دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۵
پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۲۷۲-۲۵۷

**منیژه قهرودی تالی**[۱]
**آیلا قلی زاده**[۲]

# پتانسیل حرکات دامنه‌ای در حوضه رودخانه زنگمار (شهر ماکو)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰٤/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۳/۱۹

## چکیده

حرکات توده‌ای از جمله فرآیندهایی است که سبب تحول ژئومورفولوژیکی دامنه‌های تند و سنگی می‌شود و در موقع بروز به دلیل ناگهانی بودن حادثه مسدود شدن دره‌ها، آبراهه‌ها، جاده‌ها و تخریب مناطق کوهستانی را به همراه دارد. حوضه رودخانه زنگمار واقع در شهرستان ماکو که دارای مناطق مسکونی از جمله شهر ماکو می‌باشد و از مناطق مستعد برای حرکات توده‌ای از جمله زمین‌لغزش، ریزش، جریان‌های واریزه‌ای و روانه‌های گلی می‌باشد. این پژوهش با هدف شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات توده‌ای در این حوضه انجام شده است. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰، داده‌های اقلیمی و مشاهدات میدانی می‌باشد. روش انجام پژوهش شامل برداشت‌های میدانی و تعریف متغیرهای موثر در وقوع حرکات توده‌ای براساس نمونه‌های موجود می‌باشد. برای ارزش‌گذاری متغیرها از درجه عضویت مدل فازی استفاده شد و سپس براساس تابع گوسین فازی عضویت‌ها به توزیع نرمال تبدیل شد. سپس براساس ارتباط متقابل بین عوامل مداخله‌گر، توابع مناسب برای ترکیب عوامل انتخاب گردید. نتایج به‌دست آمده از تعیین عضویت سطوح مختلف متغیرها نشان داد که با افزایش ارتفاع و شیب، احتمال وقوع حرکات توده‌ای افزایش می‌یابد و حرکات

۱- استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی. E-mail: M-ghahroudi@sbu.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

توده‌ای بیش‌تر در نزدیکی گسل‌ها، در واحد کوهستان و در سنگ‌های سخت یکپارچه اتفاق می‌افتد. همچنین از انطباق ۸۳ درصد از نمونه‌های برداشت‌شده با سطوح خطر زیاد و خیلی‌زیاد، می‌توان نتیجه گرفت که رخداد فرآیند حرکات توده‌ای می‌تواند، توابع انتخابی در نحوه ترکیب عوامل را توجیه نماید.

**کلید واژه‌ها:** حرکات دامنه‌ای، شهر ماکو، مدل فازی، حوضه زنگمار.

**مقدمه**

حرکات توده‌ای در کشورهای کوهستانی در حال توسعه یک تهدید جدی محسوب می‌شود، زیرا در این کشورها شرایط فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی، آسیب‌پذیری در مقابل مخاطرات طبیعی را افزایش می‌دهد. هنگامی که یک حادثه طبیعی رخ می‌دهد، کشورهای فوق هزینه زیادی را برای نجات انسان‌ها، از دست دادن حاصل‌خیزی خاک و منابع طبیعی، دارایی‌های ملی و خصوصی و زیرساخت‌های کشور متحمل می‌شوند. ایران کشوری است که شرایط ناهمواری، اقلیمی و زمین‌شناسی آن را مستعد ایجاد حرکات توده‌ای نموده است. از طرفی وقوع زلزله‌های متعدد و دخالت‌های کنترل نشده انسان سبب شده است که ریسک وقوع آن به‌عنوان یک پدیده غیرقابل پیش‌بینی در محافل علمی و مجامع عمومی ایران مطرح باشد.

منطقه ماکو یکی از مناطق مستعد برای وقوع حرکات توده‌ای از جمله ریزش محسوب می‌شود. این پدیده شهرها و روستاها را تهدید می‌کند و وقوع آن موجب خسارات مالی و تلفات جانی بسیار می‌گردد. حادثه لغزش بزرگ در روستای پره خود یک شهرستان ماکو در ۱۹ اردیبهشت ۱۳٤۷ موجب خسارات فراوان گردید. ریزش‌های متعدد اردیبهشت ۱۳۸۸ شاهدی بر پتانسیل وقوع این پدیده می‌باشد (شکل ۱). وارنز معتقد است، از زمانی که شبکه‌های ارتباطی در نواحی کوهستانی احداث شده‌اند، پدیده حرکت‌های توده‌ای مواد دامنه‌ای، بیش‌تر اتفاق می‌افتد (به نقل از لارسن وپاکز[3]، ۱۳۸۱: ۸۳۵)؛ بنابراین توسعه روزافزون راه‌های ارتباطی از کناره‌های دامنه‌های حساس، کشت در دامنه‌ها بدون رعایت قوانین اصول کشت در مناطق شیب‌دار و عدم توجه به ثبات و تعادل دامنه‌ها سبب شده است که دامنه‌های مناطق کوهستانی در ایران به شدت ناپایدار شوند؛ بنابراین رشد سریع جمعیت و گسترش شهرها در نواحی کوهستانی ضرورت پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای را آشکار می‌سازد. پهنه‌بندی حرکات توده‌ای یکی از روش‌هایی است که به کمک آن مناطق بحرانی به لحاظ پایداری‌شیب را می‌توان مشخص کرد و از نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده در برنامه‌ریزی توسعه پایدار استفاده کرد (کرم، ۱۳۸۰: ۲۵).

3- Larsen & Pakz

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

این پژوهش با هدف تعیین پهنه‌های مستعد وقوع حرکات توده‌ای در حوضه رودخانه زنگمار با استفاده از مشاهدات میدانی و روش‌های کمی انجام شده است.

در زمینه استفاده از تکنیک‌های کامپیوتری برای پهنه‌بندی حرکات توده‌ای سال‌هاست که محققان فعالیت می‌نمایند از جمله این محققان کارارا[۴] و همکاران (۱۹۹۵)، کلمبو[۵] و همکاران در سال ۲۰۰۵، گوزتی و تونلی[۶] در سال ۲۰۰٤، گرینون[۷] و همکاران در سال ۲۰۰٤ و فاج فار[۸] و همکاران در سال ۲۰۰۵ را می‌توان نام برد. از جمله تحقیقات، در زمینه مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای با استفاده از GIS توسط کریشنان[۹] در سال ۱۹۹۹ صورت گرفته که در این تحقیق به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش درنیلگیری[۱۰] و مناطق کوهستانی با استفاده از مدل‌های سه‌بعدی و نقشه‌های پایه شامل نقشه شیب، خاک، کاربری اراضی را تحلیل نمود و به این نتیجه رسید که GIS و RS[۱۱] در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش توانمند است.

