نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره۶۲، پاییز ۱۴۰۰

# پهنه‌بندی و ارزیابی پتانسیل وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز کندیرق‌چای با استفاده از مدل ANP

**دریافت مقاله**: ۹۷/۱۱/۷ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۳/۶
**صفحات**: ۲۶۰-۲۴۳

**عقیل مددی**: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
**Email:** aghil4madadi@yahoo.com
**ابراهیم بهشتی جاوید**: دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق‌اردبیلی، اردبیل، ایران
**Email:** ebrahim20.tum@gmail.com
**نازفر آقازاده**: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[1]
**Email:** naz.agh4@gmail.com

**چکیده**

**هدف این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش حوضه کندیرق چای و پهنه‌بندی این حوضه به لحاظ خطر رخداد زمین لغزش با استفاده از روش‌های فرایند تحلیل شبکه می‌باشد. در این راستا با توجه به مرفومتری حوضه و نیز نتایج پژوهش‌های گذشته، ۱۰ عامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش‌های حوضه آبریز کندیرق چای شامل لیتولوژی، کاربری اراضی، بارش، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه، شاخص قدرت آبراهه(SPI) و شاخص حمل رسوب(STI)، شناسایی و مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه جهت امتیازدهی به عوامل و معیارها و طبقه‌بندی‌آن‌ها از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) استفاده شده است. بدین‌صورت که برای مقایسه و رتبه‌بندی پارامترها از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. نقشه نهایی نشان دادکه حوضه از نظر زمین‌لغزش دارای ۴ کلاس می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که پهنه‌های با خطر کم و پهنه‌هایی با خطر زیاد دارای کمترین مساحت در سطح حوضه کندیرق‌چای هستند. از طرف دیگر پهنه‌های با خطر متوسط وخطر خیلی زیاد بیشترین مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. تطبیق سطوح لغزش یافته و پهنه‌های مواجه با خطر نشان می‌دهد که مناطقی که در رده خطر خیلی زیاد و متوسط قرار دارند دارای بیشترین مساحت از سطوح لغزشی هستند. به طوری‌که پهنه با خطر خیلی زیاد ۳۵ درصد (۷۹ کیلومتر مربع) و پهنه با خطر زیاد ۳۲/۶ درصد (۷۲ کیلومترمربع) از زمین‌لغزش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. به عبارت دیگر بیش از ۷۷ درصد زمین لغزش‌ها با پهنه‌های خطر خیلی زیاد و متوسط مطابقت دارند. همچنین عوامل سنگ‌شناسی، شیب و فاصله از آبراهه بیشترین تاثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند. جهت انجام این کار از فرآیند تحلیل شبکه (ANP) استفاده خواهد شد.**

**کلید واژگان:** زمین‌لغزش، حوضه آبریز، کندیرق چای،ANP.

---

**۱. نویسنده مسئول:** اردبیل، بلوار دانشگاه، دانشگاه نحقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

**مقدمه**

آهنگ روبه رشد توسعه و عمران شهری و روستایی، موجب بروز برخی از ناهنجاری‌های طبیعی در وضعیت ساکنان کره زمین شده است. حرکات دامنه‌ای و به‌طور خاص زمین‌لغزش‌ها، در زمره پرخسارت‌ترین آن‌ها است که همگام با دست‌کاری بشر در سیستم‌های طبیعی در دهه‌های اخیر، شتاب فزاینده‌ای یافته است(امامی و غیومیان،۱۳۸۲: ۱۱۵). به طوری که از آن با عنوان یکی از فرایندهای ژئومورفیک عمده در چشم‌انداز مناطق کوهستانی یاد می‌شود و حوادث مصیبت‌باری را به دنبال دارد به‌طورکلی نحوه حرکات توده‌ای مواد در دامنه‌ها به سه طبقه لغزشی، جریانی و خزشی تقسیم می‌شود. در لغزش کامل سرعت حرکت مواد در همه نقاط از بالا تا پایین یکسان و از نوع انتقالی است. در جریان کامل، سرعت حرکت مواد در بخش بالایی توده، جریانی بیشتر از بخش زیرین داشته و از نوع انتقالی است، ولی در خزش جابه‌جایی حرکت به‌صورت قائم است(مقیمی، علوی پناه و جعفری، ۱۳۸۷: ۵۴). وقوع پدیده زمین‌لغزش که در بسیاری از نقاط دنیا و کشور ایران در شرایط مساعد رخ می‌دهد، موجب تخریب پوشش گیاهی، باغات، اراضی زراعی و حتی مرگ‌ومیرهای انسانی می‌شود(قنبر زاده و بهنیافر،۱۳۸۸: ۱۰۴). ایران با توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد و شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، از عمده شرایط طبیعی برای رخداد زمین‌لغزش‌ها برخوردار است(علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۱۷). از آنجایی‌که پیش‌بینی دقیق زمان وقوع زمین‌لغزش‌ها مشکل است، ازاین‌رو شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش و پهنه‌بندی این مناطق بر اساس پتانسیل خطر ناشی از بروز این پدیده، دارای اهمیت بسزایی است. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل یا بالقوه خطر، از هیچ تا بسیار زیاد تقسیم می‌کند(علی مرادی، ۱۳۸۹: ۲۵). این فرآیند که بر مبنای شناخت ویژگی‌های طبیعی و مدل‌سازی کمی بر پایه داده‌های ناحیه مورد مطالعه صورت می‌گیرد، می‌تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه و عمران در مقیاس منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی محسوب شود(رامشت و شاه زیدی، ۱۳۹۰: ۵۷). تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی زمین‌لغزش، به طراحان و مهندسان برای انتخاب مکان مناسب اجرای طرح‌های توسعه کمک بزرگی کرده و نتایج این‌گونه مطالعات اطلاعات‌پایه‌ای به شمار می‌رود و می‌تواند برای کمک به مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی مورد استفاده قرار گیرد(پرادهان، ۲۰۱۱، ۷۷).

محققان زیادی از دهه‌های گذشته با به‌کارگیری روش‌های مختلفی از جمله سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیارِ و روش‌های وزنی نسبت به ارزیابی خطرات زمین‌لغزش و تهیه نقشه توزیع فضایی این پدیده اقدام نموده‌اند(نفس‌لیوگلو[1] و همکاران، ۲۰۰۸: ۴۰۳). از جمله چاو و همکاران[1]( ۲۰۰۳) به تحلیل خطر زمین‌لغزش در شهر هنگ وکنگ با استفاده از GIS و زمین‌لغزش‌های صورت گرفته پرداختند. نتایج نشان داد تلفات و مضراتی که زمین‌لغزش‌ها سبب شدند. با تجمع بارندگی و نتایج زمین‌لغزش‌ها نشان داده شد درنهایت، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای شهر مذکور با استفاده از داده‌های تاریخی تهیه شد. در رابطه با پیشینه‌ی مطالعاتی در زمینه ی فرآیند تحلیل شبکه، می‌توان گفت که از این روش به‌طور عمده برای مکان‌یابی استفاده‌شده است. (ساعتی،[1] ۲۰۰۵) که طراح این روش است، مقاله‌های بسیاری را در

