

Prioritization of Earthquake Risk in Areas Affected by Sarpol-e-Zahab Earthquake Using ELECTERE Model

Fathollah Naderi¹, Samad Fotoohi^{2*}, Hossein Negaresh³, Marzieh Khalili⁴

1- PhD Student in Geomorphology, Environmental Management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

2- Associate Professor of Geomorphology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

3- Professor of Geomorphology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

4- Assistant Professor of Geology, University of Shiraz, Shiraz, Iran.

Received: 10 September 2021

Accepted: 27 November 2021

Extended Abstract

Introduction

The Sarpol-e-Zahab earthquake with a magnitude of 7.3 occurred at 21:48 local time on November 12, 2017 near the city of Ozgeleh-e-Sarpol-e-Zahab in Kermanshah province in northwestern Iran. The earthquake destroyed large parts of the city of Sarpol-e Zahab and many surrounding towns and villages. The magnitude of the earthquake was so great that it was felt up to hundreds of kilometers from the epicenter (even in Tehran). The region affected by the Sarpol-e Zahab earthquake is very prone to the occurrence of various geological and geotechnical instabilities such as landslides and rock falls. The reasons for this talent are the existence of young folds in the Zagros Mountains along with the operation of the faults that cut these mountains, which have caused severe fractures in the region. On the other hand, the sequence of hard and loose layers of geological formations has predisposed many of these areas to slip hard layers on the loose lower layers due to the loss of the heel of the slopes, due to river leaching and construction operations. Also, rich groundwater resources in the mountains of the region have increased the potential for slope instabilities. Another important aspect of earthquake research is the study of factors affecting earthquakes, such as the type of materials that make up the earth's bed, the impact of geological structures such as faults and fractures, and slopes are. Another aspect of research is to study the geological and geomorphological consequences of earthquakes such as Landslides, Rockslides, Landslides and Rises, etc. in order to manage the crisis and assess the damage caused by them. Therefore, the main issue in this study is the exposure of the study area to two main issues, namely the damage caused by the earthquake itself and the other effects, phenomena and geomorphological evidence that came after the main earthquake. Therefore, accurate identification of areas in terms of seismicity and potential for seismicity is necessary in order to manage and plan it. The main purpose of this study, taking into account the results of this research and also the characteristics affecting the occurrence of earthquake, in the study area, the ELECTERE technique has been used to prioritize different areas covered by the Sarpol-e-Zahab earthquake. Therefore, by using multi-criteria decision-making techniques, it is possible to consider various quantitative and qualitative criteria and use the results of expert opinions in weighting the criteria, in which case the final decision will be more consistent with the real conditions in nature

* . Corresponding Author (Email: samadfotohi@yahoo.com)

Copyright © 2021 Journal of Geography. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages provided the original work is properly cited.

Methodology

In order to monitor and study the geomorphological phenomena related to the Ozgeleh earthquake from the herd, visits were made in several stages of the affected areas. Also, some available documents and published reports and media sources were reviewed during this period. Due to the nature of the subject, the research method is citation, experimental and field observations and descriptive-analytical. The required data were collected in a library manner. Methods of data collection in this research include library study, collection of reports published by the Seismological Research Institute affiliated to the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, observations and field visits. According to the objectives of the study, the effective factors in geomorphological instabilities including lithological age, distance from the fault, slope, altitude, precipitation, distance from the river, distance from the road and land use were selected. To prepare geological age layers and distance from faults from geological maps prepared by the Geological Survey of Iran, from topographic map to prepare slope layers, distance from road, distance from river and altitude, to prepare climate map from statistics Precipitation of synoptic stations, for the preparation of soil layers and land use, the land use map prepared by the Forests and Rangelands Organization has been used. All 9 layers were prepared in GIS environment.

Results and discussion

In this study, geomorphological instabilities resulting from Ozgeleh earthquakes in Kermanshah and Ilam were analyzed using the multi-characteristic ELECTERE decision method. The region affected by this earthquake has a high potential for the occurrence of various movements and geomorphological and amplitude instabilities. The first step in this research is to identify various forms of instability such as landslides, rock falls and avalanches, currents, ruptures of hills and landslides that lead to road blockages, destruction of residential houses and ... In the second stage, the identification of various factors affecting the intensification of instabilities includes lithological age, distance from the fault, slope, altitude, precipitation, distance from the river, distance from the road and land use. Finally, the implementation of the area prioritization model is based on the ELECTERE model.

Conclusion

The results showed that among the factors affecting the occurrence of instabilities, geological age factors, distance from faults and slopes have the most impact and soil and land use factors have the least impact on creating instabilities in the region. Considering the prioritization of regions in terms of seismic potential that was extracted from the ELECTERE model, Sarpol-e-Zahab region with the highest seismic potential, which is located in the relative seismic hazard classification in the hazard class, has the first priority. The reason for the high seismic risk of this region is the geological structure of the region, its proximity to the main Zagros fault. Also, Dalahou and Javanroud regions are in the second priority by being in the high risk category. The main reason for its seismic potential is the geological structure and frequency of faults and its location on the Zagros fault. In order to validate the model used in the study area, instabilities including landslides, rock falls and avalanches, liquefaction, rupture of hills, flow and mud materials were adapted to each of the danger zones. The results of this adaptation showed that out of 38 known geomorphological instabilities in the region, 18 were in the very high risk category, 11 were in the high risk category, 6 were in the medium risk category and 3 were in the low risk category. have taken. The results of validation of geomorphological instabilities with the zoning map of relative earthquake risk and also compliance with study areas (7 areas) indicate the relatively good performance of the ELECTERE model in zoning and prioritization of areas in study areas. Using this method with similar areas can provide acceptable results.

Keywords: Prioritization, Earthquake, Sarpol-e Zahab, ELECTERE

اولویت بندی ریسک زمین لرزه در مناطق تحت تأثیر زلزله سرپل ذهاب با استفاده از مدل الکترو *

فتح الله نادری - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی مدیریت محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

صمد فتوحی^۱ - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

حسین نگارش - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

مرضیه خلیلی - استادیار زمین شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۹

چکیده

اولویت بندی ریسک و خطر زمین لرزه در مناطق مختلف یکی از راهکارهای مدیریت بحران در جهت مواجه شدن با پدیده زمین لرزه محسوب می شود. بر این اساس مناطق مختلف تحت پوشش زمین لرزه سرپل ذهاب از نظر ریسک زمین لرزه بر اساس مدل الکترو مورد اولویت بندی قرار گرفت. معیارهای مورد نظر جهت اولویت بندی شامل سن سنگ شناسی، فاصله از گسل، شیب، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و کاربری اراضی می باشد. وزن معیارها بر اساس مدل سلسله مراتبی به دست آمد. روش تجزیه و تحلیل داده ها هم به صورت کمی و به صورت ماتریس کارائی ارائه گردید. با تلفیق لایه ها در محیط GIS با استفاده از مدل الکترو نقشه پهنه بندی در ۵ طبقه خطر تهیه شد. با توجه به اولویت بندی مناطق از نظر پتانسیل زلزله خیزی مناطق آسیب دیده که از مدل الکترو استخراج گردید، منطقه سرپل ذهاب با بیشترین پتانسیل زلزله خیزی، اولویت اول را به خود اختصاص داده است. دلیل بالا بودن خطر زلزله خیزی این منطقه ساختار زمین شناسی منطقه، نزدیکی به گسل اصلی زاگرس است. همچنین، منطقه دالاهو و جوانرود مشترکاً در اولویت دوم جای گرفته اند. دلیل اصلی پتانسیل زلزله خیزی آن هم ساختار زمین شناسی و فراوانی گسل ها و قرار گرفتن روی گسل زاگرس رورانده است. به منظور صحت سنجی مدل مورد استفاده در منطقه اقدام به انطباق نقشه ناپایداری ها با هر یک از پهنه های خطر گردید. نتایج نشان داد که از بین ۳۸ مورد ناپایداری ژئومورفولوژیکی شناخته شده در منطقه تعداد ۱۸ مورد در طبقه خطر خیلی زیاد و تعداد ۱۱ مورد در طبقه خطر زیاد قرار گرفته اند که بیانگر کارائی نسبتاً خوب مدل الکترو در پهنه بندی و اولویت بندی نواحی به منظور مدیریت مخاطرات محیطی دارد.

واژگان کلیدی: اولویت بندی، زلزله، سرپل ذهاب، الکترو

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری آقای نادری به راهنمایی نویسنده دوم و سوم و مشاوره نویسنده چهارم در دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد
۱. نویسنده مسئول
Email: samadfotahi@yahoo.com