لان[۱۲] و همکاران در سال ۲۰۰٤ به تحلیل فضایی خطر زمین‌لغزش و پیش‌بینی این پدیده در حوضه آبخیز اکسید اوجیانگ[۱۳] (این حوضه به موزه زمین‌لغزش در چین مشهور است) پرداختند پارامترهای موثر در وقوع زمین‌لغزش در این حوضه زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، شیب، ارتفاع و فاصله از گسل بود. آن‌ها پایگاه داده مکانی از پارامترهای موثر در وقوع زمین‌لغزش در محیط GIS طراحی کردند و سپس بین زمین‌لغزش‌هایی و پارامترهای موثر در وقوع آن رابطه کمی برقرار کردند و نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه را تهیه نمودند.

کومک[۱٤] (۲۰۰۵) به مطالعه زمین‌لغزش در پریال پاین اسلوونی‌با استفاده از مدل فرایند سلسله مراتبی و آمار چند متغیره به کمک نقشه کاربری اراضی و داده‌های پوشش گیاهی و تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی با قدرت تفکیک‌پذیری بالا پرداخت و به این نتیجه رسید که شیب، سنگ‌شناسی، ناهمواری زمین و نوع پوشش نقش مهمی در زمین‌لغزش دارد.

4- Carara
5- Colombo and Lanterni
6- Guzzetti and Tonelli
7- Grignon
8- Fajfar
9- Krishnan
10- Nilgiri
11- Remote sensing
12- Lan
13- Xiaojiang
14- Komac

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

لی[15] (۲۰۰۷) نواحی مستعد زمین‌لغزش را در غرب تایوان بر اساس تکنیک‌های شبکه‌های عصبی و فازی مورد بررسی قرار و از یک شبکه BPNN جهت آموزش داده‌ها استفاده گردید که در نهایت نقشه طبقه‌بندی فازی نواحی مستعد زمین‌لغزش تهیه شده است.

مورات و کاندن[16] (۲۰۰۳) در پژوهشی تحت عنوان استفاده از روابط فازی جهت تولید نقشه‌های پتانسیل زمین‌لغزش در غرب دریای سیاه (ترکیه) به این نتیجه رسیدند که به دلیل پیچیده بودن پدیده زمین‌لغزش و دخالت عوامل متعدد در رخداد آن به کار بردن روابط فازی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از سایر روش‌ها بهتر و به واقعیت نزدیک‌تر است.

سابویا[17] و همکاران (۲۰۰۶) برای ارزیابی ناپایداری دامنه‌ها در ریودوژانیرو برزیل از مدل منطق فازی استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که چون در این مدل کارشناس می‌تواند بین صفر تا یک عوامل مختلف را وزن‌دهی نماید بنابراین نتایج بهتری را نسبت به سایر مدل‌ها به‌دست می‌آورد.

قهرودی تالی (۱۳۸۰-۱۳۸۹) با استفاده از مدل فازی و لاجستیک داده‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی، متغیرهای موثر در مخاطرات ژئومورفولوژیکی به تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در حوضه رود کرج و حوضه نوژیان پرداخته و به این نتیجه رسید که مدل فازی نگرش درستی از توزیع فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی دارد.

کرم (۱۳۸۰) مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده در حوضه آبخیز سر خون به تفصیل به بررسی حرکات توده‌ای در حوضه‌ابخیز سر خون پرداخته و در پایان با انجام چند مدل و ارائه نتایج آن حوضه مورد نظر را در دو پهنه با خطر بالا و کم تعیین نمود. غیومیان وهمکاران با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند مشخصه فازی، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در منطقه رودبار گیلان انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که به‌کارگیری ریاضیات و منطق فازی در ارزیابی خطر زمین‌لغزش به دلیل طبیعت و ماهیت این پدیده و داده‌های مورد استفاده در ارزیابی آن ابزار سودمندی برای ارزیابی خطر زمین‌لغزش به‌شمار می‌رود. خضری و همکاران به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در بخش مرکزی حوضه زاب به روش آنبالاگان پرداخته و نقشه پهنه‌بندی را در منطقه مورد مطالعه تهیه کرده است. در شهرماکو نیز بلادپس (۱۳۸٤) به تهیه خطر زمین‌لغزش در منطقه ماکو (ماکو – دشت بازرگان) به روش آنبالاگان پرداخته و به این نتیجه رسیده که دامنه‌های‌شمالی چرکین داغ مشرف به دشت بازرگان بالاترین خطر لغزش را به خود اختصاص داده است. در این پژوهش با توجه به مشاهدات میدانی از

15- Lee
16- Murat & Candan
17- Sabuya

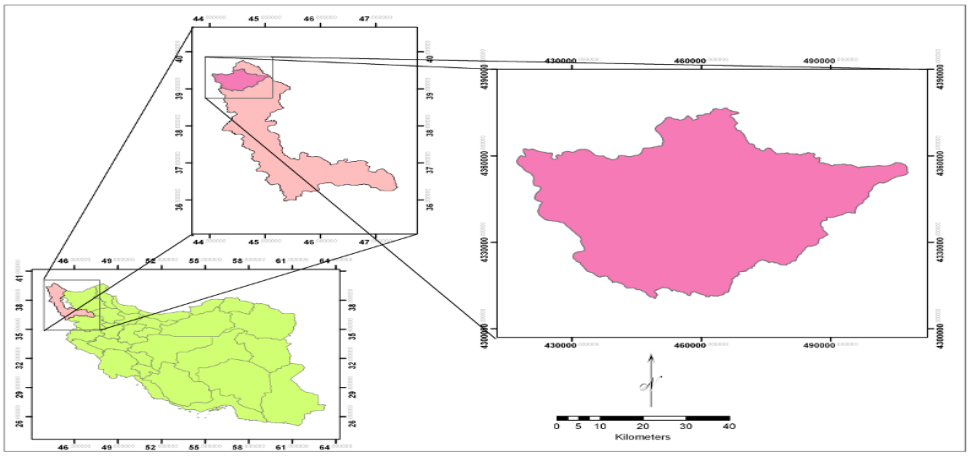
[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

حرکات توده‌ای، به تعیین پهنه‌های مستعد وقوع حرکات توده‌ای پرداخته است. (شکل ۱) وقوع این پدیده را در اردیبهشت سال ۱۳۸۸ نشان می‌دهد.



