیح داده نشده است.

رجبی و فیض اله پور (۲۰۱۴)، در مطالعه‌ای به پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌های حوضه رودخانه گیوی‌چای پرداخت. در این مطالعه از داده‌های ۴۱ زمین‌لغزش رخ داده استفاده شد و فاصله از گسل به‌عنوان یکی از هشت فاکتور تأثیرگذار در مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش مورداستفاده قرار گرفت.

گسل‌ها در ایجاد و یا فعال‌سازی دوباره مناطق دارای پتانسیل لغزش نقش مؤثری دارند. خردشدگی و برشی شدن در مناطق گسلی، نفوذ آب از این مناطق به درون دامنه‌ها، پیدایش ناپیوستگی در پیرامون گسل و اختلاف فرسایش در دامنه‌ها ازجمله آثاری است که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد. حرکت گسل نیز می‌تواند به‌نوعی شروع لغزش در دامنه باشد(Rakei et. al., 2007).

همتی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی پراکندگی ناپایداری‌ها نسبت به گسل اصلی در منطقه بزقوش نشان می‌دهد بیشترین لغزش در فاصله ۰–۳۶۰ متری از گسل وجود دارد که ناشی از خردشدگی سنگ‌ها توسط گسل است که این امر باعث نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه و بروز ناپیوستگی در اطراف گسل‌ها می‌شود.

برای عامل گسل آثار مختلفی را در بروز لغزش در دامنه‌ها می‌توان متصور شد. خردشدگی و برشی شدن در مناطق گسلی، نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه‌ها، بروز ناپیوستگی در اطراف گسل‌ها و اختلاف فرسایش در دامنه‌ها ازجمله آثاری است که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد. حرکت گسل می‌تواند به‌نوعی شروع لغزش در دامنه باشد. بروز تعداد زیادی زمین‌لغزش بعد از زلزله، می‌تواند مؤید نقش آن در بروز زمین‌لغزش باشد. در حقیقت حرکت گسل‌ها موجب رسیدن به حد آستانه حرکت در دامنه‌ها می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق در پژوهش حاضر مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و مشاهدات و اندازه‌گیری‌های میدانی است. ابتدا جایگاه توپوگرافی محدوده موردمطالعه، گسل کوشک و زمین‌لغزش‌های پیرامون آن و همچنین زمین‌لغزش روستای علی‌آباد به‌طور جامع بر روی تصاویر ماهواره‌ای (Google Earth) موردبررسی قرار گرفته و محدوده زمین‌لغزش و گسل بر روی تصویر ماهواره‌ای تفکیک و ترسیم شده است. با بررسی نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه قزوین واحدهای چینه‌شناسی بستر و پیرامون روستا در دو سوی منطقه برشی گسل مشخص و در بازدید میدانی انجام‌شده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در مرحله بعد مطالعات ژئوفیزیکی به روش مقاومت الکتریکی با آرایه دایپل دایپل در محدوده منطقه لغزشی انجام شد. دو پروفیل در راستای عمود بر جهت لغزش جهت شناسایی حدود جانبی لغزش، عمق سنگ‌بستر و عمق سطح آب زیرزمینی یا کریدورهای جریان آب و یک پروفیل در جهت لغزش و عمود بر امتداد گسل کوشک جهت بررسی و شناسایی گسل کوشک طراحی و برداشت شد. اطلاعات محلی از سوابق شروع فعالیت زمین‌لغزش نیز به‌صورت محلی موردبررسی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

جایگاه زمین‌شناسی

منطقه موردبررسی (دره الموت) که روستای علی‌آباد در آن واقع شده است بر مبنای تقسیم‌بندی پهنه‌های رسوبی–ساختاری ایران (Nogole-sadat, 1993)، در بخش باختری سیستم تکتونیکی پیچیده البرز واقع شده است. این منطقه ساختاری تحت تأثیر

5. Bois
6. Demir
7. Zhang

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

همگرایی صفحه عربی و ایران قرار دارد. بر مبنای مطالعات شهیدی و همکاران (۲۰۱۱) سیستم تنش حداکثر در این منطقه (بخش باختری البرز) شمالی–جنوبی تا شمال خاوری–جنوب باختری بوده و کم‌وبیش عمود بر روند البرز است. این سیستم تراکمی یک کوتاه شدگی تقریبی شمال خاوری–جنوب باختری هماهنگ با بالاآمدگی البرز را تأیید می‌کند. ساختمان‌های زمین‌شناسی شامل شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌هایی است که به‌طور عمده دارای روند شمال باختری–جنوب خاوری بوده و از روند اصلی چین‌خوردگی البرز پیروی می‌نمایند.

شکستگی‌های موجود در منطقه عموماً دارای روند شمال باختری–جنوب خاوری و به‌طور عمده از نوع گسل‌های فشاری هستند. علاوه بر این شکستگی‌های دیگری نیز یافت می‌شود که از روند شمال خاور–جنوب باختر پیروی می‌نمایند. سیستم‌های چین‌خوردگی در منطقه به‌طور عمده از نوع چین‌های وابسته به گسل هستند.

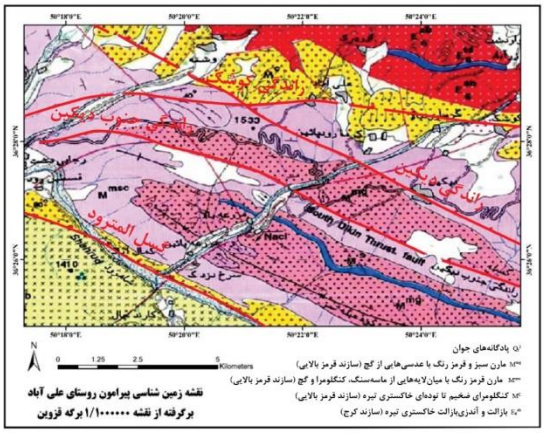
گسل المترود: این گسل که همچنین گسل حسن‌آباد پاراچین نامیده شده است مهم‌ترین گسل منطقه است. راستای این گسل به‌موازات کرانه رودخانه جنوبی الموترود، NW-SE بوده، و شیب آن به سمت جنوب است. در راستای این گسل، سازند ائوسن کرج در جنوب بر روی مارن‌های نئوژن در شمال رانده شده است (شکل ۱).