مقدمه

زمین لرزه سرپل ذهاب با بزرگای ۷/۳ در ساعت ۲۱:۴۸ به وقت محلی در ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۹۶ شمسی در نزدیکی شهر ازگله سرپل ذهاب در استان کرمانشاه واقع در شمال غرب ایران به وقوع پیوست. این زلزله منجر به تخریب بخش های وسیعی از شهر سرپل ذهاب و بسیاری از شهرها و روستاهای اطراف گردید. قدرت زلزله به قدری زیاد بود که تا صدها کیلومتر از کانون زلزله (حتی در تهران) لرزش های آن احساس شد. منطقه تحت تأثیر زلزله سرپل ذهاب بسیار مستعد وقوع انواع ناپایداری های زمین شناختی و ژئوتکنیکی از قبیل لغزش لایه های زمین و ریزش های سنگی است. دلایل این استعداد وجود چین خوردگی های جوان کوه های زاگرس همراه با عملکرد گسل های قطع کننده این کوه ها هستند که خردشدگی های شدیدی را در منطقه ایجاد کرده اند. از طرف دیگر توالی لایه های سخت و سست سازندهای زمین شناسی بسیاری از این مناطق را مستعد لغزش لایه های سخت بر روی لایه های سست پایینی در اثر از بین رفتن پاشنه دامنه ها، ناشی از زیرشویی رودخانه ها و عملیات عمرانی نموده است. همچنین، منابع غنی آب زیرزمینی در دامنه کوه های منطقه خود پتانسیل وقوع ناپایداری های دامنه ای را افزایش داده است. یکی دیگر از جنبه های مهم تحقیقاتی زلزله، بررسی عوامل مؤثر بر زلزله است که این عوامل مانند جنس مواد تشکیل دهنده بستر زمین، تأثیر ساختارهای زمین شناسی مانند گسل ها و شکستگی ها و شیب و ... می باشند. جنبه دیگر تحقیقات بررسی پیامدهای زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی زلزله مانند زمین لغزش ها، سقوط و ریزش سنگ ها، فرونشست زمین و بالآمدگی و ... به منظور مدیریت بحران و ارزیابی خسارات ناشی از آنها می باشد. بنابراین، مسأله اصلی در این تحقیق مواجهه شدن منطقه مطالعاتی با دو موضوع اساسی یعنی خسارات ناشی از خود زمین لرزه و دیگری آثار، پدیده ها و شواهد ژئومورفولوژیکی که پس از زلزله اصلی آمده اند، است. پس، شناسایی دقیق مناطق به لحاظ درجه و پتانسیل زلزله خیزی به منظور مدیریت و برنامه ریزی آن ضرورت پیدا می کند. مهمترین مطالعات در این زمینه می توان موارد ذیل اشاره نمود: قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۱)، اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۱)، فتوحی و همکاران (۱۳۹۲)، صفاری و همکاران (۱۳۹۲)، نصیری (۱۳۹۵)، صادقی و همکاران (۱۳۹۶)، پرتابیان و همکاران (۱۳۹۶)، اسدی و همکاران (۱۳۹۶)، محمدنژاد و همکاران (۱۳۹۸)، نگارش و خسروی (۲۰۰۸)، زی و همکاران (۲۰۱۸)، چن و همکاران (۲۰۱۸)، باتارا و همکاران (۲۰۱۸)، استیروس^۴ (۲۰۱۹) می توان اشاره نمود.

امروزه استفاده از فناوری سنجش از دور در مطالعات مربوط به مدیریت بحران حوادث طبیعی از جمله مطالعه و پیش بینی زلزله به عنوان یکی از مباحث مهم تحقیقاتی مطرح می باشد. محققان بسیاری با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تکنیک سنجش از دور، اقدام به مطالعه زلزله، شواهد و پیامدهای آن نمودند. به عنوان نمونه علوی پناه و همکاران (۱۳۸۶)، نقش سنجش از دور و بررسی های میدانی در تجزیه و تحلیل های مورفوتکتونیک زلزله بم، زانگ و همکاران (۲۰۱۸) توزیع و خصوصیات لرزه های زمین لغزش ناشی از زمین لرزه سال ۱۹۲۰ هایوان گدر شمال غربی چین را با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تحقیقات میدانی و زمانی و همکاران (۲۰۱۹ و ۲۰۲۰) با بهره گیری از تصاویر ماهواره ای و داده های ژئوفیزیکی و ... به بررسی زلزله سراوان سال ۲۰۱۳ در منطقه سیستان و بلوچستان پرداختند. از مهمترین تحقیقات صورت گرفته راجع به زمین لرزه ازگله سرپل ذهاب می توان به موارد ذیل اشاره نمود: زارع و همکاران (۲۰۱۷)، سلیمانی آزاد و همکاران (۲۰۱۷)، گزارش مقدماتی تحقیقات زمین

- 1 . Xie
- 2 . Chen
- 3 . Battarra
- 4 . Stiros
- 5 . Zhuang
- 6 . Haiyuan

شناسی زمین لرزه ازگله کرمانشاه را ارایه نمودند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که مطالعات اخیر نشانگر عمق جداشدگی ۱۸-۱۵ کیلومتری زیرزمین در این بخش از قلمرو زاگرس است. این کم و بیش با عمق کانونی زلزله اخیر همخوانی دارد. از این رو، ممکن است زمین لرزه با گسلش سطحی همراه نباشد. دینگ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر ماهواره ای رادار اقدام به بررسی تغییر شکل همزمان با زلزله ازگله نمودند. نتایج حاکی از جابه جایی عمودی ماکزیمم ۹/۷ سانتیمتری زمین در حین زلزله می باشد. چن و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی تحت عنوان زمین لرزه سرپل ذهاب وقوع یک فرود کم عمق، فشرده و پنهان در گسل جبهه کوهستان زاگرس به مطالعه پارامترهای همچون منشأ زلزله، روند پارگی و ویژگی های تکتونیکی فعال این رویداد، از داده های رادار تله سیسمیک و سنتیک استفاده نمودند. نشان دادند که با توجه به زمینه ساختار تکتونیکی از توزیع گسل های شناخته شده و لیتولوژی منطقه، حداکثر لغزش یا در کمترین پوشش رسوبی یا بالاترین سطح گسل جبهه کوهستان واقع شده است. تاونی و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی محدودیت های داده های سطحی و زیر سطحی، سطح مقطع، تعادل و ترمیم سیستم گسل لرزه زا در زمین لرزه ۷/۳ ریشتری سرپل ذهاب در مرز بین ایران و عراق را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس این تحقیق، حرکت اصلی این زمین لرزه در زیر زمین و در امتداد گسل جبهه کوهستان با زاویه کم قرار دارد. فنگ و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی محدودیت های ژئودزیکی زمین لرزه سرپل ذهاب و پیامدهای آن بر ساختار و مکانیک زاگرس شمال غربی را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از تداخل سنجی ALOS-2، Sentinel-1 و RADARSAT-2 استفاده نمودند. مدل گسل هم لرز نشان می دهد که گسل لرزه زا دارای ضربه 5 ± 351 درجه و شیب $5 \pm 14/5$ است. اکثر لغزش های هم لرز در یک منطقه باریک بین عمق از ۱۲ تا ۱۷ کیلومتر متمرکز شده است. گمبرت و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی با عنوان منبع تحریک آمیزه زلزله ۲۰۱۷، $MW=7/3$ ازگله ایران را انجام می دهند. در این تحقیق با استفاده از تکنیک تداخل سنجی رادار یک مدل لغزش جنبشی را معرفی می کنند و تکامل زمانی این لغزش هم لرز را نشان می دهند. پور محمد شاهوار و همکاران (۲۰۱۹)، نقشه های لرزش زمین در زمین لرزه سرپل ذهاب را تهیه کردند که این نقشه ها شدت، شتاب و سرعت وقوع زلزله به صورت دستگاهی - بدون بازدید از منطقه - را پس از رخداد تعیین می کنند و در اختیار دستگاه های مسئول مدیریت بحران و امدادسانی قرار می دهند. داده های مورد استفاده برای تولید این نقشه ها از ۱۱۳ ایستگاه ISMN در اطراف مرکز زلزله جمع آوری کردند. یانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز با استفاده از داده های ماهواره ای تغییرات همزمان با زلزله و تغییرات پس از زلزله ازگله را بررسی نمودند. در این تحقیق میزان جابه جایی زمین و همچنین، ویژگی های گسل مسبب زلزله بیان شده است. در زمینه مدل مورد استفاده یعنی الکره تحقیقات متعددی در زمینه های مختلف توسط محققین داخلی و خارجی صورت گرفته اما در موضوع مورد مطالعه تحقیقات محدود است. از مهمترین تحقیقات صورت گرفته توسط محققین راجع به مدل الکره می توان به موارد ذیل اشاره نمود: عطایی (۱۳۸۷)، خدابخشی و جعفری (۱۳۸۹)، فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۳)، شمعی و همکاران (۱۳۹۳)، ملاماسی و همکاران (۱۳۹۵)، سدید و همکاران (۱۳۹۶)، پرورش و همکاران (۱۳۹۷)، سیدمحمدی و همکاران (۱۳۹۷)، مددی و همکاران (۱۳۹۷)، حلییان و همکاران (۱۳۹۷)، انتظاری و جلیلیان (۱۳۹۸) و همچنین، تحقیقات یو و همکاران (۲۰۱۸) و وانگ و همکاران (۲۰۲۱)