1 -chav

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

زمینه‌ی سیستم‌های اقتصادی و پروژه منتشر کرده است. ون اش و سوتر (۲۰۰۵) در پژوهشی روش‌های آماری رگرسیون دومتغیره و چندمتغیره را با همدیگر مقایسه کرده و برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مدل‌های مشخصی منطبق با منطقه مورد مطالعه معرفی کرده‌اند. آیالیوو یاماگیشی[1](۲۰۰۵) از دو روش سلسله مراتبی و رگرسیون لجستیک برای تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در جزیرهی سادو در ژاپن استفاده کردند و با مقایسهی این دو روش برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به این نتیجه رسیدند که مدل AHP نسبت به مدل رگرسیون لجستیک از دقت بالاتری برخوردار است. در دهه‌های اخیر افزایش زیادی در تمایل به استفاده از مدل‌های اخیر افزایش زیادی در تمایل به استفاده از مدل‌های گرافیکی، از جمله شبکه‌های بیزین در مدل‌سازی منابع طبیعی و به‌ویژه خطر وقوع زمین‌لغزش شده است. متو[2] و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تئوری بیزین پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش را در بخشی از هند انجام دادند. در این پژوهش ۱۵ عامل طبیعی و انسانی جهت پهنه‌بندی استفاده‌شده ارزیابی نقشه نهایی نشان داد که دقت نقشه تهیه‌شده ۸۴/۱۶ درصد و قابل‌قبول است. تازکایا[3] و دیگران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای، از روش شبکه برای مکان‌یابی مطلوب صنایع و تأسیسات استفاده کردند. [4]کومار (۲۰۰۸) تهیه نقشهی وقوع خطر زمین‌لغزش، ابزاری اساسی برای فعالیت‌های مدیریت بحران در نواحی کوهستانی است. بوی [5] و همکاران (۲۰۰۸) به‌منظور پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در منطقهی جائچون کشور کره از مدل بیزین استفاده کرده‌اند در این تحقیق با توجه به پنج عامل درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، لیتولوژی، پوشش‌گیاهی نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۸۵٪ لغزش‌ها در طبقهی خطر متوسط و زیاد قرارگرفته‌اند. یالسین[2] (۲۰۰۸) در پهنه‌بندی و تهیه نقشه مناطق مستعد زمین‌لغزش در منطقه آردسن ترکیه با استفاده از AHP به این نتیجه رسیده است که پهنه‌بندی با مدل AHP بیشترین تطابق را با واقعیات موجود دارد. آل شیخ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از GIS و AHP به بررسی ۱۵۱ مورد زمین‌لغزش در استان مازندران پرداخته‌اند. زو و همکاران [6] (۲۰۰۹) به‌منظور تهیه نقشه ی حساسیت زمین‌لغزش از دو مدل ارزش اطلاعات و مدل احتمالاتی وزن واقعه (تئوری بیزین) استفاده کردند. با استفاده از عوامل فاصله از گسل، زمین‌شناسی، ارتفاع، درجه شیب، و فاصله از آبراهه و فاصله از جاده نقشهی حساسیت زمین‌لغزش تهیه گردید. نتایج ارزیابی نشان داد که به ترتیب ۹۳.۲٪ درصد و ۹۲.۲٪ درصد از لغزش‌ها در طبقهی خطر زیاد و خیلی زیاد برای هریک از مدل‌های ارزش اطلاعات و مدل احتمالاتی وزن واقعه قرارگرفته است. بیسکوجیت[7] (۲۰۱۰). به ارزیابی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکهی عصبی مصنوعی و رگرسیون لجستیک پرداخته و بعد از پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با هر دو روش لجستیک پرداخته و بعد از پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با هر دو روش لجستیک بهتر و دقیق‌تر است. در این مطالعه ۹۸ درصد از لغزش‌های رخداده در واحدهایی با سازندهای زمین‌شناسی حساس به هوازدگی، زمین بدون پوشش و شیب بالا

1 -Ayalew,yamagishi
2 -Mathew
3 -tazakiya
4 -kumar
5 -Buvi
۸-zhuo
8-Biswajeet

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

رخداده است. در این پژوهش از ۱۵ فاکتور طبیعی و انسانی جهت پهنه‌بندی استفاده شد. [۱]رگمی و همکاران (۲۰۱۰) در غرب کلرادوی آمریکا به‌منظور مدل‌سازی حساسیت زمین‌لغزش از تئوری بیزین استفاده کردند. در این تحقیق از ۱۷ عامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش استفاده‌شده نتایج تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد که استفاده از تئوری احتمالاتی بیزین می‌تواند در پیش‌بینی وقوع حوادث طبیعی از جمله زمین‌لغزش‌ها به‌عنوان یک روش خوب مورد استفاده قرار گیرد. ارزیابی نقشه نهایی نشان داد که دقت نقشه تهیه‌شده ۸۴/۶% قابل‌قبول هست. پیاسنتینیا[۲] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل تئوری بیز پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش را برای جنوب منطقه تیرول[۳] در کشور ایتالیا انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که نقشه حساسیت زمین‌لغزش برای پیش‌بینی زمین‌لغزش‌ها با درصد بالایی (۷۵٪) قابل‌اطمینان است. بنابراین مدل فوق می‌تواند به خاطر ثمربخش و کم‌هزینه بودن برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیریان محیطی مدلی سودمند و قابل‌اطمینان باشد. [۴]محمدی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از سه مدل بیز، دمپستر-شفر[۵] و نسبت تکرار[۶] در بخشی از استان گلستان حساسیت زمین‌لغزش را پهنه‌بندی کردند. در این پژوهش برای ارزیابی مدل‌ها از منحنی ROC استفاده شد و طبق این ارزیابی مدل نسبت تکرار بهترین نتیجه را (۷۵٪ دقت) در بین سه مدل فوق داشت. کیانی[۷] و دیگران (۱۳۸۹) از فرآیند تحلیل شبکه در حوضهی شناخت وضعیت ICT در تبیین وضعیت شهری و روستایی و کاربران این فناوری، استفاده کردند. همتی و حجازی(۱۳۹۶)، خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز لواسانات با مدل رگرسیون لجستیک را مورد ارزیابی قرار دادند. نتیجه نشان داد که در محدوده مورد مطالعه، مناطقی که با خطر بسیار بالا پهنه‌بندی شده‌اند بیشترین درصد از میزان مساحت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. در مدل حاضر که با استفاده از رگرسیون لجستیک انجام گرفت عامل کاربری اراضی با بیشترین ضریب بهترین متغیر پیش‌بینی کننده احتمال وقوع زمین لغزش در منطقه است. بیشترین پتانسیل لغزش در حوضه مورد مطالعه در مراتع مرغوب و استپی و مراتع متوسط و در سازند سنوزوئیک و کواترنری می‌باشد.

در ایران عنایتی مقدم (۱۳۸۶) به ارزیابی عوامل ایجاد زمین‌لغزش‌های جاده‌ای در منطقه پادنای سمیرم پرداخته و با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی، داده‌های ماهواره‌ای و بررسی‌های صحرایی، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها را تهیه نمود. همچنین برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش هفت عامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش شامل لیتولوژی، شیب، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه، بارندگی سالیانه را بررسی و شناسایی نموده و به کمک روش‌های آماری دومتغیره (ارزش اطلاعات و تراکم سطح) نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را تهیه نمود. گرایی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره خطر رخداد زمین‌لغزش را در حوضه آبخیز لاجیم رود ساری مدل‌سازی نموده و مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش حوضه مورد مطالعه را ازنظر اهمیت به ترتیب جهت شیب، تغییر

1-regemi
2 - Piacentinia
3 - Tyro
4 - mohammadi
5 - Dempster – Shafer
6 - Frequency ratio
۷- kiyan