در پهنه گسل، تازه‌ترین آیینه گسل‌ها دارای راستای N130E و زاویه فرود ۲۰ درجه به سمت شمال غرب است. گسل فشاری و جوان الموترود در رویداد زمین‌لرزه ۲۰ آوریل ۱۶۰۸ میلادی (Ms=7.6) رودبارات – تالقان و زمین‌لرزه ۲۷ سپتامبر ۱۹۴۵ هریان و به‌احتمال کمتر در زمین‌لرزه ۱۶ دسامبر ۱۸۰۸ میلادی (Ms=5.9) تالقان نقشی داشته است. این گسل در فاصله ۵ کیلومتری جنوب غرب روستای علی‌آباد قرار دارد و به دلیل سابقه لرزه‌خیزی که دارد دارای اهمیت است.

گسل راندگی دیکین، گسل راندگی جنوب دیکین و گسل کوشک از دیگر گسل‌های منطقه موردمطالعه است که تاکنون هیچ زمین‌لرزه‌ای به این فعالیت این گسل‌ها نسبت داده نشده است.

گسل راندگی دیکین: این گسل راندگی با درازای ۲۰ کیلومتر از مجاورت روستای دیکین و وشته گذر کرده است. روند اصلی این گسل شمال باختری–جنوب خاوری بوده و شیب به‌سوی شمال خاوری دارد. این گسل نهشته‌های نئوژن را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۱).

گسل راندگی جنوب دیکین: این گسل راندگی دارای راستای شمال باختری–جنوب خاوری بوده و شیب آن به‌سوی شمال خاوری است. طول این گسل بالغ بر ۲۰ کیلومتر بوده و تقریباً به‌موازات گسل راندگی دیکین است. این گسل نیز نهشته‌های نئوژن را متأثر ساخته است و مارن‌های سبزرنگ حاوی لنزهای ژیپس را بر روی مارن‌های قرمزرنگ با میان لایه‌های ماسه‌سنگ، کنگلومرا و ژیپس قرار داده است (شکل ۱).

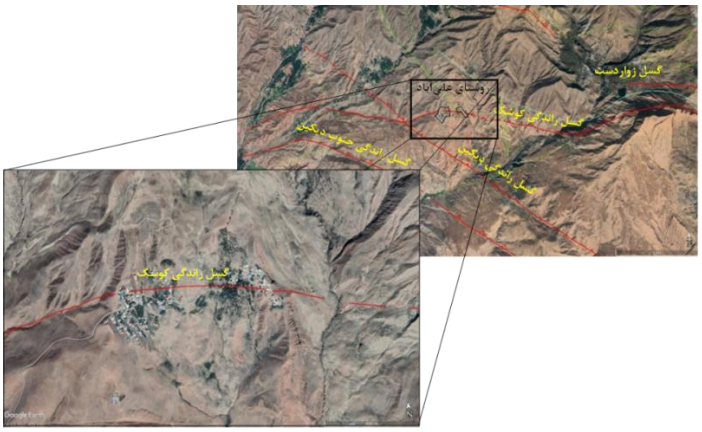


شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی محدوده موردمطالعه (منبع: Qazvin geological map(1:100000), Geological Survey & Mineral (Exploration of Iran

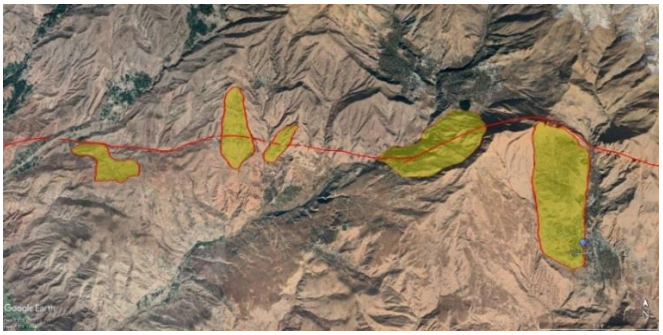
گسل کوشک در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه قزوین (اشکال ۱ و ۲) یک گسل راندگی با امتداد تقریبی خاوری–باختری، درازایی بالغ بر ۱۶ کیلومتر و شیب نزدیک به ۳۰ درجه به سمت شمال که بیشتر واحدهای کنگلومرای نئوژن را متأثر

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

ساخته معرفی شده است. بر مبنای نقشه زمین‌شناسی ورقه قزوین امتداد این گسل از محدوده بافت مسکونی روستای علی‌آباد گذر کرده و واحدهای کنگلومرایی و ماسه‌سنگی میوسن را بر روی واحدهای مارنی با میان لایه‌های ماسه‌سنگی و کنگلومرایی به سن میوسن رانده است. زمین‌لغزش‌های زیادی در امتداد این گسل رخ داده است که به‌وضوح بر روی تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی قابل‌مشاهده است (شکل ۳).



شکل ۲. موقعیت گسل‌های منطقه موردمطالعه بر مبنای نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ برگه قزوین منطبق شده بر روی تصویر ماهواره‌ای (Google Earth)



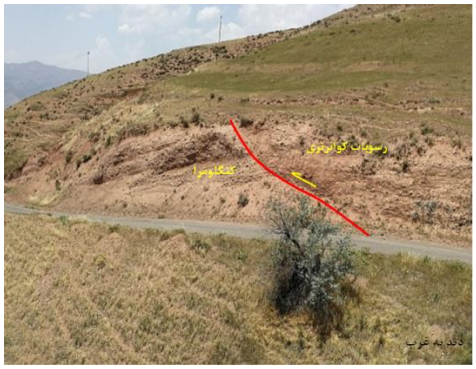
شکل ۳. موقعیت زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در امتداد گسل کوشک بر روی تصویر برگرفته از Google Earh

در بررسی‌های میدانی انجام‌شده در دامنه‌های شرقی و غربی پیرامون روستای علی‌آباد جدایش‌هایی در واحدهای نئوژن و کواترنری مشاهده می‌شود که احتمالاً مرتبط با فعالیت دو گسل موازی با امتداد شرقی–غربی با سازوکار متفاوت است.