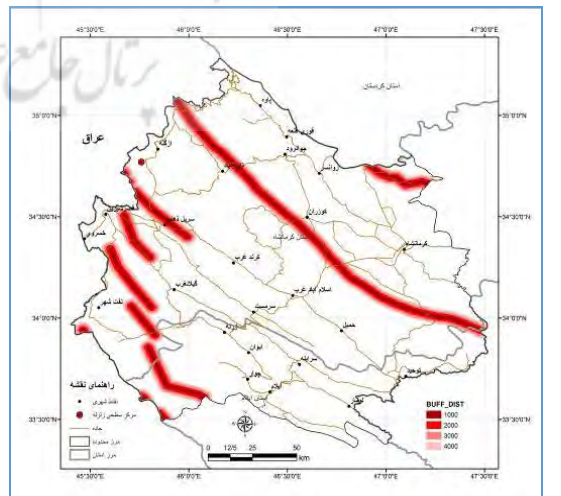
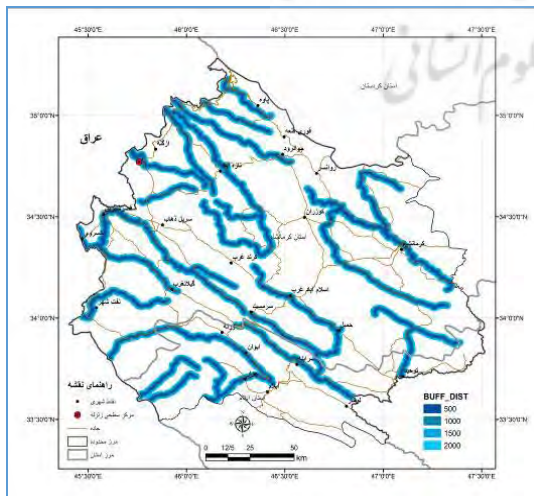
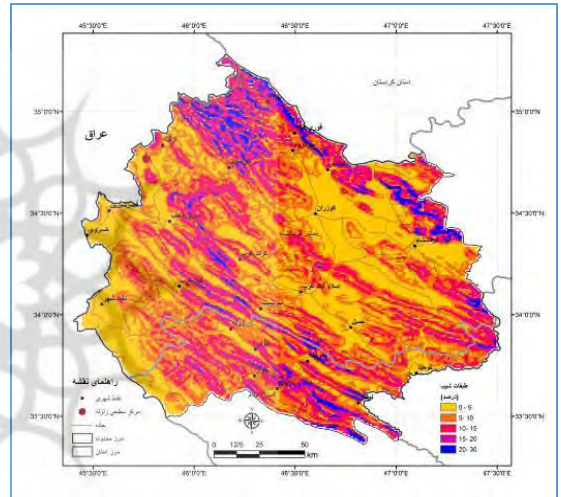
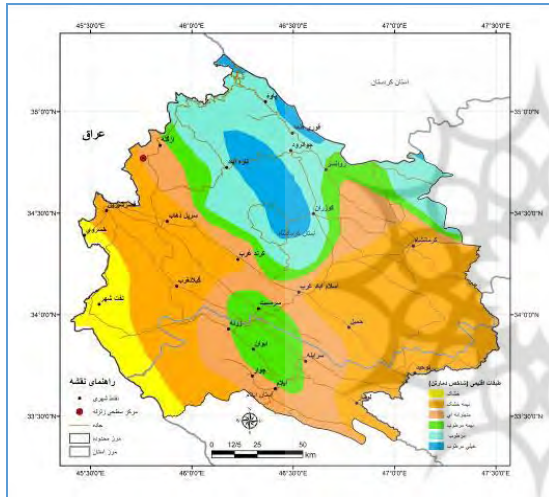
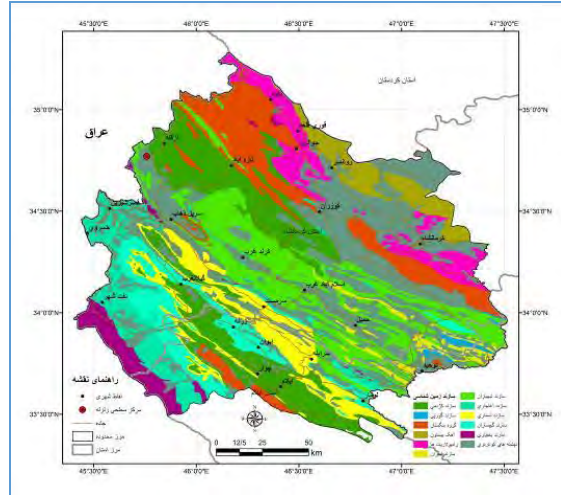
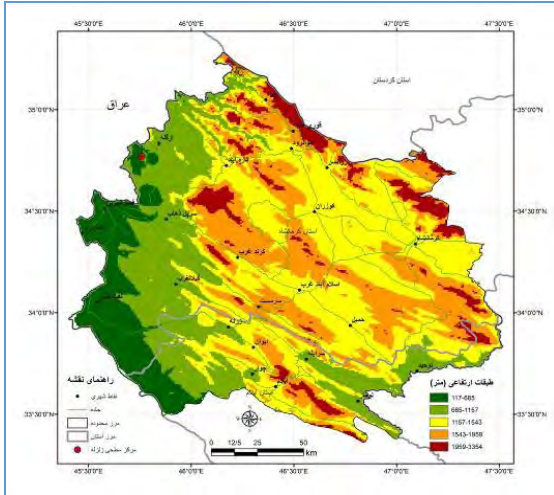
1. Ding
2. Chen
3. Tavani
4. Feng
5. Gombert
6. Yang
7. Yu
8. ong

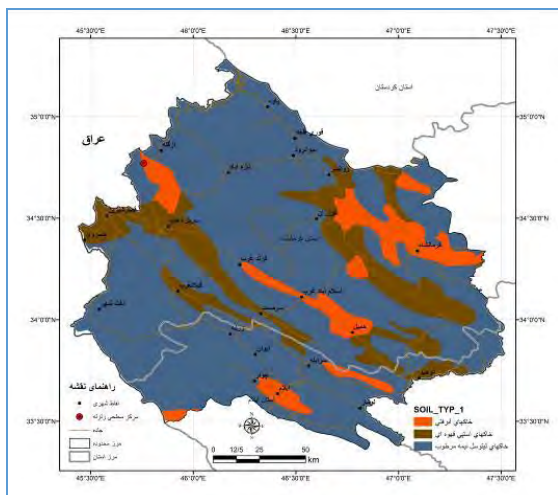
اشاره نمود. هدف اصلی از انجام این تحقیق، با در نظر گرفتن نتایج این تحقیقات صورت گرفته و همچنین، خصوصیات تأثیرگذار بر وقوع زلزله، در منطقه مورد مطالعه از تکنیک الکترو به منظور اولویت بندی مناطق مختلف تحت پوشش زلزله سرپل ذهاب استفاده شده است. لذا با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره، امکان در نظر گرفتن معیارهای متنوع کمی و کیفی و استفاده از برآیند نظرات کارشناسی در وزن دهی معیارها میسر می شود که در این حالت تصمیم گیری نهایی با شرایط واقعی موجود در طبیعت همخوانی بیشتری خواهد داشت.

روش پژوهش

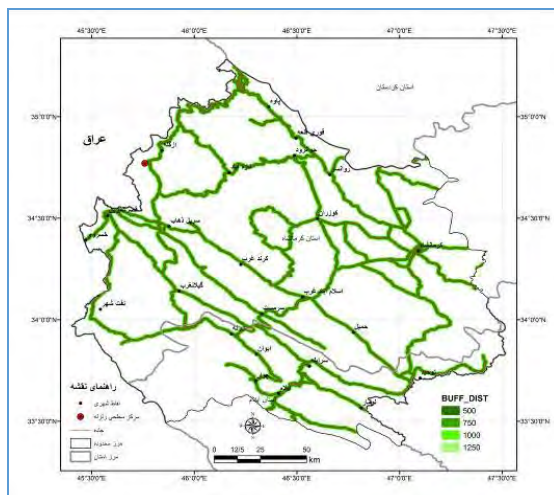
به منظور پایش و بررسی پدیده های ژئومورفولوژیکی مرتبط با زلزله از گله، بازدیدهایی در چندین مرحله از مناطق آسیب دیده انجام گرفت. همچنین، برخی مستندات موجود و گزارشات منتشر شده و منابع رسانه ای نیز در این بازه زمانی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ماهیت موضوع، روش تحقیق به صورت استنادی، تجربی و مشاهدات میدانی و توصیفی-تحلیلی است. داده های مورد نیاز به شیوه ی کتابخانه ای جمع آوری گردید. روش های گردآوری اطلاعات در این تحقیق شامل مطالعه کتابخانه ای، جمع آوری گزارش های منتشر شده توسط پژوهشکده زلزله شناسی وابسته به پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، مشاهدات و بازدیدهای میدانی می باشد. همچنین، گردآوری نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ و ۱:۵۰,۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۵) و نقشه های زمین شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵) شامل شیت های کامیاران، باینگان، قصرشیرین، کرمانشاه، اسلام آباد غرب، کرد، سرپل ذهاب، سرابله، پلنگ، ایلام و سومار می باشند. از مهمترین اطلاعاتی که از مرکز لرزه پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در این تحقیق مورد استفاده گردید شامل نقشه گسل های فعال در منطقه در مقیاس های مختلف، انواع نقشه های خطر زمین لرزه، گسل های فعال و همچنین، گزارشات اولیه راجع به زمین لرزه از گله که توسط کارشناسان پژوهشکده تهیه گردیده بود. از آنجا که مدل ارتفاعی رقومی (DEM) از ابزارهای مهم در مطالعه ناهمواری های سطح زمین است، استخراج این شاخص های ژئومورفولوژیکی با بهره گیری از مدل رقومی ارتفاعی با دقت 30 متر و با استفاده از امکانات موجود در نرم افزار Arc GIS 10.3 انجام گرفته است (بابلی مؤخر و نگهبان، ۱۴۰۰؛ ۱۰۶).

با توجه به اهداف تحقیق عوامل موثر در ناپایداری های ژئومورفولوژیکی شامل سن سنگ شناسی، فاصله از گسل، شیب، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و کاربری اراضی انتخاب شدند. برای تهیه لایه های سن زمین شناسی و فاصله از گسل از نقشه های زمین شناسی تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور، از نقشه توپوگرافی جهت تهیه لایه های شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و ارتفاع، برای تهیه نقشه اقلیم از آمار بارش ایستگاه های سینوپتیک، برای تهیه لایه های خاک و کاربری اراضی هم از نقشه کاربری اراضی تهیه شده توسط سازمان جنگل ها و مراتع کشور استفاده شده است. کلیه لایه ها ۹ گانه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شدند (اشکال ۱ تا ۹).

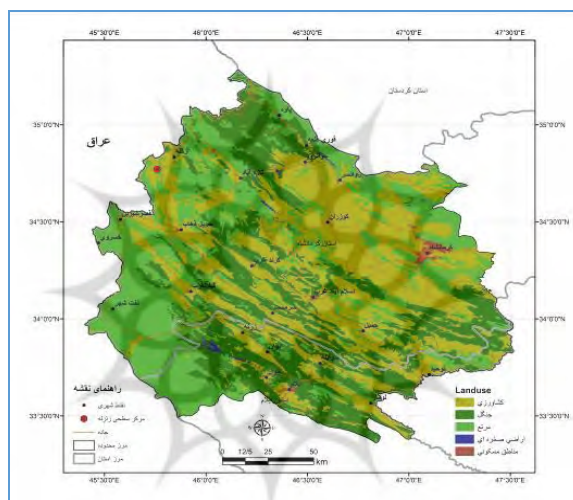




شکل شماره ۸. نقشه خاک



شکل شماره ۷. نقشه فاصله از جاده



شکل شماره ۹. نقشه کاربری اراضی

روش الکتیره (ELECTERE):

روش الکتیره یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه براساس تعدادی معیار است. در این روش کلیه گزینه‌ها با استفاده از مقایسه‌های غیر رتبه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته و به این ترتیب، گزینه‌های غیرموثر حذف می‌شوند. کلیه مراحل تکنیک الکتیره بر مبنای یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهماهنگ پایه ریزی می‌شود که به همین خاطر به «آنالیز هماهنگی» معروف است. الکتیره در لغت به معنی «حذف و انتخاب مطابق با واقعیت» است (Roy, 1991: 52). در این روش به جای رتبه‌بندی گزینه‌ها از مفهوم جدیدی معروف به مفهوم غیررتبه‌ای استفاده می‌شود. به طور مثال ممکن است از نظر ریاضی گزینه‌ای هیچ ارجحیتی به دیگر گزینه نداشته باشد، اما تصمیم‌گیرنده و تحلیل‌گر بهتر بودن آن گزینه به دیگری را بپذیرند. تکنیک الکتیره اولین بار توسط بنایون در سال ۱۹۶۶ معرفی شد و سپس در سال‌های بعد توسط افراد دیگری توسعه داده شد و نسخه‌های مختلفی از این روش شامل الکتیره ۱ و ۲ و ۳ و

1 . ELECTERE (Elimination et Choice in Translating to Reality)
 2 . benayoun

۴ ارائه شدند. کلیه مراحل این تکنیک بر اساس یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهمگام ایجاد می شود. به طور کلی وظیفه این روش رتبه بندی گزینه ها (آلترناتیوهای) پژوهش است (Roy, 1991: 58). این روش قادر به محاسبه وزن معیارها نیست بنابراین، باید با استفاده از روش های دیگر از جمله AHP و یا آنتروپی و یا روش های جدید وزن معیارها را محاسبه نمود و به عنوان ورودی به این روش داد.