**شکل ۱: شواهد حرکات دامنه‌ای در حوضه زنگمار (از راست به چپ: سه راه روستای هندوار، زنگمار بالاتر از اداره زندان)**

از نظر زمین‌شناسی در این منطقه گسترش سازندها ازپرکامبرین تا عهد حاضر بوده است. رخنمون‌های پره‌کامبرین با گسترش وسیعی در غرب دشت زنگنه و قسمت شمالی آن دیده می‌شود. این منطقه در دوره ترشیاری در نتیجه فشارهای وارده بر قفقاز و آسیای صغیر شکل گرفته و بخش وسیعی از منطقه را گدازه‌های بازالتی وآندزیتی پوشانده است که از فعالیت آتشفشانی آرارات نشات گرفته است. از لحاظ تقسیم‌بندی زمین‌شناسی جزو زون البرز–آذربایجان محسوب می‌شود که در قسمت غربی و در مرکز ترکیه به زون باریک و کم‌عرض آمیزه رنگین منتهی می‌شود. از نظر نوع سنگ ترکیبی متنوع از سنگ‌های رسوبی و آذرین در منطقه مشاهده می‌شود. شهرستان ماکو دارای ارتفاعات متعدد در قسمت‌های جنوبی، غرب و شمال‌غربی می‌باشد و حداکثر برجستگی حوضه در اشنگل داغی و حداقل آن در پلدشت می‌باشد.




**شکل ۲: موقعیت منطقه مورد مطالعه**

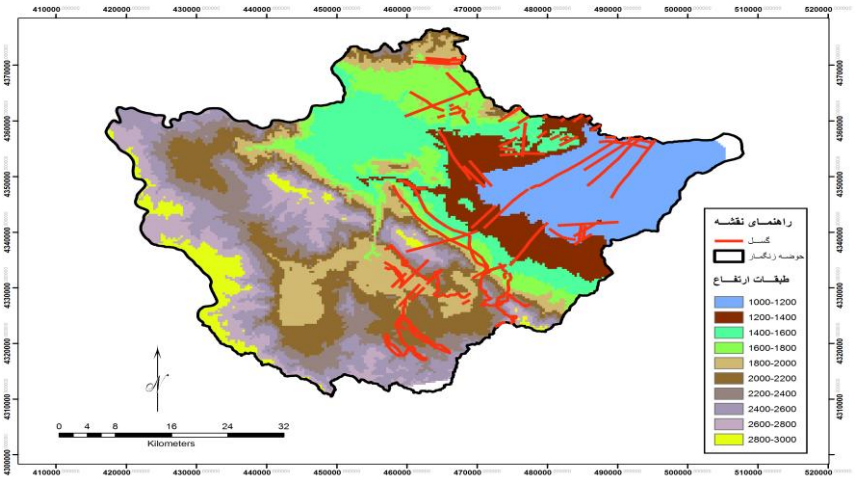
[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

## مواد و روش‌ها

برای تعیین پراکنش فضایی پتانسیل وقوع حرکات توده‌ای در حوضه زنگمار از داده‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، داده‌های اقلیمی و مشاهدات میدانی استفاده شده است. با توجه به این که بیش‌تر زمین‌لغزش‌های منطقه در نواحی کوهستانی و شیب‌های زیاد مشاهده شده است، لذا نقش ارتفاع و شیب در ریسک حرکات توده‌ای قابل توجه است. حضور گسل‌های فعال و غیرفعال در ایجاد حرکات توده‌ای غیرقابل اجتناب است، به طوری که پراکندگی لغزش‌ها (لغزش‌های روستای باغچه جوق و ارتفاعات بایندر) در این نقاط دیده می‌شود. (شکل ۳)، تغییرات ارتفاع و پراکنش گسل‌ها و (شکل ٤)، نقشه شیب و بارش در حوضه زنگمار را نشان می‌دهد. (شکل ۵)، نقاط برداشت شده از وقوع حرکات توده‌ای در واحد ناهمواری کوهستان را نشان می‌دهد. همچنین کوهستان‌ها و مناطق مرتفع، بیش‌تر مساحت حوضه را اشغال نموده است. مشاهدات میدانی از وقوع حرکات توده‌ای در ماکو و جاده‌های اطراف آن نشان داد که غیر از سه عامل تغییرات ارتفاع، گسله‌ها و شیب، سایر عوامل مانند سنگ‌شناسی، فرسایش‌پذیری، کاربری اراضی، فاصله از رود، فاصله از جاده و شرایط اقلیمی در وقوع این پدیده نقش ویژه دارد. لذا موارد فوق به‌عنوان پارامترهای موثر در پتانسیل حرکات توده‌ای تعیین گردیدند. (جدول ۱) مختصات مناطقی که وقوع پدیده مشاهده شده است و در (شکل ۵) نمایش داده شده را نشان می‌دهد.

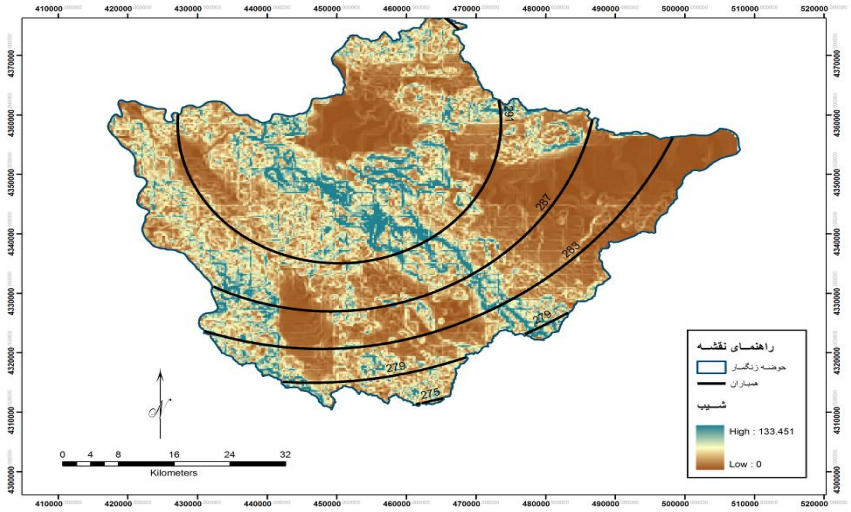
رابطه (۱)
$$\mu(x)=\begin{cases}0 & x<\min\\ \frac{x-\min}{\max-x} & \min<x<\max\\ 1 & x>\max\end{cases}$$

در رابطه (۱) x ارزش متغیر در هر نمونه است.max حداکثر و min حداقل مقدار مشاهدات است.