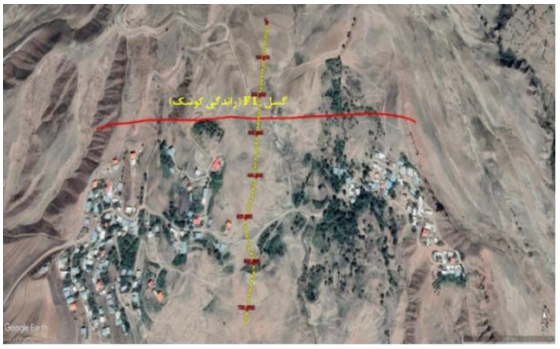
گسل F1 که در شمال بافت مسکونی روستای علی‌آباد قرار دارد دارای سازوکار راندگی بوده و واحدهای مارنی و رسوبات واریزه‌ای را بر روی واحدهای کنگلومرایی قرار داده است (شکل ۴). در امتداد این گسل دو چشمه در بالادست روستا مشاهده می‌شود (شکل ۵). همچنین مادرچاه یک رشته قنات به طول ۵۰ متر نیز در امتداد گسل وجود دارد (شکل ۶). گسل F1 همچنین مرز شمالی رخنمون‌هایی از گچ را که از میان لایه‌های سازند قرمز بالایی است در بخش میانی روستا و همچنین مرز شمالی رخنمون واحد کنگلومرایی در بخش شرقی روستا را نیز مشخص می‌کند (شکل ۵). گسل F1 انطباق خوبی با گسل کوشک دارد. جهت بررسی گسل F1 در محدوده روستای علی‌آباد مطالعات ژئوالکتریک با آرایه دوقطبی–دوقطبی در امتداد پروفیلی به طول ۷۰۰ متر و عمود بر درازای گسل انجام شد و در این پروفیل، مقطع گسل با تغییر شیب در توپوگرافی سنگ‌بستر و ناپیوستگی مقاومت ویژه الکتریکی قابل‌شناسایی و اندازه‌گیری است (شکل ۲۰).

گسل F2 در فاصله ۷۰۰ متری جنوب گسل F1 در دامنه‌های پایین‌دست بافت مسکونی روستا قرار دارد واحدهای کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و مارنی مرتبط با سازند قرمز بالایی را تحت تأثیر قرار داده است (اشکال ۷ ، ۸ و ۱۰). باتوجه‌به جدایش‌هایی که در واحدهای کنگلومرایی و ماسه‌سنگی در جنوب شرق و شرق روستای علی‌آباد مشاهده می‌شود، و شیب زیاد این گسل احتمالاً دارای سازوکار عادی است. در امتداد این گسل نیز چشمه‌های متعددی مشاهده می‌شود (شکل ۸).

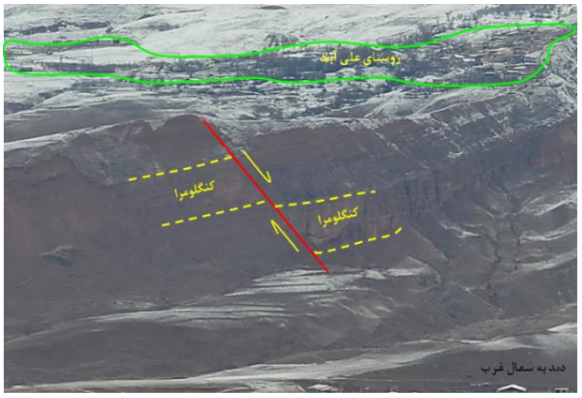
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]



شکل ٤. رانده شدن واحدهای کواترنری بر روی واحدهای کنگلومرایی مربوط به سازند قرمز بالایی در شمال شرق روستای علی‌آباد (دید به غرب)



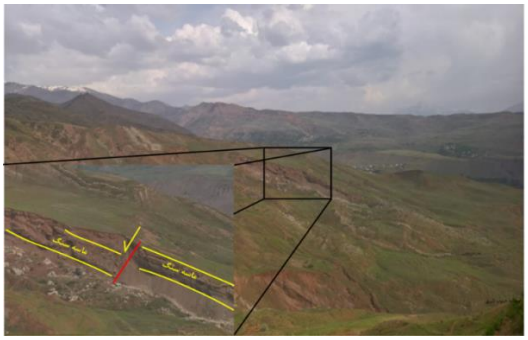
شکل ٦. موقعیت تدقیق‌شده گسل کوشک باتوجه‌به نتایج مطالعات ژئوالکتریک، رخنمون گسل در بخش شمال شرقی روستا، واحدهای چینه‌شناسی و موقعیت چشمه‌ها



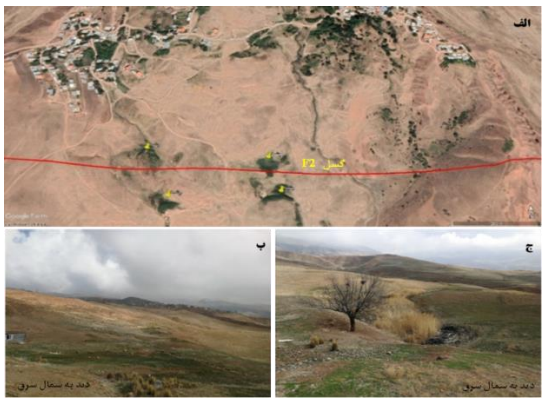
شکل ۸. جدایش شاقولی لایه کنگلومرایی در امتداد گسلی با امتداد شرقی-غربی، قطعه شمالی نسبت به قطعه جنوبی پایین‌افتادگی ظاهری دارد



شکل ۵. بالا: موقعیت چشمه‌ها و قنات قدیمی روستا نسبت به گسل کوشک بر روی تصویر برگرفته از Google Earth،
پایین:تصویر زمینی از موقعیت مادرچاه قنات قدیمی روستا، ج: تصویر زمینی از موقعیت چشمه‌ای در جنوب امتداد اثر گسل کوشک

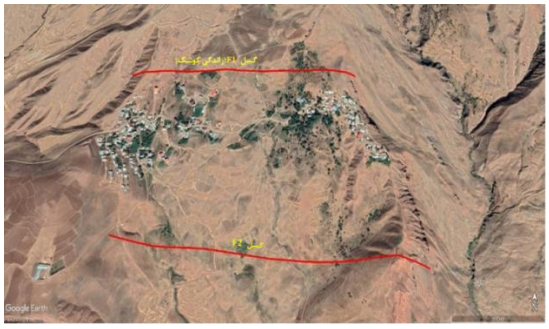


شکل ۷. جدایش شاقولی لایه ماسه‌سنگی در امتداد گسلی با امتداد شرقی-غربی، قطعه شمالی نسبت به قطعه جنوبی پایین‌افتادگی ظاهری دارد. باتوجه‌به شیب به سمت جنوب شرق لایه ماسه‌سنگی این جدایش ظاهری می‌تواند با عملکرد یک گسل امتدادلغز با سازوکار راست‌گرد ایجاد شود