مراحل اجرای روش الکتراه به شرح ذیل می باشد:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم گیری و تعیین وزن معیارها و نوع معیارها: ماتریس تصمیم روش الکتراه از نوع معیار-گزینه می باشد یعنی یک ماتریسی که معیارها در ستون و سطرها گزینهها را تشکیل می دهند.

گام دوم: نرمال سازی ماتریس تصمیم یا بی مقیاس سازی ماتریس: شاخص های کمی، مقیاس اندازه گیری مخصوص به خود را دارند که این کار مقایسه ی آنها با یکدیگر را غیرممکن می سازد. بنابراین، باید به روشی آنها را مستقل از واحد اندازه گیری کرد تا بتوان عمل مقایسه را انجام داد. با استفاده از نرم اقلیدسی مقادیر ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس می شوند (رابطه ۱).

$$N_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه: n_{ij} مقادیر نرمالایز شده و x_{ij} عملکرد گزینه i ام تحت معیار j ام و m تعداد گزینهها می باشد.

گام سوم: تشکیل ماتریس نرمال وزین: با استفاده از ماتریس اوزان شاخصها (W) ماتریس بی مقیاس وزین بدست می آید. در این گام ماتریس نرمال را در وزن معیارها ضرب می کنیم (رابطه ۲).

$$V = N * W \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه: V ماتریس بی مقیاس وزین و N ماتریس نرمالایز شده و W وزن معیارها می باشد

گام چهارم: تشکیل مجموعه معیارهای هماهنگ و ناهمگام: در این گام با توجه به ماهیت معیارها (مثبت یا منفی بودن) در مقایسه دو به دوی گزینه ها معیارهای هماهنگ و ناهمگام را تعیین می کنیم. با استفاده از عناصر ماتریس V مجموعه هماهنگی $C(k, l)$ که شامل معیارهایی می باشد که در آنها گزینه k بر گزینه l ترجیح داده می شود و مجموعه ناهمگامی $D(k, l)$ که شامل معیارهایی می باشد که در آنها گزینه l بر گزینه k ترجیح داده می شود با استفاده از روابط (۳ و ۴) بدست آورده می شود.

$$C(k, l) = \left[\begin{array}{l} j | v_{kj} \geq v_{lj} | j \in J^+ \\ j | v_{kj} < v_{lj} | j \in J^- \end{array} \right] \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$D(k, l) = \left[\begin{array}{l} j | v_{kj} < v_{lj} | j \in J^+ \\ j | v_{kj} \geq v_{lj} | j \in J^- \end{array} \right] \quad \text{رابطه (۴)}$$

جایی که J^+ شاخص های مثبت و J^- شاخص های منفی می باشد.

با استفاده از اطلاعات فوق ماتریس مربع $m * m$ هماهنگی (I) که عناصر آن از جمع اوزان شاخص هایی که به مجموعه هماهنگی تعلق دارند و ماتریس $m * m$ ناهمگامی (NI) که عناصر آن از (رابطه ۴) بدست می آید به صورت زیر تشکیل می شود (رابطه ۵ تا ۸).

$$I_{m \times m} = \begin{bmatrix} - & I_{12} & \dots & I_{10} \\ I_{21} & - & \dots & I_{20} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{m1} & I_{m2} & \dots & - \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$I_{kl} = \sum_{j \in C(k,l)} W_j \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$NI_{m \times m} = \begin{bmatrix} - & NI_{12} & \dots & NI_{10} \\ NI_{21} & - & \dots & NI_{20} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ NI_{m1} & nI_{m2} & \dots & - \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$NI_{kl} = \frac{\max_{j \in D(k,l)} |v_{kj} - v_{lj}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{lj}|} \quad \text{رابطه (۸)}$$

گام پنجم: تشکیل ماتریس هماهنگ موثر (F): برای ایجاد این ماتریس ابتدا یک مقدار آستانه تعیین کرده، سپس هر عنصر ماتریس I را که بزرگتر یا مساوی این مقدار آستانه بود در ماتریس F مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. یک روش عمومی برای تعیین این مقدار آستانه (\bar{I}) عبارت است از میانگین مقادیر ماتریس I. (روابط ۹ و ۱۰).

$$\bar{I} = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{I_{kl}}{m(m-1)} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$F_{kl} = \begin{cases} 0 & I_{kl} < \bar{I} \\ 1 & I_{kl} \geq \bar{I} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

گام ششم: تشکیل ماتریس ناهماهنگ موثر (G): برای این ماتریس نیز مقدار آستانه (\overline{NI}) مانند ماتریس F بدست می‌آید. تنها تفاوت در اینجا است که هر عنصر ماتریس NI که کوچکتر یا مساوی این مقدار آستانه بود در ماتریس G مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد (روابط ۱۱ و ۱۲).

$$\overline{NI} = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{NI_{kl}}{m(m-1)} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$G_{kl} = \begin{cases} 0 & NI_{kl} > \overline{NI} \\ 1 & NI_{kl} \leq \overline{NI} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

گام هفتم: تشکیل ماتریس جامع موثر (H): با ترکیب دو ماتریس هماهنگ موثر و ناهماهنگ موثر، ماتریس جامع موثر (H) که یک ماتریس بولی (صفر و یک) می‌باشد بدست می‌آید. عناصر این ماتریس به صورت رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود:

رابطه (۱۳)