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

کاربری اراضی، شیب و جاده‌سازی غیراصولی معرفی نمود. مصفایی و همکاران (۱۳۸۸) کارایی مدل تجربی مورا- واتسون اصلاح‌شده به همراه مدل‌های آماری تراکم سطح غیر وزنی، تراکم سطح وزنی و رگرسیون چند متغیره در بخشی از آبخیز الموت را مورد مقایسه قرارداد. جهت پهنه‌بندی منطقه از ۸ عامل مؤثر استفاده نموده و درنهایت مدل رگرسیون چند متغیره را به‌عنوان مدل مناسب‌تر برای حوزه انتخاب نمود. روستایی و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در منطقه سد مخزنی قلعه چای عجب‌شیر با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و روش چندمعیاره مکانی پرداختند. در این بررسی از معیارهای شیب، جهت دامنه، لیتولوژی، کاربری زمین، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، طبقات ارتفاعی در محیط GIS پرداختند. نتایج نشان داد که در بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه، فرایند تحلیل چند معیار مکانی نسبت به روش فرایند تحلیل شبکه‌ای عملکرد بهتری دارد. همچنین، تفسیر ضرایب نشان داد که کاربری اراضی طبقات ارتفاعی و جهت دامنه نقش مهمی در وقوع زمین‌لغزش دارد. شکاری بادی (۱۳۹۴) باهدف شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های حوضه فاروب رومان شهرستان نیشابور و ارزیابی مناطق دارای خطر زمین لغزش از تلفیق فرایند تحلیل شبکه و شاخص آنتروپی شانون استفاده کردند و نتیجه گرفتند که عامل فاصله از آبراهه به‌عنوان مؤثرترین عامل و پس‌ازآن عوامل شیب و بارش از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش در حوضه مطالعاتی شناسایی گردید. نظم فروبهشتی جاوید(۱۳۹۵) با استفاده از مدل ترکیبی فرایند تحلیل شبکه و منطق فازی حوضه آبریز چلی چای را به لحاظ حساسیت وقوع زمین‌لغزش موردبررسی قراردادند. و نتیجه گرفته‌اند که مدل مذکور برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش مناسب است. همچنین مناطق با خطر بالای زمین‌لغزش به‌طور عمده در دامنه‌های جنوبی، جنوب غربی و غربی قرار دارند. عابدینی و همکاران(۱۳۹۵) بخشی از حوضه آبریز اهر چای را با استفاده از فرایند تحلیل شبکه و قضیه بیز به لحاظ وقوع زمین‌لغزش موردبررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که دقت ترکیب این دو روش برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش بسیار خوب و به میزان ۷۱ درصد بوده است. محمدنیا و فلاح قالهری(۱۳۹۷) با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی به ارزیابی و پهنه بندی حساسیت زمین لغزش در حوضه پیوه‌ژن در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج نشان داد عامل شیب بیشترین تاثیر و عامل کاربری اراضی کمترین اثر را در وقوع لغزش در حوضه داشته است. نتایج اعتبار سنجی مدل گویای دقت۹۰ درصدی نقشه حساسیت زمین لغزش با عملگر ۰/۷ در حوضه بوده است. بنابراین مدل فازی گاما با عملگر ۰/۷ بهترین شکل نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه پیوه ژن را ارائه داده است.

حوادث طبیعی از جمله زمین‌لغزش‌ها به‌عنوان یک روش خوب مورد استفاده قرار گیرد. ارزیابی نقشه نهایی نشان داد که دقت نقشه تهیه‌شده ۸۴/۶ درصد و قابل‌قبول هست. پژوهش حاضر بر آن است تا با استفاده از روش‌های فرایند تحلیل شبکه عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش حوضه کندیرق چای را شناسایی کرده و آن را به لحاظ خطر رخداد زمین‌لغزش پهنه‌بندی کند. بنابراین انتخاب معیارها و استانداردها، تهیه لایه‌های رقومی عوامل و تهیه نقش پهنه‌بندی و دار جمله اهداف اصلی این پژوهش بوده تا مناطق حساسی که بیشترین احتمال خطر وقوع زمین‌لغزش در آن‌ها وجود دارد، شناسایی شود. در این فصل به معرفی ۱۰ عامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش‌های حوضه آبریز کندیرق‌چای شامل لیتولوژی، کاربری اراضی، بارش، شیب، جهت شیب،

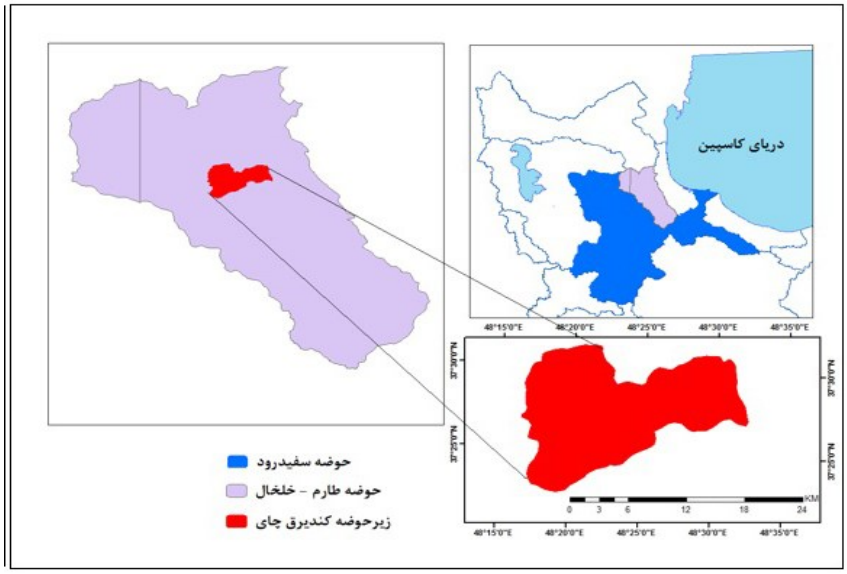
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه، شاخص قدرت آبراهه (SPI) و شاخص حمل رسوب (STI)، کلاس‌بندی عناصر آن‌ها، تأثیر هرکدام از این عوامل در وقوع زمین‌لغزش و تهیه نقشه عوامل ذکرشده با توجه به مدل‌های مورد استفاده جهت پردازش‌های بعدی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌پردازیم.

## روش تحقیق

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریزکندیرق‌چای که در شکل(۱) آمده است از جمله زیر حوضه‌های حوضه سفیدرود است که به دریای کاسپین می‌ریزد. با وسعتی برابر ۷۹۹۱/۵۹ هکتار، به لحاظ موقعیت شهرستانی، بخش عمده حوضه مورد مطالعه در شهرستان خلخال قرار دارد. در موقعیت جغرافیایی″37°31′9-37°25′52 عرضیات ″۴۸23′7/4°- ″48°32′39/1 طول شرقی قرارگرفته است. میانگین سطح ارتفاع منطقه ۱۵۴۰ متر است (نوکی، ۲۰۰۴). رودخانه کندیرق از بخش خورش رستم و از دامنه‌های غربی ارتفاع آق داغ سرچشمه گرفته و پس از عبور از روستاهای مسیر خود باجهت شمال‌شرقی و جنوب‌غربی در نزدیکی روستاهای مزرعه به قزل‌اوزن می‌پیوندد. به‌طورکلی رژیم بارش در حوضه کندیرق چای مدیترانه‌ای است. متوسط بارش سالانه در منطقه مورد مطالعه حدود ۳۰۰ میلی‌متر هست. به‌عبارت‌دیگر محدوده حوضه کندیرق چای دارای سه اقلیم مدیترانه‌ای خشک و گرم، مدیترانه‌ای گرم و مدیترانه‌ای معتدل است. به علت کوهستانی بودن منطقه، میزان بارندگی آن از سالی به سال دیگر متفاوت است. دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل هست. به بطوری‌که ارتفاعات شرقی و کوهستانی طالش سرد و پربرف و کنار رود قزل‌اوزن گرم و مرطوب بوده و در طول بیش از پنج ماه از سال دارای بارش برف سنگین هست. به لحاظ توپوگرافی منطقه مورد مطالعه یک منطقه کوهستانی است که ارتفاع آن از شرق به غرب و از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. وجود همین موقعیت توپوگرافی کوهستانی منجر به ایجاد تنوع اقلیمی در حوضه کندیرق چای شده است.




**شکل(۱). نقشه موقعیت حوضه آبریزکندیرق‌چای**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

**داده و روش کار**

**فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)**

فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) از مجموعه مدل‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیارِ هست. کار اصلی این مدل تعیین ارزش و اهمیت معیارها و شاخص‌ها و درنهایت ارزش نهایی گزینه‌های تصمیم‌گیری(در صورت وجود) است. بیشتر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیارِ با فرض استقلال معیارها، بناشده‌اند ولی این مورد همیشه به واقعیت نزدیک نیست. بنابراین در صورت استفاده، ممکن است انحرافی در نتیجه به‌دست‌آمده ایجاد شده و منجر به ارزیابی‌ها و تحلیل‌های نادرست گردد. بنابراین فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که به وابستگی بین معیارها تأکید دارد، انتخاب می‌شود. فرایند تحلیل شبکه‌ای به‌عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌ها به این منظور توسعه‌یافته است که بدون در نظر گرفتن فرضیاتی درباره رابطه سلسله مراتبی یک‌طرفه بین سطوح تصمیم، شرایط واقعی‌تری را برای تصمیم‌گیری فراهم آورد(نئوپان و پیانتاناکولچایی[1]، ۲۰۰۶). این مدل توسط آل ساعتی در سال ۱۹۹۶ به دنبال محدودیت‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در حل مسائل و ارزیابی اهمیت تجمعی کلی همه شاخص‌های درون یک مدل ارزیابی با ترکیب ارتباطات و بازخوردها در داخل یک سیستم تصمیم‌گیری ارائه شد (روستایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۴).