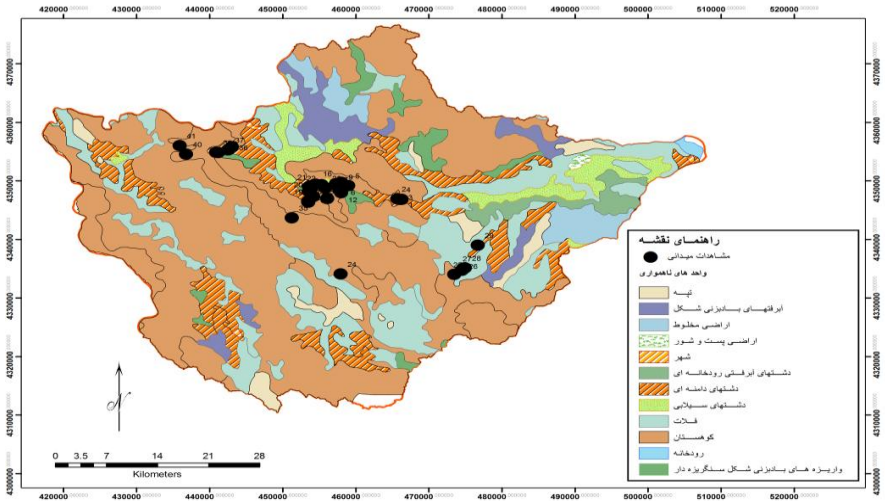



شکل ۳: تغییرات ارتفاع و پراکنش گسله‌ها در حوضه زنگمار

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ٤: نقشه شیب به درصد و بارش به میلی‌متر در حوضه زنگمار**




**شکل ٥: واحدهای ناهمواری و نقاط برداشت در حوضه زنگمار**

برای اجرای مدل به دلیل عدم همگنی متغیرها، برای انجام آنالیز نیاز به یکسان‌سازی آن‌ها بود. یکسان‌سازی متغیرها براساس تعیین درجه عضویت[18] (رابطه ۱) انجام شد (ونالفن[19] و استوروگل[20]، ۲۰۰۰، ۱۷۱۳–۱۷۰٦). سپس براساس تابع گوسین فازی[21] عضویت‌ها تعدیل شد. این تابع، عضویت‌ها را به توزیع نرمال تبدیل می‌کند. نقطه میانی از این توزیع، شرایط ایده‌ال را تعیین می‌کند و عضویت ۱ برای آن منظور می‌شود. حرکت از نقطه میانی به دو جهت منفی

18- Membership
19- Vanalphen
20- Stoorvogel
21- The Fuzzy Gaussian function

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

و مثبت میزان عضویت را کاهش می‌دهد. پس از محاسبه عضویت‌ها، برای ترکیب لایه‌ها از توابع فازی و در نهایت از تابع گاما[۲۲] استفاده شد تا حضور تمام عضویت‌ها را در مدل پهنه‌بندی حرکات توده‌ای فراهم سازد.

**جدول ۱- نمونه‌های برداشت شده از حرکات توده‌ای در حوضه زنگمار**

| شماره نمونه | نام منطقه جغرافیایی | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
|---|---|---|---|
| ۱ | نزدیک سه راهه رند | ۳۹/۲۷ | ٤٤/٦٠٩ |
| ۲ | بین جاده بازرگان و پارک جنگلی | ۳۹/۲۷ | ٤٤/٦٠٢ |
| ۳ | روبروی پارک جنگلی | ۳۹/۲۷ | ٤٤/٦٠٨ |
| ٤ | نزدیک پمپ گاز ورودی شهر ماکو | ۳۹/۲۷ | ٤٤/٦٠٥ |
| ٥ | قزبعلی | ۳۹/۲۹۱ | ٤٤/٥٢٤ |
| ٦ | قزبعلی ۲ | ۳۹/۲۹ | ٤٤/٥١٧ |
| ۷ | قره خجلیق | ۳۹/۲٥۸ | ٤٤/٥١ |
| ۸ | قبرستان قره خجلیق | ۳۹/۲۸٦ | ٤٤/٥١٤ |
| ۹ | قاسم‌آباد | ۳۹/۲۸۹ | ٤٤/٥١٣ |
| ۱۰ | قاسم‌آباد ۲ | ۳۹/۲۹۲ | ٤٤/٥١٢ |
| ۱۱ | انتهای قاسم‌آباد | ۳۹/۲۹۳ | ٤٤/٥١٦ |
| ۱۲ | منطقه مسجد ابوالفضل | ۳۹/۲۸ | ٤٤/٥١٣ |
| ۱۳ | اول بازار | ۳۹/۲۹٦ | ٤٤/٥١٣ |
| ١٤ | اول خیابان امیرکبیر | ۳۹/۲۹٤ | ٤٤/٥٠٨ |
| ۱٥ | خچرخان | ۳۹/۲۹٤ | ٤٤/٥١ |
| ١٦ | اول محله | ۳۹/۲۹٤ | ٤٤/٤٠٥ |
| ۱۷ | آخربلوار | ۳۹/۲۹۲ | ٤٤/٤٨٢ |
| ۱۸ | حسینیه بلوار | ۳۹/۲۹۳ | ٤٤/٤٧٢ |
| ۱۹ | معرفت | ۳۹/۲۹ | ٤٤/٤٦٤ |
| ۲۰ | بلوار شهید جواد قنبری | ۳۹/۲۸٤ | ٤٤/٤٦٤ |
| ۲۱ | روبروی پمپ گاز قره‌سو | ۳۹/۲۸۹ | ٤٤/٤٦٢ |
| ۲۲ | قره کورپی | ۳۹/۲۸۷ | ٤٤/٤٦٥ |
| ۲۳ | خیابان شهید مدنی | ۳۹/۲۸۷ | ٤٤/٤٨٨ |
| ٢٤ | مقبره | ۳۹/۱٥٥ | ٤٤/٥١٣ |
| ۲٥ | جاده شوط-چالدران | ۳۹/۱٥٥ | ٤٤/٦٩٣ |
| ٢٦ | جاده شوط-چالدران ۲ | ۳۹/۱٦۱ | ٤٤/۷٠٥ |

22- Fuzzy Gamma

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**ادامه جدول ۱- نمونه های برداشت شده از حرکات توده‌ای در حوضه زنگمار**