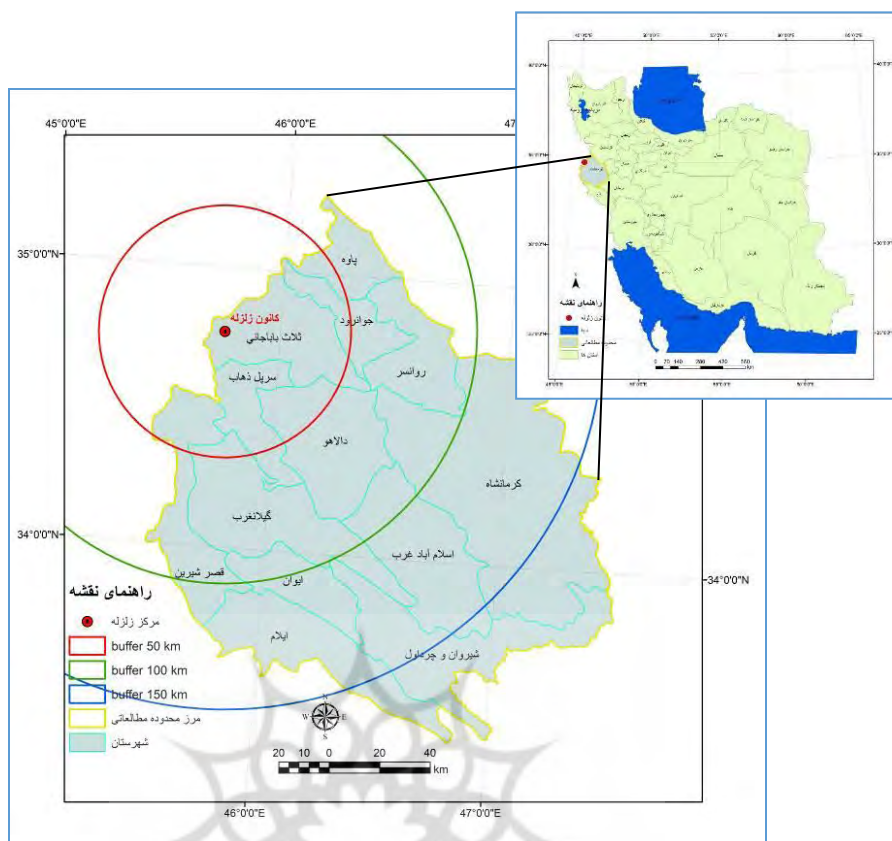
$$H_{kl} = F_{kl} * G_{kl}$$

ماتریس H نشان دهنده ترتیب ارجحیت‌های نسبی از گزینه‌هاست و ملاک رتبه‌بندی و گروه بندی گزینه‌ها می‌باشد. به منظور حذف گزینه‌های کم جاذبه می‌توان گزینه‌های موثر را از ماتریس H تشخیص داد. بدین طریق که هر ستونی از ماتریس H را که حداقل دارای یک عنصر برابر با یک باشد حذف نمود. زیرا آن ستون تحت تسلط ردیف یا ردیف‌هایی می‌باشد. به عبارت دیگر سطری که بسامد عدد یک در آن بیشتر باشد، بیانگر رتبه بالاتر آن گزینه می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در غرب کشور ایران و در محدوده دو استان کرمانشاه و ایلام (محدوده ای که بیشترین خسارات و گسترده ترین ناپایداری ها در آن اتفاق افتاده است) با وسعتی معادل با ۲۴۴۱۶ کیلومتر مربع قرار دارد (شکل ۱۰). زمین لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ از گله یکی از بزرگترین زمین لرزه های کشور محسوب می شود که بزرگای این زمین لرزه ۷/۳ درجه در مقیاس ریشتر بوده است. شبکه لرزه نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران با توجه به استفاده از ایستگاه های محلی بویژه قرائت های فاز سه ایستگاه واقع در کشور عراق کانون زمین لرزه را در مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه ۴۶ دقیقه و ۱۲ ثانیه عرض شمالی و ۴۵ درجه ۴۵ دقیقه و ۳۴ ثانیه طول شرقی گزارش کرد. بر اساس آخرین مکان یابی صورت گرفته، عمق کانون زمین لرزه حدود ۱۸ کیلومتر برآورد شده است. تلفات جانی این زلزله ۴۴۴ نفر کشته و بالغ بر ۷۰۰۰ نفر مجروح و بیشترین تلفات انسانی از شهر سرپل ذهاب و روستای کوئیک می باشد (Solaymani Azad et al., 2017). گسل های اصلی زاگرس در منطقه وقوع زمین لرزه عبارتند از: ۱- گسل زاگرس مرتفع (HZF)^۱ که این گسل کمر بند زاگرس روئانده در شمال شرق را از کمر بند زاگرس چین خورده در جنوب غرب جدا می سازد. ۲- گسل جبهه کوهستان (MFF)^۲ که کمر بند زاگرس چین خورده را از برونزدهای آهکی سازند آسماری در جنوب و جنوب غرب جدا می کند. این گسل یک گسل رانده کور یا به عبارتی گسلی که به سطوح زمین نمی رسد می باشد. علاوه بر این دو گسل، گسل معکوس اصلی زاگرس (MZRF)^۳ و گسل اصلی جوان زاگرس (MRF)^۴ نیز در منطقه وجود دارند (شکل ۲). با توجه به پردازش داده های رقومی ماهواره ای و شناسایی دقیق گسل ها منطقه زلزله زده، دو گسلی که مسبب زمین لرزه غرب کشور بودند شناسایی شدند. گسل اول (F1) که گسل از گله نامیده شده است، گسلی است با راستای تقریباً شمالی-جنوبی، به طول بیش از ۶ کیلومتر و از نوع راندگی با شیب کم به سمت شرق که مسبب اصلی این زلزله بوده است. در اثر جابجایی این گسل، گسل دوم (F2) در راستای شرقی-غربی و طول کمتر از ۴۵ کیلومتر دچار جابجایی شده است (صفایی، ۱۳۹۶). با توجه به موقعیت لرزه نگاری منطقه مورد مطالعه و بررسی زمین لرزه های تاریخی و وقوع ۲ زمین لرزه ۹۵۸ و ۱۱۵۰ میلادی با بزرگای تخمینی به ترتیب ۶/۴ و ۵/۹ در مجاورت شهر سرپل ذهاب گزارش شده اند که سابقه لرزه خیزی بالای این شهر را نشان می دهد. منطقه مورد مطالعه بر اساس مرز سیاسی (مرز شهرستان) انتخاب شده است. از آنجا که بعضی از پیامدهای ژئومورفولوژیکی ناشی از زلزله مانند گل روانه چوار و لغزش و فرونشست زمین در شهر سرابله ایلام در فاصله ی تقریباً ۱۳۵ تا ۱۴۵ کیلومتری از مرکز سطحی زلزله از گله واقع شده اند. بنابراین، معیار انتخاب محدوده ی مورد مطالعه، شهرستان هایی که پیامدهای ژئومورفولوژیکی زلزله در آنها نمود بیشتری پیدا کرده است.

- 1 . High Zagros Fault
- 2 . Mountain Front Fault
- 3 . Main Reverse Zagros Fault
- 4 . Main Reverse Fault



شکل شماره ۱۰. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

بحث و یافته‌ها

ایجاد ماتریس کارایی (تصمیم‌گیری)

برای اجرای مدل الکترونیک تهیه ماتریس کارایی یکی از مهم‌ترین مراحل ورودی اصلی این مدل است. در ماتریس کارایی معیارها در مقابل گزینه‌ها به صورت ماتریسی مقایسه می‌شوند. در ستون ماتریس نام گزینه‌ها (منطقه‌ها) و در سطرهای آن نام معیار نوشته شده است در اینجا ارزش کلیه معیارها به صورت کمی وارد مدل پیشنهادی شده است (جدول

۱).

جدول شماره ۱. ماتریس اولیه تصمیم گیری

مناطق (نواحی)	سن سنگ شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
کرمانشاه	۵/۲	۶/۱	۵/۲	۶/۴	۵/۰	۴/۶	۶/۶
اسلام آباد غرب	۸/۲	۶/۰	۷/۸	۸/۲	۶/۱	۵/۵	۶/۹
گیلانغرب	۷/۵	۷/۹	۶/۵	۷/۱	۶/۲	۴/۰	۵/۲
سرپل ذهاب	۴/۶	۶/۵	۴/۱	۴/۲	۵/۵	۵/۱	۴/۵
دالاهو	۵/۲	۸/۰	۷/۸	۷/۹	۴/۲	۴/۵	۵/۲
جوانرود	۷/۰	۸/۷	۵/۸	۶/۰	۳/۹	۸/۶	۶/۲
ایلام	۸/۰	۷/۵	۶/۸	۶/۹	۵/۸	۴/۰	۶/۱
وزن	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۳

تعیین مقادیر وزن معیارها

تاکنون امتیاز ارزیابی هر حوضه براساس هر شاخص بدست آمد. با توجه به سایر ورودی ها روش الکترونیک نیاز است، میزان اهمیت یا وزن هر یک از شاخص ها مشخص گردد. برای این کار از روش وزن دهی به روش آنتروپی استفاده شده است این روش بر این پایه استوار است که هرچه پراگندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. پس از تشکیل ماتریس کارایی محاسبه ماتریس بی مقیاس وزین و محاسبه پارامترهای هماهنگی و ناهماهنگی لازم است به دلیل پیچیدگی و حجم بالای محاسبات مورد نیاز، الگوریتم تکنیک مدل الکترونیک در نرم افزار اکسل برنامه نویسی شده و مقادیر هر مرحله بدست آمده اند.

نرمال سازی یا بی مقیاس سازی ماتریس

شاخص های کمی، مقیاس اندازه گیری مخصوص به خود را دارند که این کار مقایسه آنها با یکدیگر را غیرممکن می سازد. بنابراین باید به روشی آنها را، مستقل از واحد، اندازه گیری کرد تا بتوان عمل مقایسه را انجام داد. ماتریس بی مقیاس وزین در (جدول ۲) آورده شده است.

جدول شماره ۲. ماتریس وزین

مناطق (نواحی)	سن سنگ شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
کرمانشاه	۰/۷۸	۰/۶۷	۰/۷۸	۰/۶۴	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۶۲
اسلام آباد غرب	۰/۵۰	۰/۶۸	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۶۹
گیلانغرب	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۵۷	۰/۶۶	۱/۰۲	۰/۷۸
سرپل ذهاب	۰/۸۹	۰/۶۳	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۷۴	۰/۸۰	۰/۹۱
دالاهو	۰/۷۸	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۷۸
جوانرود	۰/۵۸	۰/۴۷	۰/۷۰	۰/۶۸	۱/۰۵	۰/۸۹	۰/۶۶
ایلام	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۷۰	۱/۰۲	۰/۶۷

جدول شماره ۴. ماتریس ناهماهنگی (D)

وزن معیار	۰/۲۳ سن سنگ شناسی	۰/۲۲ فاصله از گسل	۰/۱۵ شیب	۰/۱۵ ارتفاع	۰/۰۹ منابع آب رودخانه	۰/۰۷ فاصله از رودخانه	۰/۰۴ فاصله از جاده	۰/۰۳ کاربری اراضی	مجموع
D12	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۵۱
D13	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۹۳
D14	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۲۹	۱/۰۰
D15	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۰۲	۰/۱۷	۱/۰۰
D16	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۴	۱/۰۰
D17	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۰۵	۱/۰۰
D21	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۷	۱/۰۰
D23	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۰۹	۰/۸۰
D24	۰/۳۹	۰/۰۵	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۰۲۲/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۰۰
D25	۰/۲۹	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۹۹
D26	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۳۸	۰/۴۵	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۰
D27	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۹۷
D31	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۱۷	۱/۰۰
D32	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۰۹	۱/۰۰
D34	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۱۲	۱/۰۰
D35	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۰	۱/۰۰
D36	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۳۹	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۱/۰۰
D37	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰	۱/۰۰
D41	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۲۹	۰/۸۶
D42	۰/۳۹	۰/۰۵	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۴۵
D43	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۸۰
D45	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۸۳
D46	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۵۵	۰/۰۹	۰/۲۵	۱/۰۰
D47	۰/۳۸	۰/۰۸	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۰۴	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۹۵
D51	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۸۷
D52	۰/۲۹	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۵۵
D53	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۳۳
D54	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۱/۰۰
D56	۰/۲۰	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۸۹
D57	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۲۸
D61	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۴۵
D62	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۳۸	۰/۴۵	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۳۲
D63	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۳۹	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۱/۰۰
D64	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۵۵	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۵۶
D65	۰/۲۰	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۱۱۲
D67	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۱	۱/۰۰
D71	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۰۵	۱/۰۲
D72	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۰۲	۱/۰۰
D73	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۲۴
D74	۰/۳۸	۰/۰۸	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۰۴	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۱/۰۰
D75	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۹۸
D76	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۱	۱/۰۰

ماتریس هماهنگ موثر و ناهماهنگ موثر

در این مرحله باید درجه اعتبار رابطه غیر رتبه ای برای مقایسات زوجی گزینه ها از طریق ترکیب شاخص های مقادیر هماهنگی و ناهماهنگی محاسبه گردد. محاسبات مورد نظر از طریق رابطه گفته شده صورت گرفته و در نتیجه ماتریس F و G که بیان گر درجه اعتبار یک گزینه بر گزینه دیگر براساس جمیع شاخص هاست. (جدول (۵ و ۶)).