**نتایج**

جهت بررسی و تحلیل پراکنش زمین‌لغزش‌ها نسبت به عوامل مؤثر و هریک از رده‌های این عوامل، ابتدا مساحت کل منطقه مورد مطالعه، مساحت کل پهنه‌های لغزش یافته و مساحت هریک از کلاس‌ها برای تمامی عوامل مؤثر محاسبه گردید. سپس با تلاقی نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها با یک‌به‌یک عوامل، مساحت پهنه‌های لغزش یافته برای تمامی کلاس‌ها محاسبه گردید. لازم به ذکر است که تمام محاسبات فوق در محیط GIS و بر روی لایه‌های کلاسه‌بندی شده عوامل مؤثر صورت گرفته است. در مرحله بعد درصد مساحت کلاس‌های هر عامل و درصد سطح لغزش یافته آن‌ها به‌صورت روابط (۱) و (۲) محاسبه گردید:

رابطه (۱). ۱۰۰ × مساحت کل منطقه ÷ مساحت کلاس = درصد مساحت هر کلاس

رابطه (۲). ۱۰۰ × مساحت کل لغزش‌ها ÷ مساحت لغزش‌های کلاس = درصد لغزش‌ها در هر کلاس

به‌منظور تهیه نقشه عوامل مؤثر نقشه زمین‌شناسی و گسل‌های منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگ‌های ماسوله، خشت‌چین، خلخال، و گیوی و لایه رقومی زمین‌شناسی کل ایران تهیه‌شده در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران تهیه گردید شکل(۲ الف). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط با کاربری اراضی روی هم‌گذاری لایه‌های بارش با لایه کاربری اراضی نشان می‌دهد که مراتع با پوشش متوسط و اراضی زراعی آبی به ترتیب ۶۱/۳ و ۲۰ درصد از سطوح لغزشی در سطح این کاربری‌ها رخداده است. به‌عبارت‌دیگر در حوضه کندیرق چای بیشترین سطوح لغزشی در مراتع با پوشش متوسط و اراضی زراعی آبی رخداده است.

1 .Neaupane & Piantanakulchai,

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

همچنین بیش از ۹/۳ درصد سطوح لغزشی در مناطقی با کاربری مختلط زراعت و مرتع رخداده است شکل(۲ ب).

الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط با جهت شیب برهم‌کنش پراکندگی زمین‌لغزش‌ها و جهت شیب نشان می‌دهد که در حوضه کندیرق چای بیشترین لغزش‌ها در جهت شیب‌های شمال شرقی، شمالی و شمال غربی رخداده است که به ترتیب ۲۶ ۲۲/۷ و ۱۹/۳ کیلومترمربع در هرکدام از این سه دامنه دارای بیشترین سطوح لغزشی بوده است. همچنین سطوح هموار، جنوب شرقی و غرب هیچ سطح لغزش نداشته‌اند شکل(۲ ج). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط باکلاس‌های شیب ۱۲-۷ درصد بیشترین مساحت حوضه و بیشترین درصد سطح لغزش یافته را به خود اختصاص داده است. شیب ۱۷-۱۲ نیز به لحاظ مساحت و همچنین سطح لغزش یافته در رده بعدی قرار دارد. پس‌ازاین رده میزان سطح لغزش به سمت شیب‌های بالاتر کاهش‌یافته است. به‌طورکلی سه رده نخست بیشترین مساحت شیب و بیشترین درصد سطح لغزش یافته را به خود اختصاص داده‌اند و به ترتیب ۳۸/۶، ۱۹/۳ و ۱۶/۶ درصد از سطوح لغزشی را دارا بوده‌اند.

الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط بافاصله از جاده تلاقی نقشه پراکنش لغزش‌ها و لایه کلاس‌های فاصله از جاده نشان می‌دهد که نمی‌توان الگوی پراکندگی خاصی را در ارتباط بافاصله از جاده در نظر گرفت. برهم‌کنش لایه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و فاصله از جاده در حوضه آبریزکندیرق‌چای نشان می‌دهد که بیشترین تعداد زمین‌لغزش‌ها در فاصله کوتاهی از جاده‌ها قرار دارند. به‌عبارت‌دیگر کلاس‌های ۱۰۰۰- ۰ و ۲۰۰۰- ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰-۳۰۰۰ متری در حوضه مورد مطالعه بیشترین زمین‌لغزش‌های را به خود اختصاص داده‌اند. (شکل ۳ د). نقشه کاربری اراضی حوضه آبریزکندیرق‌چای ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و سپس با انجام مشاهدات میدانی و استفاده از اطلاعات موجود در مرکز تحقیقات و منابع طبیعی اردبیل تهیه و در هشت رده طبقه‌بندی شد شکل(۲س). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط باکلاس‌های بارشی نقشه کلاس‌های بارش حوضه کندیرق چای نشان می‌دهد که بیشترین مساحت در حوضه به ترتیب مربوط به کلاس بارشی سالانه ۳۳۵-۳۲۵ و ۳۲۵- ۳۱۵ میلی‌متر هست، که به ترتیب ۵۷ و ۵۲ کیلومترمربع از مساحت کل منطقه را در برگرفته است. کمترین مساحت کلاس بارشی نیز مربوط به رده ۳۵۴- ۳۴۵ میلی‌متر (۳۱ کیلومترمربع) هست. انطباق زمین‌لغزش‌های رخداده در حوضه با نقشه بارش نشان می‌دهد که مناطقی از حوضه کندیرق چای که دارای میانگین بارشی بین ۳۲۵- ۳۱۵، ۳۱۵- ۳۰۵ و ۳۳۵- ۳۲۵ میلی‌متر بوده‌اند به ترتیب بیشترین زمین‌لغزش‌ها را داشته‌اند. به‌عبارت‌دیگر رده‌های بارشی ۳۲۵- ۳۱۵، ۳۱۵- ۳۰۵ و ۳۳۵- ۳۲۵ به ترتیب ۳۲، ۲۸ و ۱۸/۶ درصد از زمین‌لغزش‌های حوضه کندیرق چای را به خود اختصاص داده‌اند.

الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط با SPI برهم‌کنش نقشه قدرت آبراهه و پراکنش زمین‌لغزش‌ها در حوضه کندیرق چای نشان می‌دهد که بیشترین تعداد و مساحت زمین‌لغزش‌ها در کلاس‌های ۲۰۰۰- ۱۲۰۰ و ۲۵۰۰- ۲۰۰۰ رخداده است. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت در مناطقی از حوضه مورد مطالعه که قدرت فرسایندگی آبراهه‌ها بیشتر بوده، زمین‌لغزش‌های بیشتر و وسیع‌تری نیز رخداده است. به