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۲۷ | جاده شوط -چالدران ۳ | ۳۹/۱٦٤ | ٤٤/۷۰۷ |
| **۲۸** | **جاده شوط -چالدران ٤** | **۳۹/۱٦٥** | **٤٤/۷۱** |
| ۲۹ | جاده شوط-چالدران ٥ | ۳۹/۲ | ٤٤/۷۳ |
| ۳۰ | ورودی روستای قلعه جوق-رودخانه زنگمار | ۳۹/۲۸۲ | ٤٤/٤٦۲ |
| ۳۱ | روستای قلعه جوق | ۳۹/۲۷٤ | ٤٤/٤٦۹ |
| ۳۲ | انتهای روستای قلعه جوق | ۳۹/۲۷۱ | ٤٤/٤۹۱ |
| ۳۳ | جاده ماکو-قره غاچ | ۳۹/۲٦۷ | ٤٤/٤٦۱ |
| ۳٤ | جاده ماکو-قره غاچ ۲ | ۳۹/۲٦٥ | ٤٤/٤٦۱ |
| ۳٥ | جاده ماکو-قره غاچ ۳ | ۳۹/۲٤۱ | ٤٤/٤۳٥ |
| ۳٦ | باشکند | ۳۹/۳٥ | ٤٤/۳۳۹ |
| ۳۷ | جاده باشکند-قرمزلیق | ۳۹/۳٤٥ | ٤٤/۳۳۳ |
| ۳۸ | جاده باشکند-آواجیق | ۳۹/۳٤۱ | ٤٤/۳۱۷ |
| ۳۹ | جاده باشکند-آواجیق ۲ | ۳۹/۳٤۱ | ٤٤/۳۱٤ |
| ٤۰ | جاده‌اواجیق به کلیساکندی | ۳۹/۳۳۸ | ٤٤/۲٦٤ |
| ٤۱ | نرسیده به روستای کلیساکندی (منشورهای‌بازالتی) | ۳۹/۳٥۱ | ٤٤/۲٥٦ |
| ۲۷ | جاده شوط -چالدران ۳ | ۳۹/۱٦٤ | ٤٤/۷۰۷ |
| **۲۸** | **جاده شوط -چالدران ٤** | **۳۹/۱٦٥** | **٤٤/۷۱** |
| ۳۳ | جاده ماکو-قره غاچ | ۳۹/۲٦۷ | ٤٤/٤٦۱ |
| ۳٤ | جاده ماکو-قره غاچ ۲ | ۳۹/۲٦٥ | ٤٤/٤٦۱ |
| ۳٥ | جاده ماکو-قره غاچ ۳ | ۳۹/۲٤۱ | ٤٤/٤۳٥ |
| ۳٦ | باشکند | ۳۹/۳٥ | ٤٤/۳۳۹ |
| ۳۷ | جاده باشکند-قرمزلیق | ۳۹/۳٤٥ | ٤٤/۳۳۳ |
| ۳۸ | جاده باشکند-آواجیق | ۳۹/۳٤۱ | ٤٤/۳۱۷ |
| ۳۹ | جاده باشکند-آواجیق ۲ | ۳۹/۳٤۱ | ٤٤/۳۱٤ |
| ٤۰ | جاده‌اواجیق به کلیساکندی | ۳۹/۳۳۸ | ٤٤/۲٦٤ |
| ٤۱ | نرسیده به روستای کلیساکندی (منشورهای‌بازالتی) | ۳۹/۳٥۱ | ٤٤/۲٥٦ |

## یافته‌ها و بحث

در حوضه زنگمار هوازدگی که خود از تبعات تغییر فصل است به طور محسوس مقاومت سنگ‌ها را از بین برده و سبب گسیختگی سنگ‌ها می‌شود. در ارتفاعات چرکین داغ این فرآیند سبب تخریب دامنه‌های تخت‌سنگی (تشکیلات آهکی) شده است. مواد هوازده ناشی از یخ شکافتگی و دما شکافتگی تحت تاثیر شیب دامنه‌ها به پایین

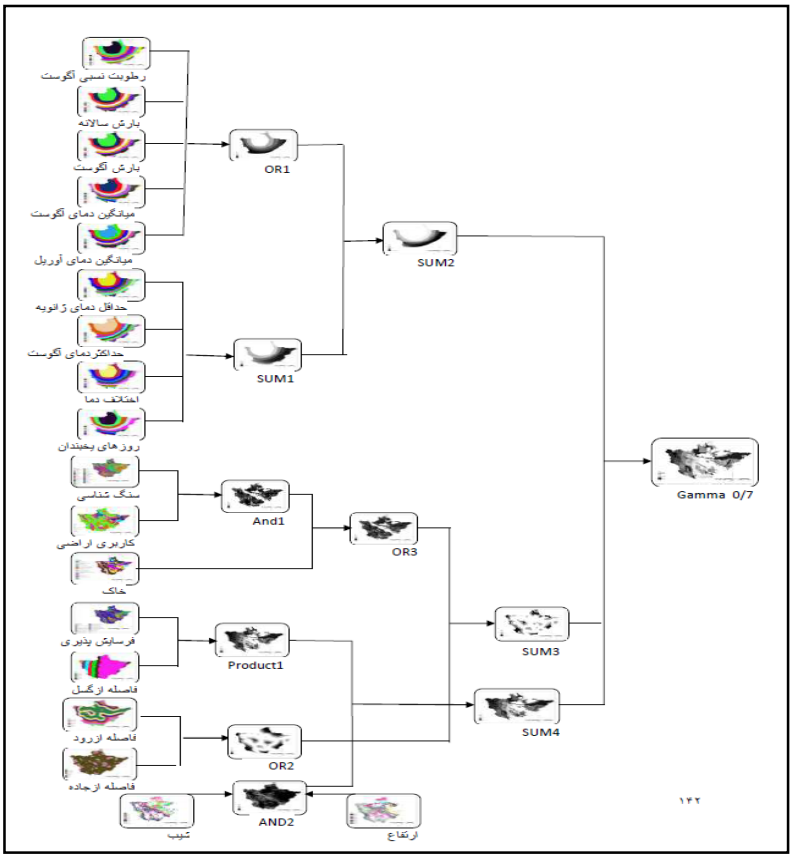
[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

دست حرکت کرده و در جبهه کوهستان‌ها که شرایط مساعد انباشت وجود دارد روی هم انباشته شده است. به دلیل نقش هوازدگی در سست نمودن زمین و مساعد نمودن شرایط مساعد حرکات توده‌ای، متغیرهای رطوبت نسبی گرم‌ترین ماه، بارش سالانه، بارش گرم‌ترین ماه، میانگین دمای آوریل با تابع OR که از توابع جمعی فازی است، ترکیب شدند. عملکرد تخریب سنگ‌ها براساس شاخص‌های هوازدگی فیزیکو-شیمیایی صورت می‌گیرد و تحت تاثیر حضور هر ٤ عامل فوق می‌باشد (رابطه ۲). چون در محاسبه تخریب مکانیکی حداکثر دمای سردترین ماه و گرم‌ترین ماه، اختلاف دما و روزهای یخبندان اهمیت پیدا می‌کند، لذا از تابع Product برای ترکیب متغیرهای فوق استفاده شد و همچنین اثر تشدیدکنندگی کاربری زمین، سنگ‌شناسی، فرسایش‌پذیری و فاصله از گسل توسط (رابطه ۳) تعیین شد.