شکل ۹. الف: موقعیت چشمه‌ها در امتداد گسل F2 که با سازوکار ظاهری کششی که دامنه‌های جنوبی بافت مسکونی روستا را تحت تأثیر قرار داده است، ب و ج: تصاویر زمینی تهیه‌شده از موقعیت چشمه‌های دامنه‌های پایین‌دست روستا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]



شکل ۱۰. موقعیت گسل F1 (کوشک) و F2 نسبت به بافت مسکونی روستای علی‌آباد و زمین‌لغزش رخ‌داده بر روی تصویر برگرفته از Google Earth

چینه‌شناسی محدوده موردمطالعه

واحدهای چینه‌شناسی محدوده مطالعاتی مربوط به سازند قرمز بالایی به سن میوسن و واحدهای ولکانیکی به سن ائوسن است:

E_6^{ab}: جنس این واحدها بیشتر از گدازه‌های آتشفشانی تیره تا خاکستری با ترکیب الیوین بازالت و آندزیت بازالت است که با گسترش و ستبرای نسبتاً خوب بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر در فاصله اندکی از شمال روستا با مرزی گسلی با واحدهای قرمز بالایی رخنمون دارد.

Mc: این واحد با گسترش و ستبرای خوب در اطراف روستاهای معلم‌کلایه، علی‌آباد، وشته، حسن‌آباد و در امتداد رودخانه شاهرود قابل‌رؤیت است. ترکیب اصلی این واحد شامل کنگلومرای ضخیم تا توده‌ای خاکستری‌رنگ با سخت شدگی خوب و قطعات کوچک و بزرگ ولکانیک با ترکیب‌های متفاوت و سیمانی ولکانیکی با جورشدگی و گرد شدگی ضعیف تا متوسط همراه با لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌های خاکستری تا قرمز دانه‌ریز تا دانه‌متوسط است. ستبرای این کنگلومرا در اطراف رودخانه شاهرود از ۲۰ تا ۱۰۰ متر در نوسان است. همبری زیرین این واحد با سنگ‌های ائوسن به‌طور کامل گسله و بریده است و خود توسط مارن های واحد M^{msc} به‌طور هم‌شیب پوشیده می‌شود (شکل ۱۱ الف و ب).

M^{msc}: نهشته‌های این واحد با بیشترین گسترش و ستبرا در اطراف روستاهای معلم کلایه، کوشک، دیکین، گرمارود، محمدآباد و مزرعه پایین از تناوب مارن‌های قرمزرنگ با بین لایه‌هایی از ماسه‌سنگ خاکستری رنک سست سیمان، کنگلومرا با جورشدگی و گرد شدگی به نسبت خوب و تیغک‌ها و لایه‌هایی از گچ با لایه‌بندی نازک تا متوسط تشکیل شده است. شیب لایه‌ها متغیر و از ۳۰ تا ۷۰ درجه در نوسان است. مورفولوژی این واحد بیشتر به‌صورت تپه‌ماهور بوده و چین‌خوردگی در این مارن‌ها باعث پدید آمدن ناودیس و تاقدیس‌هایی در این واحد شده است. این نهشته‌های مارنی به‌طور هم‌شیب در روی کنگلومرای (m^c) قرار می‌گیرد (شکل ۱۱ ج و د).



شکل ۱۱. واحدهای چینه‌شناسی رخنمون یافته در پیرامون روستای علی‌آباد. الف و ب: واحد کنگلومرایی در بستر بافت مسکونی بخش شرقی و شمال غربی روستا، ج: واحدهای گلسنگی در مجاورت واحد کنگلومرایی در بخش شرقی روستا، د: واحد گچی در بخش‌های میانی و شمالی روستا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

زمین‌لغزش روستای علی‌آباد

با استناد به بررسی تصاویر ماهواره‌ای برگرفته از Google Earth و بازدیدهای میدانی، مورفولوژی دامنه‌ای که روستای علی‌آباد بر روی آن واقع شده است یک زمین‌لغزش قدیمی را نشان می‌دهد که در جهت شیب توپوگرافی و به سمت جنوب رخ داده است. در زمان تشکیل روستای علی‌آباد بر روی مصالح زمین‌لغزش قدیمی، شیب توپوگرافی به دلیل رخداد زمین‌لغزش تعدیل شده و شرایط پایداری را داشته است. زمین‌لغزش به شکل یک لوزی نامتقارن است که قطر طویل آن راستای شمالی–جنوبی دارد و اضلاع جنوبی آن نسبت به اضلاع شمالی کوتاه‌تر است (شکل ۱۲). عوامل مؤثر بر رخداد زمین‌لغزش روستای علی‌آباد: ۱– واحدهای سنگی تشکیل‌دهنده دامنه در محدوده زمین‌لغزش مربوط به سازند قرمز بالایی (Upper Red Formation) با توالی مارن‌های قرمزرنگ، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و رگه های گچ است. این واحدها در صورت داشتن شیب توپوگرافی مناسب و رطوبت کافی پتانسیل بالایی برای رخداد حرکات دامنه‌ای دارند. باتوجه‌به تعداد قابل‌توجه زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در منطقه تحت پوشش این واحد سنگی در منطقه و با در نظر گرفتن شیب توپوگرافی بالای ۳۰ درصد و متوسط بارندگی بیش از ۴۰۰ میلی‌متر در سال می‌تواند دلیل اصلی رخداد زمین‌لغزش در محدوده موردمطالعه باشد. ۲– مرز گسلی بخش مارنی و ماسه‌سنگی با بخش کنگلومرایی سازند سرخ بالایی نیز می‌تواند ضمن ایجاد کریدورهایی برای رگه‌های آب و اشباع کردن مصالح دامنه سطوح ضعفی را برای شروع زمین‌لغزش ایجاد کند. قرارگیری چشمه‌ها و مادر چاه قنات قدیمی روستا در امتداد مرز گسلی یادشده تأییدکننده جریان رگه‌های آب در این امتداد است (شکل ۵). ۳– باتوجه‌به بررسی‌های انجام‌شده در محدوده شرقی زمین‌لغزش، شیب لایه‌بندی به سمت جنوب غرب بوده و با کمی انحراف با جهت زمین‌لغزش همخوانی دارد. رخداد زمین‌لغزش می‌تواند مرتبط با جنس مصالح تشکیل‌دهنده دامنه، شیب توپوگرافی، فعالیت گسل کوشک و یا لرزش زمین به هنگام وقوع زلزله و یا دو یا چند مورد از موارد ذکر شده باشد. آنچه مسلم است در زمان تشکیل و توسعه روستا زمین‌لغزش حالت پایدار داشته و فعالیت ملموسی نداشته است.