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

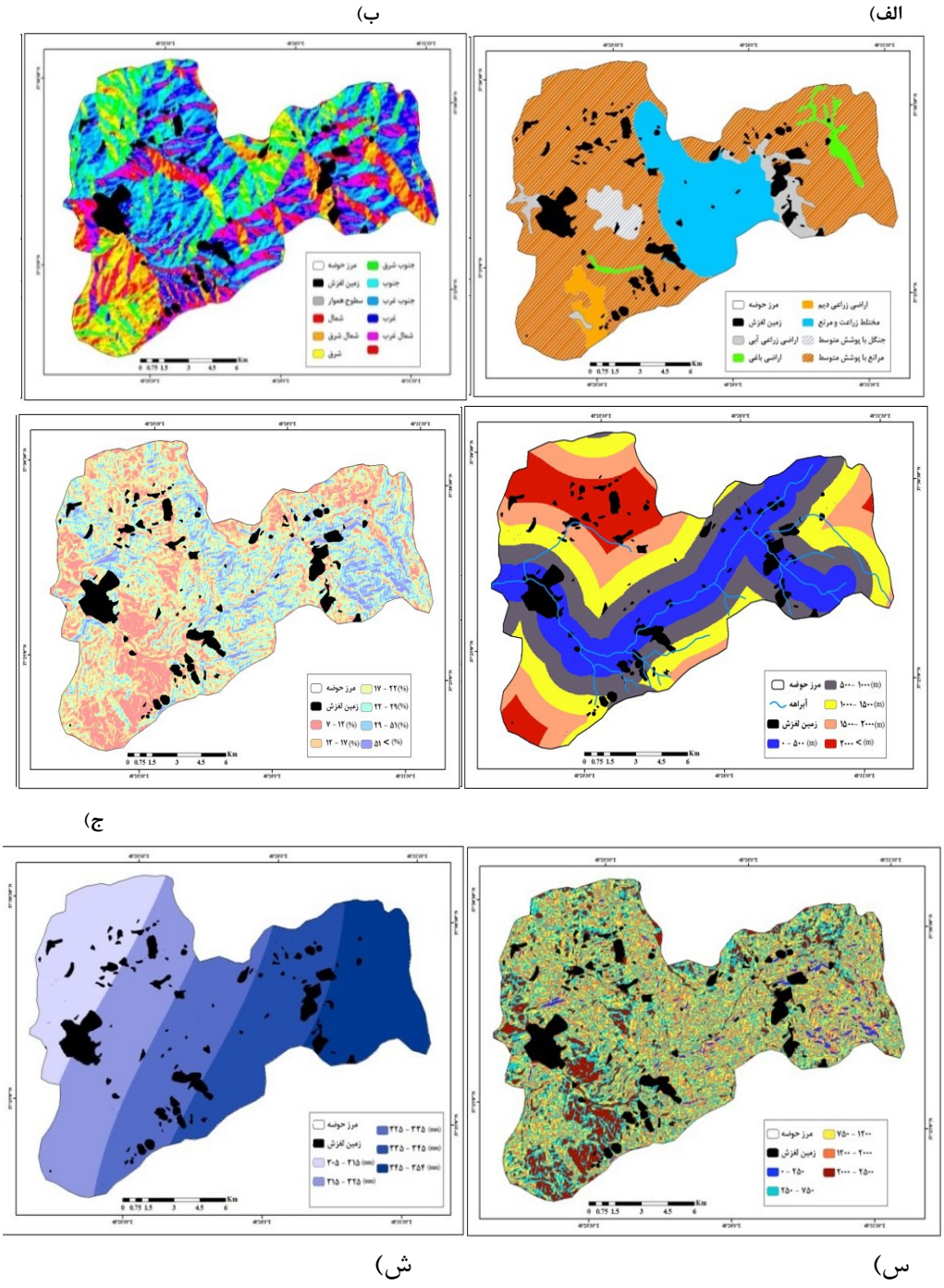
بطوریکه در حدود ۷۷ درصد رخدادهای زمین‌لغزشی در کلاس ۲۵۰۰ – ۲۰۰۰ اتفاق افتاده است. شکل(۲ ش).

شکل(۲ ن). نقشه فاصله از گسل در حوضه آبریز کندیرق‌چای نقشه فاصله از گسل‌ها با استفاده از لایه رقومی گسل‌ها (پایگاه داده‌های علوم زمین) تهیه و جهت آنالیزهای بعدی آماده‌سازی شد. کلاس‌های لایه فاصله از گسل با استفاده از نمودار فراوانی پیکسل‌ها در محیط Arc GIS استخراج و نقشه آن‌ها ترسیم شد. همچنین کمترین مساحت مربوط به رده ۵۰۰۰-۴۰۰۰ و بیشتر است که ۲۷ کیلومترمربع مساحت دارد. شکل(۲و) الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط بافاصله از گسل تلاقی نقشه‌های پراکنش زمین‌لغزش‌ها و فاصله از گسل نشان می‌دهد که حدود ۴۸/۶ درصد لغزش‌های حوضه در رده ۱۰۰۰-۰ متری رخداده است و پس‌ازآن رده ۳۰۰۰- ۲۰۰۰ متری قرار دارد که ۲۴ درصد مساحت زمین‌لغزش‌ها را به خود اختصاص داده است. پراکنش زمین‌لغزش‌ها در ارتباط بافاصله از گسل نشان می‌دهد که بافاصله گرفتن از گسل‌ها از مساحت سطوح لغزش یافته کاسته می‌شود. در این پژوهش برای مقایسه زوجی و تعیین ضریب پارامترها از مدل فرآیند تحلیل شبکه برای اجرای مدل ANP ابتدا بر اساس ماهیت داده‌ها و ارتباطات موجود بین آن‌ها، پارامترها در چهار خوشه اصلی ۱) پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی ۲) پارامترهای زمین‌شناسی ۳) پارامترهای انسانی و پوشش زمین و ۴) پارامترهای ژئومورفولوژیکی دسته بندی شدند. در ادامه با مشخص شدن خوشه‌ها، ساختار شبکه‌ای بین خوشه‌ها و پارامترهای در نظر گرفته‌شده تشکیل شد. تمامی مراحل مربوط به مقایسات زوجی بین خوشه‌ها معیارها و روابط درونی آن‌ها در محیط نرم‌افزار Super Decision صورت گرفته و نتایج کار به‌صورت جدول ابر ماتریس غیر وزنی؛ ابر ماتریس وزنی و ابر ماتریس حدی نمایش داده‌شده است. پس از محاسبه وزن پارامترها و تشکیل ابر ماتریس‌های سه‌گانه (ابر ماتریس غیر وزنی، ابر ماتریس وزنی و ابر ماتریس حدی).

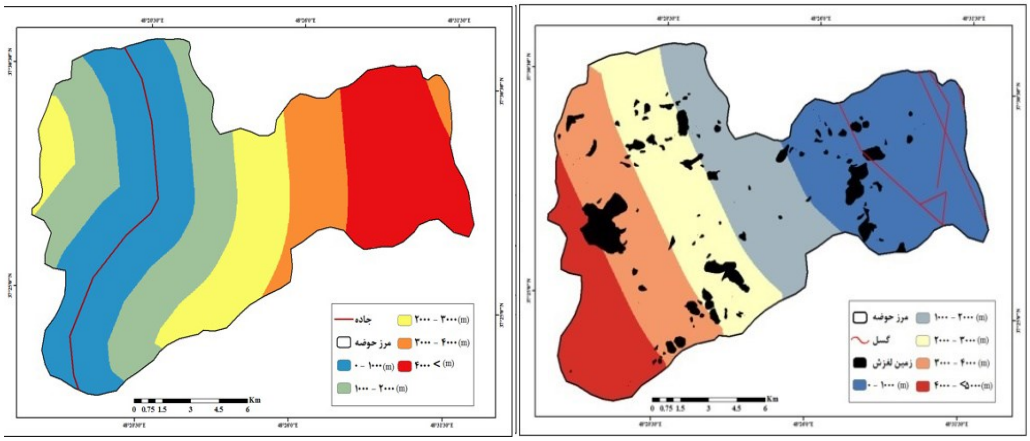
**جدول(۱). اطلاعات حاصل از برهم‌کنش زمین‌لغزش‌ها و لایه فاصله از گسل**

| مساحت (درصد) | سطح لغزش یافته ($km^2$) | مساحت ($km^2$) | فاصله از گسل |
|---|---|---|---|
| **۴۸/۶** | ۷/۳ | ۸۲ | ۰ – ۱۰۰۰ |
| **۲۰/۶** | ۳/۱ | ۴۲ | ۱۰۰۰ – ۲۰۰۰ |
| **۲۴** | ۳/۶ | ۳۶ | ۲۰۰۰ – ۳۰۰۰ |
| **۴/۶** | ۰/۷ | ۳۴ | ۳۰۰۰ – ۴۰۰۰ |
| **۲** | ۰/۳ | ۲۷ | -۵۰۰۰ < |