جدول شماره ۵. ماتریس هماهنگ موثر

مناطق (نواحی)	کرمانشاه	اسلام آباد غرب	گیلانغرب	سرپل ذهاب	دالاهو	جوانرود	ایلام
کرمانشاه	-	۱	۱	۰	۱	۰	۰
اسلام آباد غرب	۰	-	۰	۰	۰	۰	۰
گیلانغرب	۰	۱	-	۰	۰	۰	۱
سرپل ذهاب	۱	۱	۱	-	۱	۱	۱
دالاهو	۱	۱	۱	۰	-	۰	۱
جوانرود	۱	۱	۱	۰	۱	-	۱
ایلام	۰	۱	۰	۰	۰	۰	-

جدول شماره ۶. ماتریس ناهماهنگ موثر

مناطق (نواحی)	کرمانشاه	اسلام آباد غرب	گیلانغرب	سرپل ذهاب	دالاهو	جوانرود	ایلام
کرمانشاه	-	۱	۰	۰	۰	۰	۰
اسلام آباد غرب	۱	-	۰	۰	۰	۰	۰
گیلانغرب	۰	۰	-	۰	۰	۰	۰
سرپل ذهاب	۰	۱	۱	-	۱	۰	۰
دالاهو	۰	۱	۱	۰	-	۰	۱
جوانرود	۱	۱	۰	۱	۰	-	۰
ایلام	۰	۰	۱	۰	۰	۰	-

ماتریس نهایی

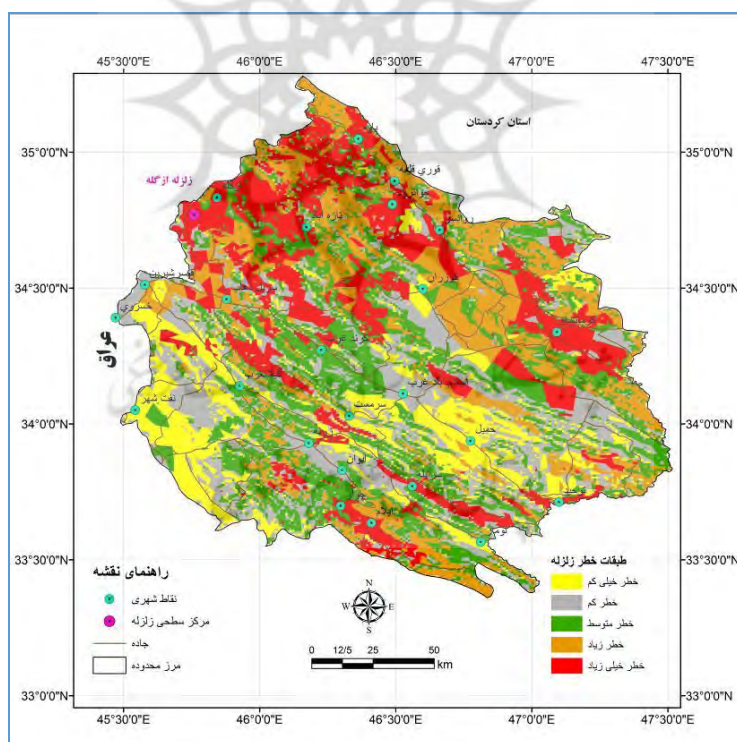
در گام بعدی باید نسبت به رتبه بندی گزینه ها و رتبه بندی نهایی آنها اقدام کرد. بدین منظور ابتدا ماتریس هماهنگ موثر را در ماتریس ناهماهنگ ناموثر ضرب کرد و ماتریس کلی را تشکیل داد. ماتریس کلی، نتیجه کلیه مراحل ذکر شده است. در این ماتریس، با توجه به جمع هر سطر جایگاه هر ناحیه را نسبت به نواحی دیگر از نظر اولویت آسیب پذیری رتبه بندی می شوند (جدول (۷)).

جدول شماره ۷. ماتریس نهایی

رتبه	جواب نهایی	باخت	برد	ایلام	جوانرود	دالاهو	سرپل ذهاب	گیلانغرب	اسلام آباد غرب	کرمانشاه	مناطق (نواحی)
۳	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	-	کرمانشاه
۶	-۴	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-	۰	اسلام آباد غرب
۵	-۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	-	۰	۰	گیلانغرب
۱	۳	۰	۳	۰	۰	۱	-	۱	۱	۰	سرپل ذهاب
۲	۲	۱	۳	۱	۰	-	۰	۱	۱	۰	دالاهو
۲	۲	۰	۲	۰	-	۰	۰	۰	۱	۱	جوانرود
۴	-۱	۱	۰	-	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ایلام

اولویت بندی مناطق (نواحی) آسیب دیده از نظر ریسک زمین لرزه

باتوجه به اولویت بندی مناطق از نظر پتانسیل زلزله خیزی مناطق آسیب دیده که از مدل الکترو استخراج گردید، منطقه سرپل ذهاب با بیشترین پتانسیل زلزله خیزی، اولویت اول را به خود اختصاص داده است. دلیل بالا بودن خطر زلزله خیزی این منطقه ساختار زمین شناسی منطقه، نزدیکی به گسل اصلی زاگرس است. همچنین، منطقه دالاهو و جوانرود مشترکاً در اولویت دوم جای گرفته اند. دلیل اصلی پتانسیل زلزله خیزی آن هم ساختار زمین شناسی و فراوانی گسل ها و قرار گرفتن روی گسل زاگرس رورانده است. منطقه کرمانشاه هم در اولویت سوم قرار گرفته است، (شکل ۱۱).



شکل شماره ۱۱. اولویت بندی مناطق (نواحی) از نظر پتانسیل زلزله خیزی بر اساس مدل الکترو

صحت سنجی مدل الکترو در منطقه مطالعاتی

به منظور صحت سنجی مدل مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه اقدام به تهیه نقشه انطباق ناپایداری ها شامل زمین لغزش، ریزش و بهمن های سنگی، روان گرائی، گسیختگی تاج تپه ها و جریان و مواد گلی با هر یک از پهنه های خطر

گردید. نتایج این انطباق نشان داد که از بین ۲۵ مورد ریزش و بهمن های سنگی ۱۱ مورد در طبقه خطر خیلی زیاد و ۶ مورد در طبقه خطر زیاد و ۵ مورد هم در طبقه خطر متوسط قرار دارند و همچنین، از ۸ مورد زمین لغزش شناسایی شده در منطقه مطالعاتی ۴ مورد در طبقه خطر خیلی زیاد، ۳ مورد در طبقه خطر زیاد و ۱ مورد در طبقه خطر متوسط قرار دارند. چنین انطباقی بیانگر کارایی نسبتاً بالای این روش در پهنه بندی ناپایداری های حاصل از زلزله است (جدول ۸). همچنین، به منظور اعتبار سنجی بیشتر به مدل الکترونیک در اولویت بندی نواحی در منطقه مطالعاتی اقدام به انطباق ناپایداری های ژئومورفولوژیکی با نواحی مختلف منطقه گردید. نتایج نشان داد که در ناحیه سرپل ذهاب ۱۳ مورد ریزش و بهمن های سنگی، ۶ مورد زمین لغزش، ۲ مورد گسیختگی تاج تپه ها و ۱ مورد زمین لغزش و مجموع با ۲۳ ناپایداری دارای بیشترین تعداد می باشد و بر اساس تجزیه و تحلیل استخراج شده از مدل الکترونیک در اولویت اول قرار گرفته است. ناحیه دالاهو هم با ۹ مورد ناپایداری در اولویت دوم قرار گرفته است (جدول ۹).

جدول شماره ۸. انطباق ناپایداری های ژئومورفولوژیکی با پهنه های خطر نسبی زلزله

نوع ناپایداری	ریزش و بهمن های سنگی	جریان مواد و گل	روانگرایی	زمین لغزش	گسیختگی تاج تپه ها	مجموع
خطر خیلی کم	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطر کم	۳	۰	۰	۰	۰	۳
خطر متوسط	۵	۰	۰	۱	۰	۶
خطر زیاد	۶	۰	۱	۳	۱	۱۱
خطر خیلی زیاد	۱۱	۱	۰	۴	۲	۱۸
مجموع	۲۵	۱	۱	۸	۳	۳۸

جدول شماره ۹. انطباق ناپایداری های ژئومورفولوژیکی با نواحی مختلف منطقه مطالعاتی

نوع ناپایداری	ریزش و بهمن های سنگی	جریان مواد و گل	روانگرایی	زمین لغزش	گسیختگی تاج تپه ها	مجموع
کرمانشاه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسلام آباد غرب	۲	۰	۰	۰	۰	۲
گیلانغرب	۳	۰	۰	۰	۰	۳
سرپل ذهاب	۱۳	۰	۱	۶	۲	۲۳
دالاهو	۷	۰	۰	۱	۱	۹
جوانرود	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایلام	۰	۱	۰	۱	۰	۲

نتیجه گیری

در این پژوهش ناپایداری های ژئومورفولوژیکی حاصل از زمین لرزه از گله در کرمانشاه و ایلام با استفاده از روش تصمیم گیری چند شاخصه الکترونیک مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. منطقه تحت تأثیر این زلزله استعداد بالایی جهت وقوع انواع حرکات و ناپایداری های ژئومورفولوژیکی و دامنه ای است. اولین قدم در این تحقیق، شناسایی اشکال مختلف ناپایداری ها از جمله زمین لغزش ها، ریزش ها و بهمن های سنگی، جریان ها، گسیختگی های تاج تپه ها و فرونشست زمین که