شکل ۱۲. محدوده زمین‌لغزش روستای علی‌آباد شامل زمین‌لغزش قدیمی و جدید بر روی تصویر برگرفته از Google Earth

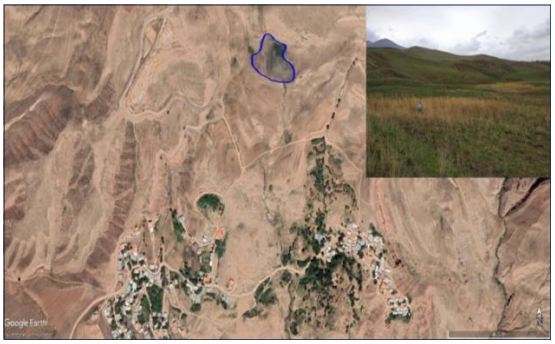
دلایل فعال شدن دوباره زمین‌لغزش در روستای علی‌آباد

روستا بر روی واحدهای سنگی مسئله‌دار شامل: مارن‌های قرمزرنگ با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، کنگلومرا و ژیپس قرار گرفته است و علاوه بر آن روستای علی‌آباد و پیرامون آن در محدوده عملکرد گسل کوشک با سازوکار راندگی که شیب به سمت شمال دارد واقع شده است. همین دو عامل و وجود بارش باران کافی برای رخداد زمین‌لغزش در یک دامنه با شیب ملایم کفایت می‌کند.

در دامنه بالادست روستا محدوده‌ای با مساحت بالغ بر یک هکتار وجود دارد که نسبت به پیرامونش ارتفاع پست‌تری دارد (شکل ۱۳) آب حاصل از بارندگی در فصول بارانی در این محدوده جمع می‌شود و ساکنین روستا از آن برای آبیاری زمین‌های کشاورزی دامنه‌های بالادست روستا استفاده می‌کنند. باتوجه‌به جنس واحدهای بستر روستا و دامنه‌های بالادست، این آب می‌تواند به‌مرور به این واحدها نفوذ کرده و موجبات ناپایداری را فراهم آورد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]



شکل ۱۳. آبگیر فصلی بالادست روستای علی‌آباد بر روی تصویر برگرفته از Google Earth و تصویر میدانی تهیه‌شده از منطقه

در محدوده دامنه بالادست روستا در امتداد محدوده برشی گسل کوشک دو چشمه و یک رشته قنات قدیمی وجود دارد. چشمه‌ها و قنات یادشده آبدهی زیادی نداشتند و بیشتر برای آب دادن دام از آن‌ها استفاده می‌شده است. بااین‌حال همان آبدهی کم به‌تدریج آب دامنه را زهکش می‌کرده است. پس از رخداد زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار–منجیل قنات روستا تقریباً کور شده و آبدهی چشمه‌ها نیز کاهش قابل‌توجهی داشته است. همان‌طور که گفته شد چشمه‌ها و قنات یادشده آب موجود در دامنه روستا را زهکش می‌کرده‌اند و باتوجه‌به انسداد مجاری زهکشی دامنه، در سال‌های پس از زلزله ۱۳۶۹ رودبار–منجیل، این اتفاق نیفتاده و به‌مرور موجب اشباع و ناپایداری دامنه شده است. زمین‌لغزش روستای علی‌آباد یک سال از پس زلزله ۱۳۶۹ رودبار–منجیل به‌صورت خزشی شروع به فعالیت کرده است. پس از بارندگی‌های رخداده در زمستان ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸ فعالیت زمین‌لغزش بیشتر شده و خساراتی را به واحدهای مسکونی و زیرساخت‌های روستا از قبیل معابر و خطوط انتقال برق، شبکه آب‌رسانی و باغات روستا وارد کرده است (اشکال ۱۴، ۱۵ و ۱۶).



شکل ۱٤. آثار گسیختگی حاشیه غربی زمین‌لغزش به جاده ارتباطی روستای اویرک



شکل ۱۵. شکاف‌های ایجادشده در دیوار واحدهای مسکونی در بخش‌های شرقی و غربی روستای علی‌آباد و خارج شدن دهانه چاه از شکل دایره به بیضی در بخش غربی روستا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]



شکل ۱۶. زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در دامنه مجاور بخش شرقی و بین دو بخش روستا که در بارندگی‌های سال ۱۳۹۸ رخ داده است و منجر به روانه گلی شده است. فلش‌های زردرنگ ترک‌های کششی ایجادشده در اثر زمین‌لغزش را نشان می‌دهد

انجام مطالعات ژئوالکتریکی جهت بررسی عمق سنگ کف، سطح لغزش، سطح آب زیرزمینی و شناسایی گسل کوشک در این روش مقاومت ویژه الکتریکی زمین ازطریق وارد نمودن جریان الکتریکی مستقیم به داخل آن و تعیین پتانسیل الکتریکی تولیدشده در سطح، اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از این روش، خصوصیات الکتریکی زمین و به‌تبع آن ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه قابل استنباط است. این روش در سطح وسیعی در اکتشاف منابع آب زیرزمینی، بررسی انواع آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی، آشکارسازی محل حفره‌های زیرسطحی، مطالعات زمین‌لغزش‌ها، شناسایی گسل‌ها، بررسی مناطق خردشده، مسائل مهندسی و ... مورداستفاده قرار می‌گیرد.