$$\text{OR } Function = \max\{\mu(A), \mu(B)\} \quad \text{رابطه (۲)}$$

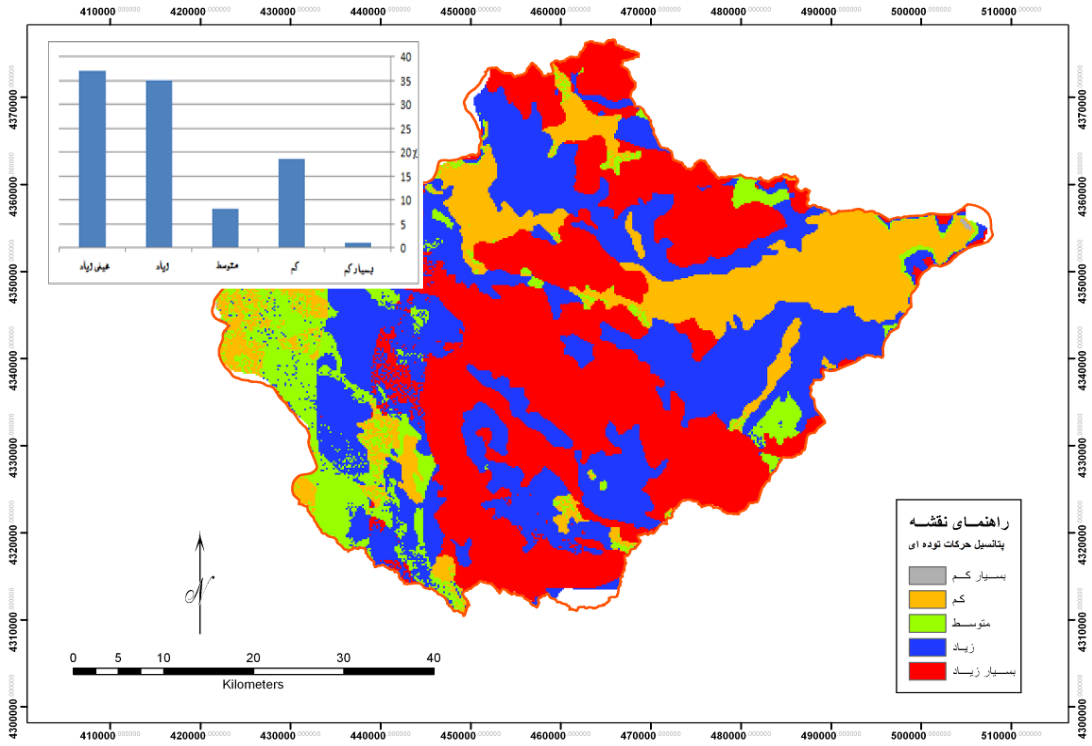
$$\text{Product Function} = \mu(A)\mu(B) \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\gamma \text{ Function} = [\mu(A+B)]^{\gamma}[\mu(AB)]^{1-\gamma} \quad \text{رابطه (٤)}$$




**شکل ٦: نحوه ترکیب لایه‌ها و استفاده از توابع فازی**

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ۷: پتانسیل وقوع حرکات توده‌ای در حوضه رود زنگمار**

## نتیجه‌گیری

با توجه به (شکل ۷) قابلیت وقوع حرکات توده‌ای در حوضه زنگمار با خطرپذیری بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد تعیین شدند که حدود ۳۷ درصد با احتمال وقوع بسیار زیاد و ۳۵ درصد با احتمال وقوع زیاد بیش‌ترین پهنه‌ها را به خود اختصاص دادند. نمودار کنار شکل اخیر درصدهای مساحت را نشان می‌دهد. عوامل متعددی در وقوع حرکات دامنه‌ای در حوضه زنگمار دخالت دارد که سبب رخدادهای شدید در این منطقه شده است. از میان عوامل مورد بررسی بارش های‌شدید و ناگهانی در تشدید وقایع نقش مهمی داشته است که در مدل پهنه‌بندی در نظر گرفته شده است. به طور مثال در ماه‌های مرداد و شهریور ۱۳۸۷ به دنبال بارش رگباری و پی‌درپی، تخته‌سنگ‌های عظیم از ارتفاعات سقوط کرده و باعث ویرانی واحدهای مسکونی شده است در دی‌ماه سال ۱۳۷۲ و اسفند ماه ۱۳۷۲ برای چندمین بار در طول چند هفته سنگ‌های بزرگ در اثر ذوب تدریجی برف‌ها و سست بودن سازندهای زیرین منجر به تخریب چند واحد مسکونی مربوط به اقشار کم‌درآمد شهر گردید. در سال ۱۳۸۸ این پدیده در محدوده اطراف شهر رخ داد که جاده‌ها و خطوط ریلی را تحت تاثیر قرار داد. تجزیه‌وتحلیل و نتایج حاصل از مدل (جدول ۲) نشان داد که مؤثرترین سطوح خطر وقوع حرکات دامنه‌ای بیش‌تر در فاصله‌های ۰-۳۰۰۰