منجر به مسدود شدن راه ها، تخریب منازل مسکونی و ... بوده است، در مرحله دوم شناسایی عوامل مختلف و مؤثر در تشدید ناپایداری ها شامل سن سنگ شناسی، فاصله از گسل، شیب، ارتفاع، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و کاربری اراضی است. در نهایت اجرای مدل اولویت بندی نواحی بر اساس مدل الکترو می باشد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که از بین عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری ها، عوامل سن زمین شناسی، فاصله از گسل و شیب بیشترین تأثیر و عوامل خاک و کاربری اراضی کمترین تأثیر در ایجاد ناپایداری های منطقه را دارا هستند که با نتایج تحقیقات فتوحی و همکاران (۱۳۹۲)، که عوامل شیب و زمین شناسی را موثرترین عوامل در پهنه بندی ناپایداری ها ذکر کرده اند، مطابقت دارد. باتوجه به اولویت بندی مناطق از نظر پتانسیل زلزله خیزی که از مدل الکترو استخراج گردید، منطقه سرپل ذهاب با بیشترین پتانسیل زلزله خیزی که در طبقه بندی خطر نسبی زلزله در طبقه خطر خیلی زیاد واقع شده است، اولویت اول را به خود اختصاص داده است. دلیل بالا بودن خطر زلزله خیزی این منطقه ساختار زمین شناسی منطقه، نزدیکی به گسل اصلی زاگرس است که با نتایج تحقیقات انتظاری و جلیلیان (۱۳۹۸) همخوانی دارد. همچنین، منطقه دالاهو و جوانرود مشترکاً با قرار گرفتن در طبقه خطر زیاد در اولویت دوم جای گرفته اند. دلیل اصلی پتانسیل زلزله خیزی آن هم ساختار زمین شناسی و فراوانی گسل ها و قرار گرفتن روی گسل زاگرس رورانده است. به منظور صحت سنجی مدل مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه اقدام به انطباق ناپایداری ها شامل زمین لغزش، ریزش و بهمن های سنگی، روان گرائی، گسیختگی تاج تپه ها، جریان و مواد گلی با هر یک از پهنه های خطر گردید. نتایج این انطباق نشان داد که از بین ۳۸ مورد ناپایداری ژئومورفولوژیکی شناخته شده در منطقه تعداد ۱۸ مورد در طبقه خطر خیلی زیاد، تعداد ۱۱ مورد در طبقه خطر زیاد، تعداد ۶ مورد در طبقه خطر متوسط و تعداد ۳ مورد هم در طبقه خطر کم قرار گرفته اند. همچنین، به منظور اعتبار سنجی بیشتر به مدل الکترو در اولویت بندی نواحی در منطقه مطالعاتی اقدام به انطباق ناپایداری های ژئومورفولوژیکی با نواحی مختلف منطقه گردید. نتایج نشان داد که ناحیه سرپل ذهاب با ۲۳ مورد ناپایداری ژئومورفولوژیکی شناسایی شده در اولویت اول قرار گرفته است. ناحیه دالاهو هم با ۹ مورد ناپایداری در اولویت دوم قرار گرفته است. نتایج صحت سنجی ناپایداری های ژئومورفولوژیکی با نقشه پهنه بندی خطر نسبی زلزله و همچنین، انطباق با نواحی مطالعاتی (۷ ناحیه) بیانگر کارایی نسبتاً خوب مدل الکترو در پهنه بندی و اولویت بندی نواحی در مناطق مطالعاتی دارد. استفاده از این روش با نواحی مشابه می تواند نتایج قابل قبول ارائه نماید.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله که برگرفته از رساله دکتری می باشد، حامی مالی نداشته است.

منابع

- اسدی، سمانه؛ رحیمی، حبیب؛ رضایور، مهدی و امیری فرد، روح الله (۱۳۹۶) برآورد رابطه بزرگای زمین لرزه با استفاده از مدت دوام امواج کدا در پهنه زاگرس و جنوب غربی ایران مرکزی، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۳، شماره ۱، صص. ۲۲-۵.
- انتظاری، مژگان و جلیلیان، طاهره (۱۳۹۸) اولویت بندی حوضه های آبخیز از نظر ریسک خطر وقوع زمین لغزش در استان کرمانشاه براساس مدل تصمیم گیری چندمعیاره -ELECTRE1، نشریه هیدروژئومورفولوژی، دوره ۵، شماره ۱۸، صص. ۳۸-۱۹.

- (۳) بابلی مؤخر، حمید و نگهبان، سعید (۱۴۰۰) بررسی ویژگی های فرمی سطح زمین براساس شاخص های مورفومتری و با استفاده از GIS مطالعه موردی حوضه آبخیز فهلیان، جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۹، شماره ۶۸، صص. ۱۱۷-۱۰۲.
- (۴) پرتابیان، عبدالرضا؛ فتوحی، صمد و ریگی، حامد (۱۳۹۶) مقایسه کارایی پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل های ارزش اطلاعات و تراکم سطح در استان سیستان و بلوچستان، فصلنامه زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۷، شماره ۲۴، صص. ۱-۱۱.
- (۵) پرورش، الیاس؛ مهدوی، رسول؛ ملکیان، آرش؛ اسماعیل پور، یحیی و حلی ساز، ارشک (۱۳۹۷) اولویت بندی عوامل موثر بر پتانسیل سیل خیزی به کمک روش الکترون نوع ۳ و ضریب جریان سیلابی (مطالعه موردی زیر حوضه های آبخیز سرخون، بندرعباس)، نشریه خشک بوم، دوره ۸، شماره ۱، صص. ۸۷-۷۵.
- (۶) حلیبان، امیرحسین؛ عرب عامری، علیرضا و سلطانیان، محمود (۱۳۹۱) انتخاب بهترین مکان برای احداث سد خاکی با استفاده از روش ELECTRE (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شاهرود- بسطام)، نشریه جغرافیایی سرزمین، دوره ۹، شماره ۳۴، صص. ۱۳۷-۱۲۵.
- (۷) خدابخشی، بهناز و جعفری، حمیدرضا (۱۳۸۹) بررسی کاربرد مدل دسته بندی چند معیاره Electra-TRI در تعیین اهمیت آثار محیط زیستی (مطالعه موردی: ارزیابی آثار محیط زیستی طرح سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل)، نشریه پژوهش های محیط زیست، دوره ۱، شماره ۲، صص. ۴۲-۳۱.
- (۸) سدید، جواد؛ حیدریان، پیمان؛ عزیزی قلاتی، سارا؛ باعقیده، محمد و عبدالملکی، سپیده (۱۳۹۶) روش ترکیبی ELECTRE-FAHP برای ارزیابی تناسب اراضی با رویکرد مکان یابی دفن پسماند در شهر اهواز، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۸، شماره ۱، صص. ۱۱۲-۹۹.
- (۹) سیدمحمدی، جواد؛ جعفرزاده، علی اصغر، سردمیان، فریدون؛ شهبازی، فرزین و قربانی، محمدعلی (۱۳۹۷) کاربرد روش های ELECTRE TRI و پارامتریک در ارزیابی تناسب بخشی از اراضی دشت مغان برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی، نشریه دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)، دوره ۲۸، شماره ۲، صص. ۱۳۷-۱۲۱.
- (۱۰) صادقی، نوشین؛ بزی، خدارحم؛ خواجه شاهکوهی، علیرضا و رضایی، حامد (۱۳۹۶) تحلیل و برآورد آسیب پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر گرگان)، آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۷، شماره ۲۵، صص. ۸۸-۷۳.
- (۱۱) صفاری، امیر، حبیبی، علیرضا و غریب رضا، محمدرضا (۱۳۹۲) شاخص های مورفوتکتونیک و زمین لرزه (مطالعه موردی: مناطق پرخطر استان خوزستان)، دومین کنفرانس بین المللی مخاطرات محیطی، تهران، دانشگاه خوارزمی.
- (۱۲) صفایی، همایون (۱۳۹۶) ایران میزبان زلزله ای دیگر، نشست تحلیل و بررسی زلزله اخیر غرب کشور (کرمانشاه)، دانشکده علوم زمین، دانشگاه اصفهان، ۳۰ آبان.
- (۱۳) عطایی، محمد (۱۳۸۷) انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا- سیمان با استفاده از روش الکترون، نشریه بین المللی علوم مهندسی، دوره ۱۹، شماره ۹، صص. ۶۳-۵۵.
- (۱۴) علوه پناه، سیدکاظم و قربانی، محمدصدیق (۱۳۸۶) نقش سنجش از دور و بررسی های میدانی در تجزیه و تحلیل های مورفوتکتونیک (مطالعه موردی: زلزله بم)، پژوهش های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۶۰، صص. ۲۹-۱۵.
- (۱۵) فتوحی، صمد؛ علی نیا، هادی؛ فیروزی، فاطمه؛ بخشی پور، جواد و رخشانی، زینب (۱۳۹۲) مکان یابی مناطق مستعد نسبت به لغزش (مطالعه موردی: شمال نیشابور)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۲، شماره ۳، صص. ۷۵-۶۱.
- (۱۶) قهرودی تالی، منیژه، پورموسوی، موسی و خسروی، سمیه (۱۳۹۱) بررسی پتانسیل تخریب لرزه خیزی با بکارگیری مدل های چندشاخصه (مطالعه موردی: منطقه ۱ شهر تهران)، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۱، شماره ۳، صص. ۶۸-۵۷.
- (۱۷) محمدنژاد، محمد؛ گلی مختاری، لیلا و بهنیافر، ابوالفضل (۱۳۹۸) بررسی نقش توپوگرافی در بزرگسازای اثرات لرزه ای در محدوده شهر کلات نادری، جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۷، شماره ۶۳، صص. ۱۶۰-۱۴۳.
- (۱۸) مددی، عقیل؛ پیروزی، الناز؛ شکرزاده فرد، الهام (۱۳۹۷) زمین لغزش در پهنه بندی خطر حوضه ی آبخیز آق لاقان چای، با استفاده از مدل ELECTRE، نشریه فضای جغرافیایی، دوره ۱۸، شماره ۶۴، صص. ۱۹۹-۱۷۷.