عملیات ژئوالکتریک و برداشت داده‌ها در محدوده روستای علی‌آباد در اردیبهشت‌ماه سال ۱۴۰۲ صورت پذیرفت. درمجموع سه پروفیل (AL1، AL2 و AL3) در محدوده مورد برداشت قرار گرفتند (شکل ۱۷). موقعیت پروفیل‌های برداشت‌شده بر روی تصویر برگرفته از Google Earth را نشان می‌دهند. داده‌ها با استفاده از آرایش دوقطبی–دوقطبی با کمترین فاصله الکترودی ۱۰ متر به ازای گام‌های جدایش مختلف مورد برداشت قرار گرفتند. پروفیل‌های AL1 و AL2 برای شناسایی ابعاد و مشخصات زمین‌لغزش و پروفیل AL3 برای شناسایی گسل کوشک مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده با عوارض سطحی موجود تطبیق داده شده است. مشخصات مربوط به هر یک از پروفیل‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات مربوط به پروفیل‌های برداشت‌شده در محدوده موردمطالعه

نام پروفیل	طول پروفیل (متر)	کمترین فاصله الکترودی (a)	بیشترین گام جدایش (n)	تعداد نقاط برداشت‌شده
AL1	۵۲۰	۱۰	۱۲	۵۳۴
AL2	۷۰۰	۱۰	۱۲	۷۵۰
AL3	۷۳۰	۱۰	۱۲	۷۸۶

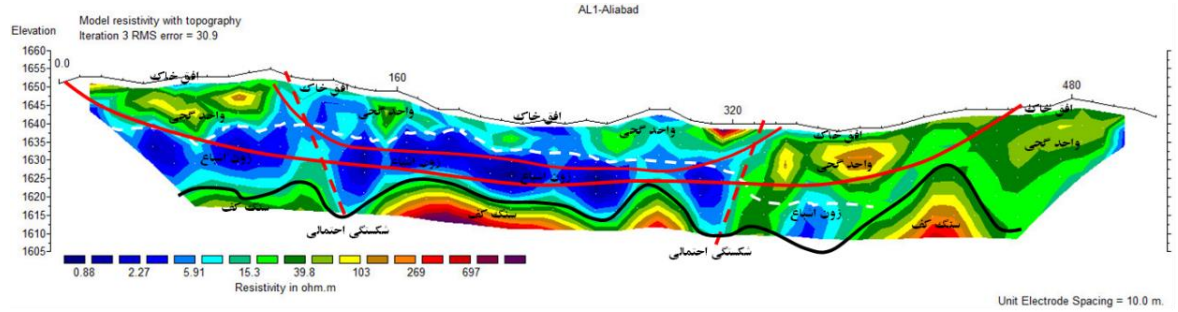


شکل ۱۸. موقعیت تقریبی قرارگیری پروفیل‌های برداشت‌شده بر روی تصویر برگرفته از GoogleEarth در محدوده موردمطالعه روستای علی‌آباد

پروفیل AL1: نتایج حاصل از معکوس‌سازی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به پروفیل AL1 به همراه تفسیرهای

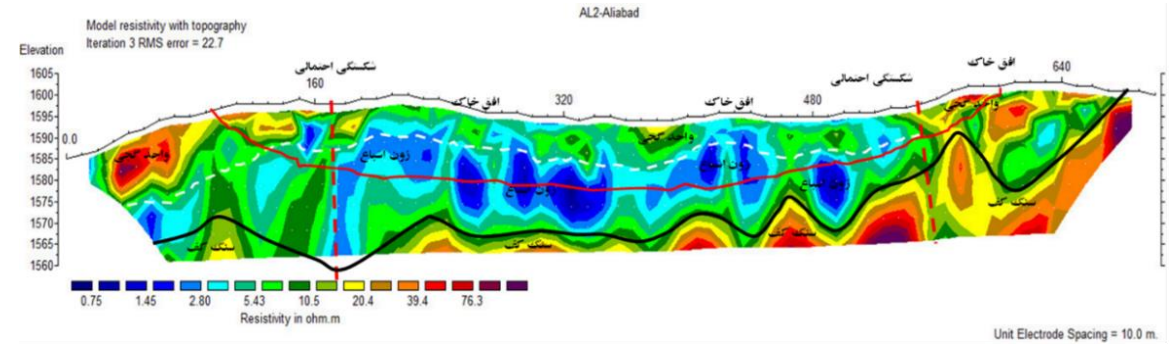
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

انجام‌شده در (شکل ۱۸) ارائه شده است. باتوجه‌به نتایج حاصل از مدل به‌دست‌آمده مقادیر مقاومت ویژه در لایه‌های بالایی متأثر از افق‌های خاک عمدتاً رسی محدوده، پایین است که در آن وجود واحد گچی در بخش‌های مختلف سبب افزایش مقاومت ویژه نسبت به بخش دربرگیرنده آن شده است. در اینجا سطح تقریبی آب‌های زیرزمینی با استفاده از خط‌چین سفیدرنگ مشخص شده است. در حدود ۱۵ متری بالادست بین ایستگاه ۱۷۰ و ۱۸۰ از ابتدای پروفیل مظهر قنات قدیمی روستا وجود دارد که در این قسمت جاری شدن و نفوذ آب‌های سطحی سبب کاهش مقادیر مقاومت ویژه نسبت به محیط اطراف آن شده است. همچنین واحد سنگ کف احتمالی محدوده که با روند افزایشی مقادیر مقاومت ویژه تفکیک گشته است با استفاده خط ممتد سیاه‌رنگ به‌صورت تقریبی نمایش داده شده است. در اینجا دو سطح لغزش احتمالی و توده حرکتی مرتبط با آن با استفاده از خطوط ممتد قرمزرنگ به تصویر درآمده‌اند. درنهایت باتوجه‌به روند تغییرات در مدل به‌دست‌آمده، دو شکستگی احتمالی در حوالی ایستگاه‌های ۱۳۰ و ۳۳۰ متری از ابتدای پروفیل قابل‌تشخیص است که حرکت در مابین این دو شکستگی سریع‌تر اتفاق افتاده است.