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

متر از گسل قرار دارند و ریزش‌هایی که در روستای باغچه جوق ماکو و ارتفاعات بایندر رخ داده به طور مستقیم و غیرمستقیم در اثر عوامل تکتونیکی بوده و دلیلی بر صحت این موضوع می‌باشد لذا در مناطقی که پراکندگی خطوط گسل بیش‌تر از سایر نقاط بود تعدد وقوع حرکات توده‌ای وجود داشته که این سطوح اغلب دارای ارتفاع ۱۹۰۰- ۲۲۰۰ متر و شیبی برابر با ۳۹/۹-۵۷/۱ درجه را شامل می‌شوند همچنین این مناطق از نظر جنس سنگ اغلب سنگ اهک و کالرملانژ می‌باشند لذا از نظر قابلیت فرسایشی شیب‌های تند و مناطق با فرسایش بسیار شدید به همراه محدودیت عمق خاک را شامل می‌شوند طبق مطالعات انجام شده پوشش گیاهی یکی از عوامل ثبات و پایداری دامنه‌ها است نواحی فاقد پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی ضعیف در مقابل فرسایش آسیب‌پذیر بوده و ناپایدار هستند بنابراین عدم رعایت اصول درست شخم زدن و جاهایی که کشاورزی با اصول فنی و علمی انجام نگرفته و یا دامنه‌ها توسط انسان دستکاری شده سبب تشدید خطر حرکات توده‌ای در منطقه شده است؛ اما کم تاثیرترین سطوح برای وقوع خطر حرکات دامنه‌ای در حوضه زنگمار سطوح دارای ارتفاع ۱٤۰۰ متر و شیب‌های ۳/۹-۱۳/۷ قرار دارند که اغلب از آبرفت تشکیل شده و دشت‌ها را شامل می‌شود همچنین این سطوح در فاصله ۰-٥۹۹٤ متر از گسل و ۰-۳۲۱۲ متر از آبراهه فاصله قرار دارند که شامل مناطق سنگلاخی می‌شوند. نقشه پهنه‌بندی ریزش با نقشه شهرها و جاده‌های حوضه مورد مطالعه همپوشانی شد و شهر ماکو به دلیل موقعیت طبیعی خود (قرار گرفتن بین دوکوه) و به دلیل عامل سنگ‌شناسی، شرایط اقلیمی و وجود شیب زیاد از مستعدترین منطقه برای وقوع حرکات توده‌ای است و در محدوده بسیار زیاد قرار دارد و شهرستان چالدران دارای استعداد خطر بالای پدیده ریزش می‌باشد. برای استخراج آستانه‌ها و بازه تغییرات عوامل موثر در حرکات توده‌ای (جدول ۲) برای محدوده‌های با پتانسیل وقوع متوسط تا خیلی زیاد استخراج شد.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با افزایش ارتفاع و شیب احتمال وقوع حرکات توده‌ای افزایش می‌یابد. حرکات توده‌ای با معکوس فاصله از گسل، واحد ناهمواری دامنه و سنگ‌های سخت یکپارچه رابطه مستقیم دارد که با نتایج تحقیق کریشنان، ۱۹۹۹، لارسن و همکاران، ۲۰۰٤، کومک مطابقت دارد. همچنین برای مقایسه حرکات دامنه‌ای در چشم‌اندازهای مختلف نمونه‌های برداشت‌شده با نقشه پتانسیل زمین‌لغزش انطباق داده شد (جدول ۳). تنها ۷ نمونه از ٤۱ نمونه برداشتی یا ۱۷ درصد با سطوح خطر بسیارکم، کم و متوسط انطباق دارد. ۸۳ درصد با سطوح خطر زیاد و خیلی‌زیاد انطباق دارد که بیش‌تر آن‌ها در مناطق شهری رخ‌داده است. مشاهدات میدانی مجدد در نمونه‌های برداشت‌شده نیز خاطرنشان ساخت که نمونه‌هایی که رخداد پدیده‌ها را نشان می‌دهند بر سطوح خطر زیاد و خیلی‌زیاد قرار گرفته‌اند.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

(شکل ۸)، ۳ نمونه در انطباق با نقشه را نشان می‌دهد. اگرچه حرکات توده‌ای جزو رخدادهای ناگهانی محسوب می‌شود، اما درجات حضور و تجمع عوامل موثر می‌تواند احتمال وقوع آن را تعیین نمایند. تعیین عضویت به عوامل دخیل در حرکات توده‌ای در روش فازی، تعیین کننده رده‌بندی حضور عوامل موثر است که اکثر محققان راه یکسان را می‌پیمایند و توابع فازی تعیین‌کننده نحوه حضور و تجمیع عوامل موثر در رخداد فرآیند حرکات توده‌ای است. انطباق ۳٤ مورد از ٤۱ رخداد یا ۸۳ درصد از رخداد حرکات توده‌ای با سطوح خطر زیاد و خیلی‌زیاد، دلیلی است که می‌تواند نحوه ترکیب عوامل که در (شکل ٦) نمایان است را توجیه نماید.

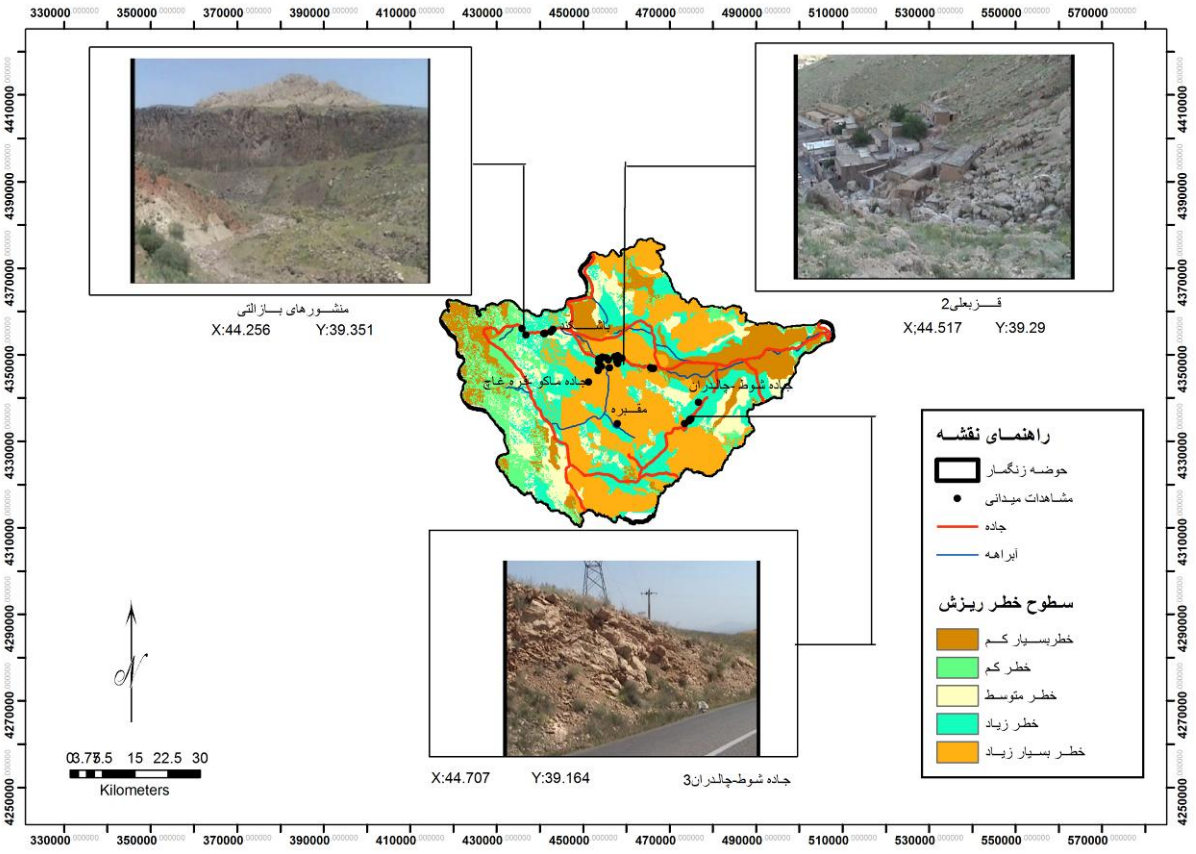
**جدول ۲- بازه تغییرات عوامل موثر در حرکات توده‌ای**