- ۱۹) ملاماسی، سعید؛ ارجمندی، رضا؛ نزاکی، رویا و اله داد، زهرا (۱۳۹۵) استفاده از روش ELECTRE در ارزیابی ریسک زیست محیطی پروژه های سدسازی، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۸، شماره ۴، صص. ۷۲-۵۲.
- ۲۰) نصیری، علی (۱۳۹۵) پهنه بندی خطر زمین لرزه ی منطقه شهری ارومیه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۶، شماره ۴۰، صص. ۱۳۰-۱۱۳.
- 21) Alwa Panah, S. K. & Ghorbani, M. S. (2007) The Role of Remote Sensing and Field Surveys in Morphotectonic Analysis (Case Study: Bam Earthquake), *Geographical Research*, Vol.39, No.60, pp.15-29. [Persian].
- 22) Azadi, S., Rahimi, H., Rezapour, M. & Amirifard, R. (2017) Estimation of earthquake magnitudes using coda wave duration in Zagros zone and southwest in central Iran, *Journal of the Earth and Space Physics*, Vol.43, No.1, pp.5-22. [Persian].
- 23) Atai, M. (2008) Selecting a suitable location for the construction of alumina-cement plant using the Electr method, *International Journal of Engineering Sciences*, Vol.19, No.9, pp.55-63. [Persian].
- 24) Baboli Moakher, H. & Neghaban, S. (2021) Investigation of Fermi characteristics of land surface based on morphometric indices and using GIS Case study of Fahlian watershed, *Geography (Iranian Journal of Geographical Association)*, Vol.19, No.68, pp.102-117. [Persian].
- 25) Battarra, M., Balcik, B. & Xu, H. (2018) Disaster preparedness using risk-assessment methods from earthquake engineering. *European journal of operational research*, Vol.269, No.2, pp.423-435.
- 26) Chen, K., Xu, W., Mai, P. M., Gao, H., Zhang, L. & Ding, X. (2018) The 2017 Mw 7.3 Sarpol Zahāb Earthquake, Iran: A compact blind shallow-dipping thrust event in the mountain front fault basement. *Tectonophysics*, Vol.1, No.747, pp.108-114.
- 27) Ding, K., He, P., Wen, Y., Chen, Y., Wang, D., Li, S., & Wang, Q., (2018). The 2017 M w 7.3 Ezgeleh, Iran earthquake determined from InSAR measurements and teleseismic waveforms. *Geophysical Journal International*, Vol.3, No.215, pp.1728-1738.
- 28) Entezari, M., Jalilian, T. (2019) Prioritization of watersheds in terms of landslide risk in Kermanshah province based on the multi-criteria decision model ELECTRE1, *Hydro geomorphology*, Vol.5, No.18, pp. 19-38. [Persian].
- 29) Fotouhi, S., Alinia, H., Firoozi, F., Bakhshipour, J. & Rakhshani, Z. (2013) Location of landslide prone areas (Case study: North of Neishabour), *Journal of Natural Hazards*, Vol.2, No.3, pp. 61-75. [Persian].
- 30) Feng, W., Samsonov, S., Almeida., R., Yassaghi, A., Li., J., Qiu, Q., Peng Li, P. & Zheng. W. (2018) Geodetic Constraints of the 2017 M w7.3 Sarpol Zahab, Iran Earthquake, and Its Implications on the Structure and Mechanics of the Northwest Zagros, *Geophysical Research Letters*, Vol.45, No.14, pp.6751-7235.
- 31) Gombert, B., Duputel, Z., Shabani, E., Rivera, L., Jolivet, R. & Hollingsworth, J. (2019) Impulsive source of the 2017 Mw= 7.3 Ezgeleh, Iran, earthquake. *Geophysical research letters*, Vol. 46, No. 10, pp. 5207-5216.
- 32) Halebian, A. H., Arab Ameri, A. & Soltanian, M. (2012) Selecting the best place for the construction of an earthen dam using the ELECTRE method (Case study: Shahroud-Bastam watershed), *Geographical Journal of Sarzamin*, Vol.9, No.34, pp.125-137. [Persian].
- 33) Khodabakhshi, B. & Jafari, H. (2010) Application of Electra-TRI Multi-Criteria Classification Model in Determining the Importance of Environmental Impacts (Case Study: Evaluation of Environmental Impacts of Ardabil Dam and Irrigation-Drainage Network), *Journal of Environmental Research*, Vol.1, No.2, pp.31-42. [Persian]
- 34) Madadi, A., Pirozi, E. & Shokrzadeh Fard, E. (2018) Landslide in the risk zoning of Aq Laqan Chay watershed, using the ELECTRE model, *Journal of Geographical Space*, Vol.18, No.64, pp.177-199. [Persian].
- 35) Malmasi, S., Arjomandi, R., Nazakati, R. & Allah Dad, Z. (2016) Using ELECTRE method in environmental risk assessment of dam projects, *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol.18, No.4, pp.52-72. [Persian].

- 36) Mohammad Mhammanejad, M., Goli Mokhtari, L. & Behniafar, A. (2019) Investigating the role of topography in magnifying seismic effects in the city of Kalat Naderi, *Geography (Iranian Journal of Geographical Association)*, Vol.17, No.63, pp.143-160. [Persian].
- 37) Nasiri, A. (2016) Earthquake Hazard Zoning in Urmia Urban Area, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, Vol.16, No.40, pp.113-130. [Persian].
- 38) Negaresh, H., & Khosravi, M. (2008) The Bam Earthquake Analysis and Its Geomorphological Manifestations and Evidences. *The University of Isfahan Journal of Humanities*, Vol.30, No.2, pp.1-20.
- 39) Ong, M.C., Leong, Y.T., Wan, Y. K. & Chew, I. M. L. (2021) Multi-objective Optimization of Integrated Water System by FUCOM-VIKOR Approach. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, Vol.5, No.1, pp.43-62.
- 40) Partabian, A., Fotouhi, S. & Rigi, H. (2017) Comparison of landslide risk zoning efficiency using information value and surface density models in Sistan and Baluchestan province, *Quarterly Journal of Advanced Applied Geology*, Vol.7, No.24, pp.1-11. [Persian].
- 41) Parvaresh, E., Mahdavi, R., Malekian, A., Esmailipoor, Y. & Holisaz, A. (2018) Prioritizing of effective factors in flooding potential using ELECTRE III Method and Flood Flow Coefficient (Case study: Sarkhoon Subwatersheds of Bandarabbas), *Arid Biome Scientific and Research Journal*, Vol.8, No.1, pp.75-87. [Persian].
- 42) Qahroudi Tali, M, Pourmousavi, M. & Khosravi, S. (2012) Investigation of seismic degradation potential using multivariate models (Case study: District 1 of Tehran), *Quantitative Geomorphological Research*, Vol.1, No.3, pp.57-68. [Persian].
- 43) Pourmohammad Shahvar, M, Eshaghi, A, Farzannegan, E. & Mirzaei Alavijeh. H. (2019) Shakemaps of Sarpol-e Zahab Earthquake. *International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES)*, Tehran, Iran. [Persian].
- 44) Roy, B. (1991) The outranking approach and the foundation of ELECTRE Methods, *Theory and Decision*, Vol.31, No.1, pp.49-73.
- 45) Sadeghi, N., Bezi, Kh., Khajeh Shahkoohi, A. & Rezaei, H. (2017) Analysis and Estimation of Vulnerability of Urban Housing to Earthquake (Case Study: Gorgan City), *Spatial Planning*, Vol.7, No.25, pp.73-88. [Persian].
- 46) Sadidi, J., Heydarian, P., Azizi Qalati, S., Baaqida, M. & Abdul Maliki, S. (2017) ELECTRE-FAHP combined method to evaluate land suitability with waste disposal location approach in Ahvaz, *Journal of Geography and Environmental Planning*, Vol.28, No.1, pp.99-112. [Persian].
- 47) Safaei, H. (2017) Iran hosts another earthquake, recent earthquake analysis and survey meeting in the west of the country (Kermanshah), *Faculty of Earth Sciences, University of Isfahan*, 30 November. [Persian].
- 48) Saffari, A., Habibi, A. & Gharib Reza, M. R. (2013) Morph tectonic and seismic indices (Case study: High risk areas of Khuzestan province), *2nd International Conference on Environmental Hazards*, Tehran, Kharazmi University. [Persian].
- 49) Sayedmohamadi, J., Jafarzadeh, A., Sarmadian, F., Shahbazi, F. & Ghorbani, M. A. (2018) Application of ELECTRE TRI and parametric methods in assessing the suitability of part of Moghan plain lands for corn cultivation under sprinkler irrigation, *Journal of Soil and Water Science (Agricultural Science)*, Vol.28, No.2, pp.121-137. [Persian].
- 50) Solaymani, A, Saboor, S, Moradi, A, Ajhdari, A, Youssefi., T, Mashal, M. & Roustaie, M. (2017) Preliminary report on geological investigations of the Ezgaleh-Kermanshah earthquake (M~7.3), 12, West Iran, Website report of the Geological Survey of Iran.
- 51) Stiros, S. C. (2019) Intensities of ancient earthquakes, earthquake magnitude and soil dynamics effects. Evidence from the 1750 Croatia earthquake. *Geodesy and Geodynamics*, Vol.10, No.4, pp.339-345.
- 52) Tavani, S., Parente, M., Puzone, F., Corradetti, A., Gharabeigli, G., Valinejad, M., ... & Mazzoli, S. (2018) The seismogenic fault system of the 2017 M w 7.3 Iran-Iraq earthquake: constraints from surface and subsurface data, cross-section balancing, and restoration. *Solid Earth*, Vol.9, No.3, pp.821-831.

- 53) Xie, J., Wang, M., Liu, K. & Coulthard, T. J. (2018) Modeling sediment movement and channel response to rainfall variability after a major earthquake. *Geomorphology*, Vol.1, No.320, pp.18-32.
- 54) Yang, C., Han, B., Zhao, C., Du, J., Zhang, D. & Zhu, S. (2019) Co-and post-seismic deformation mechanisms of the MW 7.3 Iran earthquake (2017) revealed by sentinel-1 InSAR observations. *Remote Sensing*, Vol.11, No.4, pp.418.
- 55) Yu, X., Lu, Y. & Cai, M. (2018) Evaluating agro-meteorological disaster of China based on differential evolution algorithm and VIKOR. *Natural Hazards*, Vol.94, No.2, pp.671-687.
- 56) Zamani, A., Sami, A. & Khalili, M. (2012). Multivariate rule-based seismicity map of Iran: a data-driven modeling. *Bull. Earthq. Eng.* Vol.10, No.6, pp.1667-1683.
- 57) Zamani, A., Khalili, M. & A. Gerami. (2011) Computer-based self-organized zoning revisited: scientific criterion for determining the optimum number of zones. *Tectonophysics*, Vol.510, No.1, pp.207-216.
- 58) Zare, M., Kamranzad, F., Parcharidis, I. & Tsironi, V. (2017) Preliminary report of Mw7. 3 Sarpol-e Zahab, Iran earthquake on November 12. EMSC report, 1.
- 59) Zhuang, J., Peng, J., Xu, C., Li, Z., Densmore, A., Milledge, D., ... & Cui, Y. (2018) Distribution and characteristics of loess landslides triggered by the 1920 Haiyuan Earthquake, Northwest of China. *Geomorphology*, Vol.314, No.1, pp.1-12.