شکل ۱۸. چگونگی به نمایش درآمدن عوارض زیرسطحی بر اساس مدل مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به پروفیل AL1

پروفیل AL2: نتایج حاصل از معکوس‌سازی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به پروفیل AL2 به همراه تفسیرهای انجام‌شده در شکل ۱۹ ارائه شده است. روند تقریباً مشابهی به لحاظ تغییرات مقادیر مقاومت ویژه همانند پروفیل AL1 وجود دارد. در اینجا نیز وجود واحد گچی باعث افزایش مقادیر مقاومت ویژه شده است. همچنین در بخش انتهایی پروفیل مشابه آنچه در پروفیل قبلی نیز قابل‌مشاهده است، مقادیر مقاومت ویژه نسبت به بخش‌های ابتدایی و میانی پروفیل افزایش نشان داده است. سطح آب احتمالی با خط‌چین سفیدرنگ و مرز سنگ کف احتمالی با خط ممتد مشکی‌رنگ مشخص شده است. همچنین سطح لغزش احتمالی با خط ممتد قرمزرنگ متمایز گشته است. در این پروفیل نیز همانند پروفیل AL1 و در راستای تقریبی آن دو شکستگی احتمالی در حوالی ایستگاه‌های ۱۷۰ و ۵۵۰ متری از ابتدای پروفیل قابل‌تشخیص است.

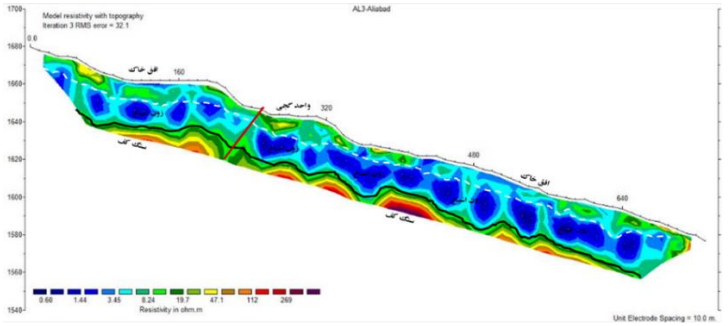


شکل ۱۹. چگونگی به نمایش درآمدن عوارض زیرسطحی بر اساس مدل مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به پروفیل AL2

پروفیل AL3: نتایج حاصل از معکوس‌سازی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به پروفیل AL2 به همراه تفسیرهای انجام‌شده در (شکل ۲۰) ارائه شده است. روند کلی تغییرات مقادیر مقاومت ویژه در این پروفیل نیز مشابه پروفیل AL1 و AL2 است. افق‌های خاک محدوده با مقاومت ویژه پایین نمایان است که در آن گاهاً وجود واحد گچی سبب افزایش مقادیر مقاومت ویژه شده است. در اینجا نیز سطح آب احتمالی (خط‌چین سفیدرنگ) و شروع عمق سنگ کف احتمالی (خط ممتد مشکی‌رنگ) و درنهایت سطح لغزش احتمالی (خط ممتد قرمزرنگ) مشخص گردیده‌اند که در آن سطح آب احتمالی از شیب توپوگرافی محدوده

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

پیروی نموده است. محل تغییر شیب توپوگرافی سنگ‌بستر و متعاقباً توپوگرافی سطح دامنه که با تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در لایه‌های خاک پوشاننده نیز همراه بوده است به‌عنوان گسیختگی احتمالی مرتبط با گسل کوشک در نظر گرفته شده است.



شکل ۲۰. چگونگی به نمایش درآمدن عوارض زیرسطحی بر اساس مدل مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به پروفیل AL3

نتیجه‌گیری

طبق نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ برگه قزوین، گسل کوشک از میانه روستای علی‌آباد می‌گذرد و واحدهای کنگلومرایی (M^c) را بر روی واحدهای متشکل از توالی مارن، کنگلومرا و ماسه‌سنگ با میان لایه‌هایی از گچ (M^{msc}) می‌راند. در بازدیدهای میدانی انجام‌شده گسیختگی گسل کوشک به‌طور مستقیم با رانده شدن رسوبات واریزه‌ای کواترنری بر روی واحد کنگلومرایی در محدوده شمال غربی روستا و آرایش قرارگیری چشمه‌ها و قنات قدیمی روستا، قطع شدگی ناگهانی لایه کنگلومرایی در شمال شرقی بافت مسکونی روستای علی‌آباد و مرز شمالی رخنمون‌های گچی قابل ردیابی بوده و در فاصله تقریبی ۲۰۰ متری شمال آنچه بر روی نقشه زمین‌شناسی ترسیم‌شده، برآورد می‌شود. نتایج مطالعات ژئوالکتریکی نیز تأییدکننده شواهد صحرایی است. رد گسل در پروفیل ژئوالکتریکی AL3 با تغییر شیب توپوگرافی سنگ‌بستر قابل‌بررسی است (شکل ۲۰). گسل یادشده از میانه زمین‌لغزش قدیمی و از محل تاج زمین‌لغزش جدید روستای علی‌آباد می‌گذرد. در این امتداد ترک‌های کششی متعددی مشاهده می‌شود که نشان از فعال بودن زمین‌لغزش و حرکت دامنه در جهت شیب توپوگرافی در زمان انجام بررسی‌های میدانی دارد (اشکال ۱۴ و ۱۶). زمین‌لغزش باعث آسیب‌دیدگی کلی و جزئی واحدهای مسکونی، کج شدن تیرهای برق، فرونشست معبر اصلی روستا، تغییر شکل مقطع چاه‌ها و ... شده است (اشکال ۱۴ و ۱۵). در فاصله ۶۰۰ متری جنوب امتداد گسل کوشک، گسل دیگری هم امتداد با گسل کوشک با سازوکاری متفاوت از گسل کوشک و شیب به‌سوی شمال شناسایی شد. در امتداد گسل شناسایی‌شده (گسل F2) که سازوکار ظاهری کششی دارد و بلوک شمالی در امتداد آن پایین افتاده است نیز چشمه‌های متعددی وجود دارد که آبدهی آن‌ها از چشمه‌های واقع در امتداد گسل کوشک بیشتر است (شکل ۹). در پرتگاهی که در بخش شرقی محدوده موردمطالعه وجود دارد جدایش شاقولی لایه کنگلومرایی قابل‌مشاهده و اندازه‌گیری است (اشکال ۷ و ۸). آبدهی چشمه‌ها، هم در امتداد گسل کوشک و هم در امتداد گسل کششی شناسایی‌شده در دامنه‌های جنوبی روستا پس از رخداد زمین‌لرزه سال ۱۳۶۹ رودبار–منجیل کاهش پیدا کرده است و قنات قدیمی روستا نیز خشک شده است. باتوجه‌به اینکه شروع فعالیت زمین‌لغزش کنونی در سال‌های پس از رخداد زمین‌لرزه ۱۳۶۹ رودبار–منجیل بوده است، می‌توان چنین نتیجه گرفت که رخداد زلزله رودبار–منجیل و تکان‌های زمین در زمان وقوع زلزله منجر به حرکاتی در امتداد گسل‌های محدوده روستای علی‌آباد شده است. حرکت لایه‌های زمین در امتداد این گسل‌ها منجر به مسدود و یا محدود شدن مجرای خروجی چشمه‌ها شده و آب موجود در دامنه به‌خوبی زه کشی نشده است. اشباع دامنه در سال‌های پس از رویداد سال ۱۳۶۹ در دوره‌های خشکسالی با حرکات خزشی و در دوره‌های ترسالی با حرکات لغزشی سریع همراه بوده است.