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]




[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]



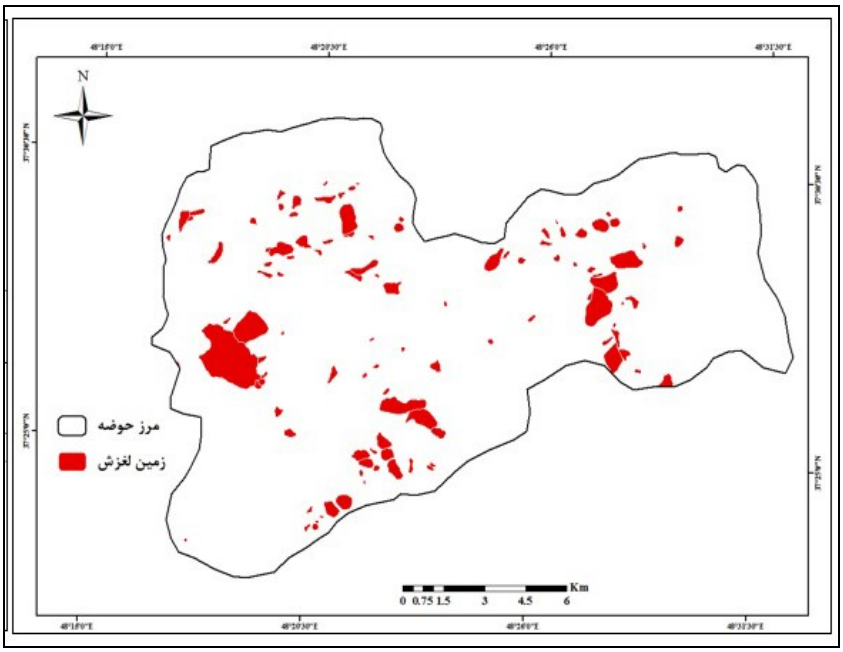
و) ن)

**شکل(۲). (الف). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط با کاربری اراضی (ب). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط با جهت شیب (ج). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط باکلاس‌های شیب (د). نقشه کاربری اراضی حوضه آبریزکندیرق‌چای (س). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط باکلاس‌های بارشی رخدادهای زمین‌لغزشی در کلاس ۲۵۰۰ – ۲۰۰۰ اتفاق افتاده است. شکل(۲ ش). (ن). نقشه فاصله از گسل در حوضه آبریزکندیرق‌چای (و). الگوی مکانی زمین‌لغزش‌های حوضه آبریزکندیرق‌چای در ارتباط بافاصله از گسل**

**لایه زمین‌لغزش‌ها**

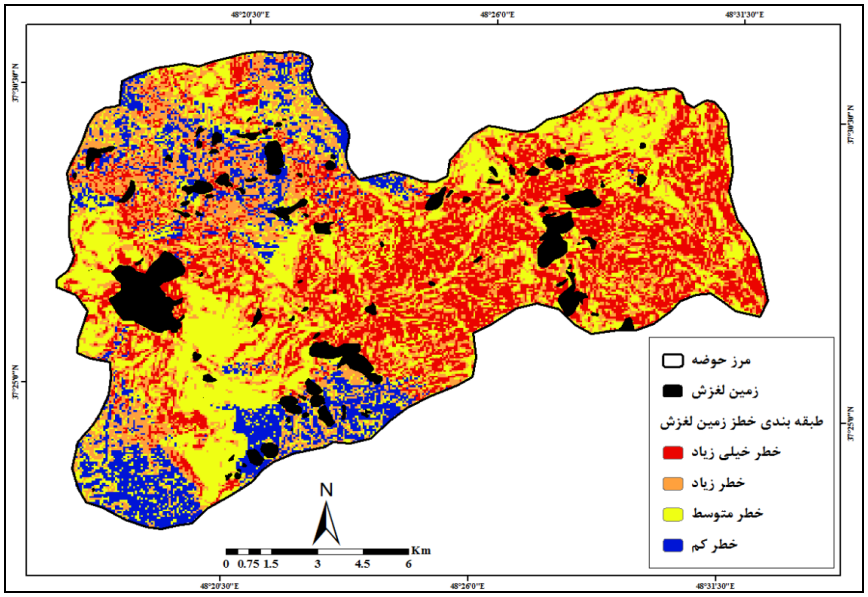
حوضه آبریزکندیرق‌چای دارای پتانسیل بالای زمین‌لغزش هست و زمین‌لغزش‌های زیادی در آن رخداده است. جهت تهیه نقشه زمین‌لغزش‌های رخداده در حوضه موردبررسی، از عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰، تصاویر ماهواره لندست، تصاویر ماهواره‌ای Bing استفاده گردید و مناطق لغزشی تعیین و موقعیت آن‌ها در نرم‌افزار Google earth تعیین شد. سپس موقعیت دقیق‌تر زمین‌لغزش‌ها با بررسی‌های میدانی و به کمک اطلاعات و نقشه‌های موجود به دست آمد. درنهایت موقعیت و پراکندگی زمین‌لغزش‌های رخداده در حوضه آبریزکندیرق‌چای به‌صورت شکل(۳) تهیه شد. تعداد کل زززمین‌لغزش‌های رخداده در حوضه آبریزکندیرق‌چای ۷۳ مورد و جمعاً به مساحت حدود ۱۵ کیلومترمربع هست.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]




شکل(۳). پراکنش زمین‌لغزش‌ها در حوضه آبریزکندیرق‌چای

و لایه به‌دست‌آمده بر اساس شکست‌های طبیعی نمودار فراوانی پیکسل‌ها و باهدف مقایسه نتایج با روش به ۴ کلاس لغزشی تقسیم گردید و نقشه نهایی پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه کندیرق چای به دست آمد شکل(۴).




شکل(۴). نقشه نهایی پهنه‌بندی زمین‌لغزش حوضه کندیرق چای

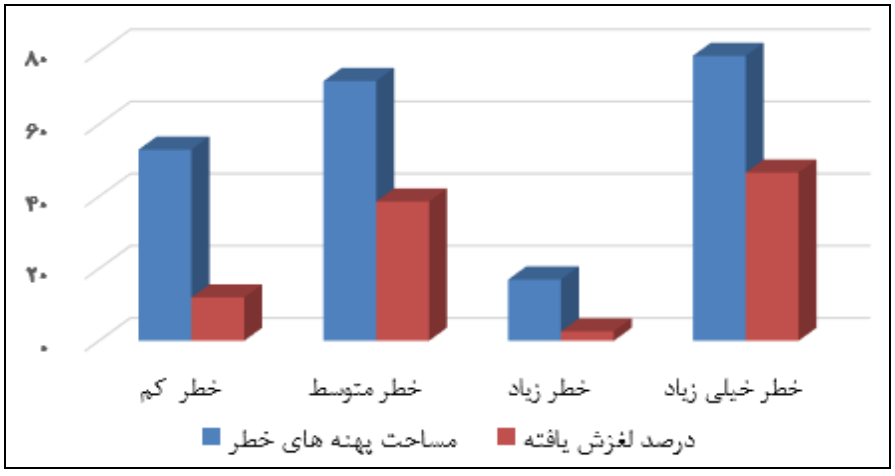
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

**ارزیابی مدل**

در این پژوهش پس از بررسی‌های به‌عمل‌آمده از منطقه، شناسایی موقعیت زمین‌لغزش‌های رخداده در منطقه و الگوی توزیع مکانی آن‌ها ۱۰ عامل شامل لیتولوژی، کاربری اراضی، بارش، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه، شاخص قدرت آبراهه (SPI) و شاخص حمل رسوب (STI) به‌عنوان عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش برای حوضه کندیرق چای و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش این حوضه انتخاب شدند. به‌منظور تخمین میزان دقت و صحت سنجی نقشه پهنه‌بندی خطر نهایی، پراکنش زمین‌لغزش‌ها با نقشه پهنه‌بندی روی هم‌گذاری شد و درصد رخداد زمین‌لغزش در هرکدام از پهنه‌ها به دست آمد. بر اساس جدول(۲) پهنه‌های با خطر کم و پهنه با خطر خیلی زیاد دارای کمترین مساحت در سطح حوضه کندیرق چای هست. از طرف دیگر پهنه‌های با خطر متوسط و زیاد بیشترین مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. تطبیق سطوح لغزش یافته و پهنه‌های مواجه با خطر نشان می‌دهد که مناطقی که در رده خطر متوسط و زیاد قرار دارند دارای بیشترین مساحت از سطوح لغزشی هستند. به بطوریکه پهنه با خطر متوسط ۳۸/۶ درصد (۷۲ کیلومترمربع) و پهنه با خطر زیاد ۴۶/۶ درصد (۷۹ کیلومترمربع) از زمین‌لغزش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت که دقت و صحت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از قضیه بیز در حوضه کندیرق چای قابل‌قبول است. زیرا بیش از ۸۵ درصد زمین‌لغزش‌ها با پهنه‌های خطر متوسط و زیاد مطابقت دارند.