| احتمال وقوع حرکات توده‌ای | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
|---|---|---|---|
| ارتفاع متوسط به متر | ۱٤۰۰ | ۲۲۰۰ | ۱۹۰۰ |
| شیب به درجه | ۳/۹-۱۳/۷ | ٤۸/۷-۵۷/۱ | ۳۹/٤-٤۸/۷ |
| جنس سنگ | آبرفت | کالرملانژ | سنگ‌آهک |
| واحد ناهمواری | دشت | دامنه | دامنه |
| قابلیت فرسایش | پستی و بلندی-محدودیت خاک-سنگلاخی | شیب بسیار تند-فرسایش بسیار شدید محدودیت عمق خاک | شیب بسیار تند- فرسایش بسیار شدید- محدودیت عمق خاک |
| فاصله از گسله‌ها به متر | ۰-۵۹۹٤ | ۱۰۰۰-۳۰۰۰ | ۰-۱۰۰۰ |
| فاصله از رودخانه به متر | ۰-۳۲۱۲ | ۳۲۱۲-٦٤۲۵ | ۰-۳۲۱۲ |

**جدول ۳- شماره نمونه‌ها در هریک از سطوح خطر**

| سطوح خطر | شماره نمونه‌ها در هریک از سطوح خطر |
|---|---|
| خطر بسیارکم | ٤ ،۳ ،۲، ۱ |
| خطر کم | ۸ ،۷ |
| خطر متوسط | ٤۰ |
| خطر زیاد | ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲٦، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳٦، ۳۷،۳۸، ۳۹، ٤۱ |
| خطر بسیار زیاد | ۵، ٦ ،۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱٤، ۱۵، ۱٦، ۲٤، ۲۵، ۳۰، ۳۱، ۳۳، ۳٤، ۳۵ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




شکل ۸: مشاهدات میدانی در محدوده مورد مطالعه

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

## منابع

- بلادپس، علی (۱۳۸٤)، «تحلیلی بر ژئومورفولوژی لغزش‌ها در منطقه ماکو (ماکو تا دشت بازرگان)»، ***فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۵۲، صص ۷۵-٦۱.

- خضری، سعید؛ روستایی، شهرام؛ رجایی، عبدالحمید (۱۳۸٦)، «ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در بخش مرکزی حوضه زاب شهرستان سردشت»، ***فصلنامه مدرس علوم انسانی***، شماره ٤، صص ٤۹-۸۰.

- غیومیان، جعفر؛ فاطمی‌عقدا، محمود؛ اشقلی‌فراهانی، عقیل؛ تشنه‌لب، محمد (۱۳۸۱)، «پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند مشخصه فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان)»، ***پژوهش سازندگی***، شماره ٥٦ و ٥۷، صص ۸۰-٦۷.

- قهرودی‌تالی، منیژه (۱۳۸۹)، «کاربرد مدل فازی در تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در حوضه رود کرج»، دهمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران، ۲۳ و ۲٤ تیر ماه، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.

- کرم، عبدالامیر (۱۳۸۰)، «مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده (مطالعه موردی حوضه سرخون)»، رساله دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

- ماتیو، سی. لارسن؛ پارکز، جی. ای (۱۳۸۱)، «پهنای جاده چقدر باشد؟ (ارتباط تخریب توده‌های مواد و استقرار جاده‌ها در یک محیط کوهستانی)»، (ترجمه فریبا کرمی)، ***نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی***، دانشگاه تبریز، شماره ۱۰، صص ۱۵۲-۱۲۹.

- Carara, A., Cardinali, M., Guzzetti. F., Reichenbach, P., (1995), "Geographical information systems in assessing natural hazards", Kluwer Academic Publishers, ***Dordrecht, the Netherlands***, 5: 135-175.

- Chang, N. B., Parvathinathan, G., Breeden, J. B., (2008), "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill sitting in a fast-growing urban region", ***Journal of Environmental Management***, 87: 139-153.

- Colombo, A., Lanterni, L., Ramasco, M., Troisi, C., (2005), "Systematic GIS-based landslide inventory as the first step for effective landslide hazard-management", ***Landslide***, 2: 291-301.

- Fajfar, D., Ravnik, D., Ribicic, M., Komac, M., (2005), "Slovenian national landslide database as a solid foundation for the landslide hazard analysis", ***Geophysical Reserch Abstracts***, 7:24-29.

- Grignon, A., Bobrowsky, P., Coultish, T., (2004), "Landslide database management philosophy in the Geological Survey of Canada", Geo-engineering for the society and its

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

environment, 57th Canadian Geotechnical Conference and the 15th joint CGS-IAAH Conference, Québec, Canada, October, 24-27.

- Guzzetti, F., Tonelli, G., (2004), "Information system on hydrological and geomorphological catastrophes in Italy: a tool for managing landslide and flood hazards", ***Nat Hazards Earth***, 4: 213-232.

- Kainz, W., (2008), "GIS for hazard analysis using vague data, Chapter 1: Fuzzy Logic and GIS", Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Austria.

- Komac, M., (2005), "A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia", ***Geomorphology***, 74: 17-28.

- Krishna, H., (1999), "Landslide hazard zonation mapping using remote sensing & GIS", ***geomorphology***, 21:153-163.

- Lan, H., wang, L., Li, R., (2004), "Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the xiaojiang watershed", ***Enginnering Geology***,7: 109-128.

- Lee, C. T., (2007), "Neuro-Fuzzy-based landslide susceptibility analysis-an example from central western Taiwan",***Geophysical Research Abstraccts*** ,9: 6849.

- Murat, E., Candan, G., (2003), "Use of fuzzy relation to produce landslide susceptibility map of a landslide pron erea (west black sea region,turkey)", ***Engineering Geology***, 75: 24-37.

- Sabuya, F. M., Alves, G., pinto,W. D., (2006), "Assessment of failure susceptibility of soil slopes sing fuzzy logic", ***Engineering Geology***, pp 14.

- Vanalphen, B., Stoorvogel, J. J., (2000), "A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture", ***Soil Science Society of American Journal***, 64: 1706-1713.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]