باتوجه‌به تدقیق موقعیت گسل کوشک و شناسایی گسلی دیگر به ترتیب در محدوده بالادست و پایین‌دست بافت مسکونی روستای علی‌آباد بر مبنای شواهد میدانی، تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات ژئوالکتریکی انجام شده و کاهش قابل‌توجه میزان آبدهی چشمه‌ها و قنات قدیمی روستا پس از رخداد زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار–منجیل که در منطقه برشی گسل‌های یادشده قرار دارند. به‌احتمال‌زیاد گسل‌های موجود در محدوده پیرامونی روستا براثر لرزش زمین حرکت‌های جزئی داشته‌اند که باعث انسداد و یا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

تنگی مجاری زه کشی دامنه در امتداد این گسل‌ها شده است. این موضوع باعث اشباع، افزایش فشار آب منفذی و ناپایداری دامنه شده است. راهکار عملی برای تثبیت ناپایداری دامنه روستای علی‌آباد احیای قنات قدیمی روستا و اجرای زهکش‌های عمقی عمود بر امتداد گسل کوشک و گسل پایین‌دست روستا (F2) است تا با تخلیه آب دامنه مانع از اشباع و ناپایداری آن شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از پژوهشکده سوانح طبیعی که امکان و شرایط بازدید از محدوده موردمطالعه را فراهم کردند، شورای روستای علی‌آباد که اطلاعات محلی و سنوات گذشته مربوط به زمین‌لغزش روستا را در اختیار اینجانب قرار دادند و همکاران پژوهشکده که در انجام این پژوهش مساعدت و همکاری نمودند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]

References

Berberian, M., Ghorashi, M., Arzhangravesh, B., Mohajer-Ashjai, A., 1993, Seismotectonic and Earthquake-Fault hazard investigations in the greater Qazvin region. Report No. 61 of the Iranian Geological and Mineral Exploration Organization. (In Persian)

Bois, T., Bouissou, S., Guglielmi, Y. (2008). deformation: a two-dimensional physical modelling of the La Clapière area (Southern French Alps). Earth & Planetary Science Letters 272, 709–719.

Carlini, M., Chelli, A., Francese, R., Giacomelli, S., Giorgi, M., Quagliarini, A., Carpena, A., Tellini, C., 2017. Landslides types controlled by tectonics-induced evolution of valley slopes (Northern Apennines, Italy). Landslides 4, 1–14.

Collettini, C., Niemeijer, A., Viti, C., Marone, C., 2009. Fault zone fabric and fault weakness. Nature 462, 907–910.

Cruden, D.M., 1991. A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology 43, 27–29.

Cui, S., Pei, X., Huang, R., 2018. Effects of geological and tectonic characteristics on the earthquake-triggered Daguangbao landslide, China. Landslides 15, 649–667.

Demir, G., 2019. GIS-based landslide susceptibility mapping for a part of the North Anatolian Fault Zone between Readiye and Koyulhisar (Turkey). Catena 183, 1–12.

Hemmati, F., Mokhtari, D., Roostaei, S., Zamani Qara Chamani, B., (2019), "Determining the sensitivity of occurrence of slope instabilities around Banarvan fault using logistic regression model", Journal of Geographical Space, 65: 151-169. (In Persian)

Qazvin geological map(1:100000), Geological Survey & Mineral Exploration of Iran. (In Persian)

Görüm, T., 2018. Tectonic, topographic and rock-type influences on large landslides at the northern margin of the Anatolian Plateau. Landslides 16, 333–346.

Li, T., Wang, S., 1992. Landslide Hazards and their Mitigation in China. Science Press, Beijing, 84 pp.

Margielewski,W., 2006. Structural control and types ofmovements of rockmass in anisotropic rocks: Case studies in the Polish Flysch Carpathians. Geomorphology 77, 47–68.

Nogole-sadat, M.A.A., 1993, Division of Iran's sedimentary-structural zones. (In Persian)

Owen, L.A., Kamp, U., Khattak, G.A., Harp, E.L., Keefer, D.K., Bauer, M.A., 2008. Landslides triggered by the 8 October 2005 Kashmir earthquake. Geomorphology 94, 1–9.

Rakei, B., Khamechian, M., Abdolmaleki, P., Giahchi, P., 2007, Application of Artificial Neural Network for Landslide Hazard Zonation, Case Study: Sefidar-Goleh Area in Semnan Province. Journal of Science of the University of Tehran, Volume 33 (2007), Number 1(57-64). (In Persian)

Rajabi, M., Faizullahpour, M., (۲۰۱۴). "Landslide zoning of Givi Chay river basin using multilayer perceptron model of feedstock after diffusion (Bp)", Geography and Development, 36: 161-180. (In Persian)

Schuster, R.L., Fleming, R.W., 1986. Economic losses and fatalities due to landslides. Bulletin of the Association of Engineering Geologists 23 (1), 11– 28.

Shahidi, A.R., Brunet, M. F., Barrier, E., Saeedi, A., 2011, Tectonic Evolution of the Alborz in Mesozoic and Cenozoic. Scientific Quarterly Journal (GSI), Vol. 21, N° 81: 201-216. (In Persian)

Sendir, H., Yilmaz, I., 2002. Structural, geomorphological and geomechanical aspects of the Koyulhisar landslides in the North Anatolian Fault Zone (Sivas, Turkey). Environ. Geol. 42, 52–60.

Zhang, Y., Meng, X., Jordan, C., Novellino, A., Dijkstra, T., Chen, G., 2018. Investigating slow-moving landslides in the Zhouqu region of China using InSAR time series. Landslides 15, 1299–1315.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.187.1]