**جدول(۲). پهنه‌های خطر زمین‌لغزش و درصد سطوح لغزشی**

| پهنه‌های خطر | مساحت ($km^2$) | سطح لغزش یافته ($km^2$) | مساحت (درصد) |
|---|---|---|---|
| خطر کم | ۵۳ | ۱/۸ | ۱۲ |
| خطر متوسط | ۷۲ | ۵/۸ | ۳۸/۶ |
| خطر زیاد | ۱۷ | ۰/۴ | ۲/۶ |
| خطر خیلی زیاد | ۷۹ | ۷ | ۴۶/۶ |




**شکل(۵). نمودار مساحت پهنه‌های خطر و درصد سطح لغزش یافته آن‌ها**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

## نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعه انجام‌شده و تجزیه و تحلیل‌های گردآوری‌شده از مدل ANP به این نتیجه رسیدیم که حوضه آبریزکندیرق‌چای دارای پتانسیل بالای زمین‌لغزش هست و زمین‌لغزش‌های زیادی در آن رخداده است. نقشه نهایی پهنه‌بندی زمین‌لغزش حوضه ازنظر حساسیت وقوع زمین‌لغزش در ۴ کلاس طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان می‌دهد که پهنه‌های با خطر کم و پهنه‌هایی با خطر زیاد دارای کمترین مساحت در سطح حوضه کندیرق چای هستند. از طرف دیگر پهنه‌های با خطر متوسط و خطر خیلی زیاد بیشترین مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. روی‌هم گذاری سطوح لغزش یافته و پهنه‌های خطر نشان می‌دهد که مناطقی که در رده خطر خیلی زیاد و متوسط قرار دارند دارای بیشترین مساحت از سطوح لغزشی هستند. به‌طوری‌که در پهنه با خطر خیلی زیاد ۳۵ درصد(۷۹ کیلومترمربع) و پهنه با خطر زیاد ۳۲/۶ درصد(۷۲ کیلومترمربع) از زمین‌لغزش‌ها جای گرفته‌اند. به‌عبارت‌دیگر بیش از ۷۷ درصد زمین‌لغزش با پهنه‌های خطر خیلی زیاد و متوسط مطابقت دارند. در حوضه کندیرق چای بیشترین زمین‌لغزش در مراتع با پوشش متوسط و اراضی زراعی آبی رخداده است. ۹/۳ درصد سطوح لغزش در مناطق با کاربری مختلط زراعت و مرتع رخداده است. همچنین عوامل سنگ‌شناسی، شیب و فاصله از آبراهه بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند. در لایه فاصله از آبراهه بیشترین مقدار لغزش‌ها در طبقه اول یعنی فاصله ۰ تا ۵۰۰ متری بوده است که برابر با ۴۱ درصد بوده است.

در لایه فاصله از جاده کلاس ۰ تا ۱۰۰۰ متری با ۳۵ درصد زمین‌لغزش‌ها بیشترین درصد از زمین‌لغزه‌ای رخداده را به خود اختصاص داده است و این نشان می‌دهد که بیشترین تعداد زمین‌لغزش‌ها در فاصله کوتاهی از جاده‌ها قرار دارند. در نقشه نهایی زمین‌لغزش نیز این مناطق عمدتاً به‌عنوان مناطق با خطر زیاد و خیلی زیاد معرف شده‌اند. جهت دامنه‌های از دیگر لایه‌های تأثیرگذار در وقوع لغزش‌های منطقه است بر اساس ارزیابی این لایه بیشترین لغزش‌ها در جهت شیب‌های شمال شرقی، شمالی و شمال غربی رخداده است. در لایه سنگ‌شناسی نیز لایه‌های مارس، گچ، ماسه‌سنگ همراه با توسعه محلی کنگلومرای بیشترین اثرگذاری را در وقوع زمین‌لغزش‌ها داشته‌اند.

## منابع

اسفندیاری، فریبا، بهشتی جاوید ابراهیم، فتحی محمدحسین (۱۳۹۳)، **پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با استفاده از قضیه بیز-وزن شواهد(مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیاه رود)**، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳(۱۲):

امامی، سید نعیم؛ غیومیان، جعفر. (۱۳۸۲). **پژوهشی بر سازوکار زمین‌لغزش‌ها بر روی واریزه‌های دامنه‌ای (مطالعه موردی لغزش افسر آباد استان چهارمحال و بختیاری)**. مجموعه مقالات سومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۳۲۸.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

پور قاسمی، حمیدرضا، حمیدرضا مرادی، مجید محمدی، رئوف مصطفی‌زاده و عباس گلی جیرنده (۱۳۹۱)، **پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری بیزین**، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک، ۱۶(۶۲): ۱۰۹-۱۲۲.

خسرو زاده و همکاران، ۱۳۸۷، **مطالعه حرکت‌های توده‌ای(زمین‌لغزش) ازلحاظ شکل زمین(مطالعه موردی: سری ارزفون، صنایع چوب و کاغذ مازندران**، اولین کنفرانس بین المللی تغییرات زیست محیطی منطقه خزری، دانشگاه مازندران، بابلسر.

رامشت، محمد حسین؛ سمیه السادات شاهزیدی. (۱۳۹۰). **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی، منطقه‌ای، اقتصادی**، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه اصفهان.

روستایی، شهرام، لیلا خدائی، دکتر داود مختاری، خدیجه رضا طبع و فاطمه خدائی(۱۳۹۴)، **کاربرد تحلیل شبکه**

روستائی، شهرام، لیلا خدائی و فاطمه خدائی. (۱۳۹۳). **ارزیابی روش‌های تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل چندمعیاره مکانی در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در محدوده محور و مخزن سدها(مطالعه موردی: سد قلعه چای**، (پژوهش های جغرافیای طبیعی)، ۴۶(۴):. ۵۰۴-۴۹۵

روستائی، شهرام، لیلا خدائی، دکتر داود مختاری، خدیجه رضا طبع و فاطمه خدائی (۱۳۹۴). **کاربرد تحلیل شبکه ای (ANP) در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در محدوده محور و مخزن سد قلعه چای**، مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۴(۵):۵۹-۷۴.

شکاری‌بادی، علی؛ معتمدی راد, علی؛ محمدی نیا، ملیحه (۱۳۹۴). **تلفیق مدل ANP و شاخص آنتروپی شانون در برآورد عوامل مؤثر در وقوع و پهنه‌بندی خطرزمین لغزش(مطالعه موردی: حوضه فاروبرومان نیشابور)**، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۶(۲۲): ۸۹-۱۰۳.

عابدینی، موسی؛ روستایی، شهرام؛ فتحی، محمد حسین (۱۳۹۵). **پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل هیبریدی قضیه بیز و ANP(مطالعه موردی: کرانه جنوبی حوضه آبریز اهزچای از ر وستای نصیرآباد تا سد ستارخان)**، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۵(۱):۱۴۲-۱۵۹.

علیجانی، بهلول، منیژه قهرودی و ابوالقاسم امیر احمدی، ۱۳۸۶؛ **پهنه بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه اسطرخی شیروان)**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۸۴: ۱۳۱– ۱۱۶.

علیمرادی، مسعود (۱۳۸۹) **ارزیابی و مقایسه دو روش رگرسیون چند متغیره(MR) و تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از تکنیک GIS (مطالعه موردی: پادنای سمیرم)**، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی.

عنایتی مقدم، علیرضا، (۱۳۸۶)؛ **ارزیابی عوامل ایجاد زمین‌لغزش‌های جاده‌ای در منطقه پادنای سمیرم و ارائه راهکارهای مناسب جهت تثبیت آن‌ها**، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی گرایش مهندسی، دانشگاه اصفهان.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

گرایی، پرویز، کریم سلیمانی، سید رمضان موسوی و عطاء الله کاویان، ۱۳۸۸؛ **مدل سازی منطقه‌ای خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره در حوضه آبخیز لاجیم رود ساری**، مجله علوم زمین، ۱۹(۷۳): ۳۶- ۲۹.

محمدنیا ملیحه، فلاح قالهری غلامعباس.(۱۳۹۷)، **شبیه سازی احتمال وقوع زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی** .نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۸ (۴۸) :۱۳۰-۱۱۵.

محمودی، ف. (۱۳۸۳) ژئومورفولوژی ساختمانی (رشته جغرافیا)، انتشارات پیام نور، چاپ ششم، بهمن ۸۳. مقیمی، ابراهیم و همکاران (۹۲ ۱۳)، **ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه، پژوهش‌های کمی**، ۱(۴): ۱۱۸-۱۰۳.

مصفایی، جمال، مجید اونق، منصور مصداقی و محسن شریعت‌جعفری، (۱۳۸۸)؛ **مقایسه کارایی مدل‌های تجربی و آماری پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: آبخیز الموت رود)**، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۶(۴): ۶۱-۴۳.

نظم‌فر، حسین؛ بهشتی، ابراهیم. (۱۳۹۵). **کاربرد مدل ترکیبی فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی در پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین لغزش**. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۷(۱): ۵۳-۶۸.

همتی فریبا، حجازی سید اسداله. (۱۳۹۶)، **پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش آماری رگرسیون لجستیک در حوضه آبریز لواسانات**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۷ (۴۵) :۲۴-۷.

**Agterberg**, F.P., Bonham-Carter, G.F. (Eds.), Statistical applications in the Earth Sciences: Geological Survey of Canada, Paper, 89 (9), 171–183.

Barbieri. G. Cambuli. P. (2009). **The weight of evidence statistical method in landslide susceptibility mapping of the Rio Pardu Valley Sardinia, Italy.** In Andersen R.S. Braddock R.D Newham, L.T.H. (Eds.), 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and NewZealand and International Association for Mathematics and Computers in Simulation, July 2009, 24 (1): 2658–2664.

Binaghi E Luzi L madella P Pergalani F Rampini (1998). **Slopeinstability zonation: comparison between certainy factor and fuzzy dempster-shafer approaches**,natural hazards, (17): 77-97.

Biswajeet P. (2010), **Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: Backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modeling Original Research Article**, Environmental Modeling & Software, 25(6), 747-759.

Bui.H.B.Q.Nguyen and V.T.nguyen. (2008)**. GIS-based weight of evidence modeling for landslid susceptibility mapping at jaechon area,korea.International symposium on Geoinformatics for spatial infrastructure Development in Earth and Allied sciences**

Carter, G.F., Agterberg, F.P., Wright, D.F. (1989). **Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential.**

Chau.K.T.Seze.Y.L.M.K.Fang.W.Y.Wong.E.L.fong.L. P. (2003). **Landslide hazard an analysis for Hongkong.using landslide in ventory and GIS.K.T**.computers.and Geosciences .pp .429-443.

Denison, D.G.T., Holmes, C.C., Mallick, B.K., Smith, A.F.M., (2002) **Bayesian Methods for Nonlinear Classification and Regression.** John Wiley & Sons, Chichester, west Sussex.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinalli, M., Reichenbach, P., (1999). **Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-case study, central Italy**. Geomorphology (31),181–216.

Jappan:.part II **Gis-basd sas ptibility mapping with com parisons of results from two methods and rerifications.**Engineering Geology.(81):432-445

Komac, C, M, and.F.G.erald. (2006). **A landslide suscepllity.mpdel using thean Analysticalhierarchy process method and multiviariate ststiscsim perialpine Slovenia,** Geomorphology,(174),:17-28.

Kumar Dahal.R. (2008). **Predictive Modeling of Rainfall-induced landslide Hazard in th lesser Himalaya of Nepal Based on weights-of-evidence.Geomorphology.vol**.(102):496-510

Mathew, J., V.K. Jha and G.S. Rawat. (2007). **Weights of evidence modeling for landslide hazard zonation mapping in part of Bhagirathi valley**, Uttarakhand. Current Sci. 92(5), 628-638.

Mohammady, M., Pourghasemi, H.R., Pradhan, B. (2012). **Landslide susceptibility mapping at Golestan Province, Iran: Acomparison Between frequency ratio,** Dempster–Shafer, and weights-of-evidence models, Journal of Asian Earth Sciences (2012) 221–236.

Nagarajan,R,A,Roy.R.vinodkumar,A,Makherjee.and M.V.Khire, (2000). **Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical mansoon Reggions,Bull eng Geolenv**.58.

Neaupane, K.M., M. Piantanakulchai (2006) **Analytic network process model for landslide hazard zonation, Engineering Geology** (85). 281–294.

Piacentinia.D.troiani.F.soldati.M.notarniccola.C.savelli.D.**scheiderbaur.S.strada**.C, (2012), **statical Analysis for ssessing shallow-landslide suseotibility in south tyrol(south-Eastern Alps,Italy). Geomorphology vol** Pp. (151). 196-206.

Poli, S., Sterlacchini, S. (2007). Landslide representation strategies in susceptibility Studies **using weights-of-evidence modeling technique. Natural Resources Research, 16,121–134.**

**Regmi, Netra R., John R. Giardino, John D. Vitek** (2010), Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA, and Geomorphology (115). 172–187.

Saaty, T. L. (2005). **Making and valldating comply declslons ith th AHP/ANP.Jornal of sstems science and systems Engineering**/vol.14.wo/I.pp.1-36

Sanwei He, Peng Pan, LanDai, Haijun Wang, Jiping Liu. (2012). **Application of kernel based Fisher discriminant analysis to map landslide Susceptibility in the Qinggan River delta**, Three Gorges, China, and Geomorphology 171–172 (2012) 30–41

Schustr.R.L.1978.R.Lfleming.RW.1978.**Economic losses and fatalities due to landslids Builiention of the association of Engineering Geologists**.23 (1).11-28

Terzaghi.k. (1950). **mechonisms of landslides.and Geotechnical** society of America.Berkeley. Pp .83-125.

Tuzkaya, G. tuzkaya. u. R, Lsun .B. G. (2008) **Istanbul.turky.**Journal**.**

Van Westen, C.J., (2002). **Use of weights of evidence modeling for landslide susceptibility** mapping. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Enschede, the Netherlands. .88. 970-983.

Van westn.J, N, Rangers.M.J.trlien and R.soeters. (1996). **prdiction of the occurrnc of slope instability phenomena through Gis-Basd hazard zonation.instability zonation:Exrciss**.TTc.and publication namber150.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]
[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]

Varnes .D. J. (1989). **Landslide typ, proceses.landslides, and Engineering practice.E.B.Eckel (FD). Special report No. 29.** Highway Research Board. Pp.2- (1989)

Zezer. J. L. (1999). **landslid in the north of Lisbon region (portugl). Conditioning and triggering Factors.** PHys.chem.erth, 51, 24:925.

ZHU.C. X. wang. (2009). **landslid susceptility mapping:A comparison of information and weights of-evidence methods in three Gorgesarea.International cconference on Environmental sglence and information application technology. Doi**.119/ESIAT.2009.187:342-346.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.15.5 ]

[ DOI: 10.52547/jgs.21.62.243 ]