

# تهیه نقشه خطر زمین لغزش با استفاده از مدل تراکم سطح و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سامانه‌ها

مجید محمدی<sup>۱</sup>، دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس  
حمیدرضا مرادی، استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس  
سادات فیض‌نیا، استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران  
حمیدرضا پورقاسمی، استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۷/۲۴

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۲/۱۶

## چکیده

زمین لغزش از جمله سوانح طبیعی است که همه‌ساله موجب بروز خسارت‌های فراوان مالی و جانی در کشور می‌شود. در سال‌های اخیر، وقوع زمین لغزش در مناطق شمالی کشور به دلیل تغییر کاربری و احداث جاده افزایش یافته است. این پدیده در کشورهای رو به رشد، به دلیل افزایش سریع جمعیت و تخریب سریع منابع طبیعی شدیدتر است. روش‌های متعددی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش وجود دارد. در این تحقیق، از روش‌های تراکم سطح و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه استفاده شد. به منظور تهیه نقشه خطر زمین لغزش، ابتدا با مطالعات میدانی نقشه پراکنش زمین لغزش حوضه و سپس نقشه عوامل موثر بر زمین لغزش تهیه و اولویت‌بندی عوامل موثر با استفاده از روش AHP، انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که خصوصیات سنگ‌شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب، به ترتیب عوامل اصلی موثر در وقوع زمین لغزش در منطقه هستند. همچنین ارزیابی مدل‌ها با استفاده از شاخص جمع کیفی نشان داد که مدل تراکم سطح، نسبت به مدل تحلیل سلسله‌مراتبی، دقت بیش‌تری داشته است.

واژگان کلیدی: احداث جاده، پهنه‌بندی، تخریب، تغییر کاربری، سنگ‌شناسی

## مقدمه

زمین لغزش هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را در نقاط مختلف دنیا به بار می‌آورد. ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی، مستعد وقوع این پدیده است (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰). طبق بررسی‌های انجام شده، تاکنون بالغ بر ۴۱۰۰ زمین لغزش در کشور به ثبت رسیده و بر اساس گزارش کمیته بلایای طبیعی ایران، طی برنامه پنج‌ساله اول، خسارات ناشی از بلایای طبیعی در کشور، بالغ بر ۱/۶ میلیارد دلار برآورد شده که بخش اعظم آن مربوط به خسارات زمین لغزش است (باقریان و همکاران، ۱۳۸۴).

آبخیزداری، فن و هنر استفاده بهینه از منابع موجود در یک حوزه آبخیز و بهبود وضعیت آبخیزنشینان است و برای انجام این مهم، توجه به محدودیت‌های طبیعی، نظیر زمین لغزش امری ضروری است. در ایران و دیگر کشورها مطالعات زیادی در خصوص حرکات توده‌ای صورت گرفته است. محمدخان (۱۳۸۰) با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله‌مراتبی سامانه‌ها در حوزه آبخیز طالقان، مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای را ارائه نمود. نتایج حاصله نشان داد که نقش سنگ‌شناسی بیش‌تر از عوامل دیگر بوده، بعد از آن، کاربری اراضی، شیب، جهت، ارتفاع و بارش به ترتیب دارای بیش‌ترین اثر بر روی وقوع زمین لغزش بوده‌اند.

<sup>۱</sup> mohammadi\_majid@yahoo.com

کلارستاقی (۱۳۸۱)، در بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شیرین رود-تجن به این نتیجه رسید که عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، بارندگی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی، در وقوع زمین‌لغزش‌ها مؤثر بوده‌اند. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۳) حوزه آبخیز شیرین‌رود تجن را با استفاده از چهار روش ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح، شاخص هم‌پوشانی و تحلیل سلسله‌مراتبی سامانه‌ها پهنه‌بندی خطر زمین لغزش نمودند. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از شاخص نسبت تراکمی انجام شد که حاکی از مناسب بودن روش شاخص هم‌پوشانی برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش در منطقه بود.

شادفر و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی عوامل مؤثر در حرکات توده‌ای در حوزه آبخیز چالک‌رود مانند سنگ‌شناسی، شیب، ارتفاع، نوع کاربری و فاصله از گسل، اقدام به پهنه‌بندی خطر لغزش نمودند. نتایج نشان داده که لایه‌های حاوی رس، مارن و سیلت در شیب‌های ۳۰-۵۰ درجه، ارتفاع ۲۰۰۰-۲۵۰۰ و فاصله از گسل ۰-۱۰۰۰ متر، بیش‌ترین حساسیت به خطر وقوع لغزش را دارند. شیروانی و همکاران (۱۳۸۴)، عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، شامل زمین‌شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، شتاب ثقل افقی و بارش را در حوزه آبخیز رودخانه ماربر مورد تحقیق قرار داده و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از روش آماری دو و چند متغیره تهیه کردند؛ نتایج نشان داد که روش آماری دو متغیره، نسبت به روش چند متغیره، دقت قابل توجهی داشته، انطباق بیش‌تری با قابلیت لغزه‌خیزی منطقه دارد.

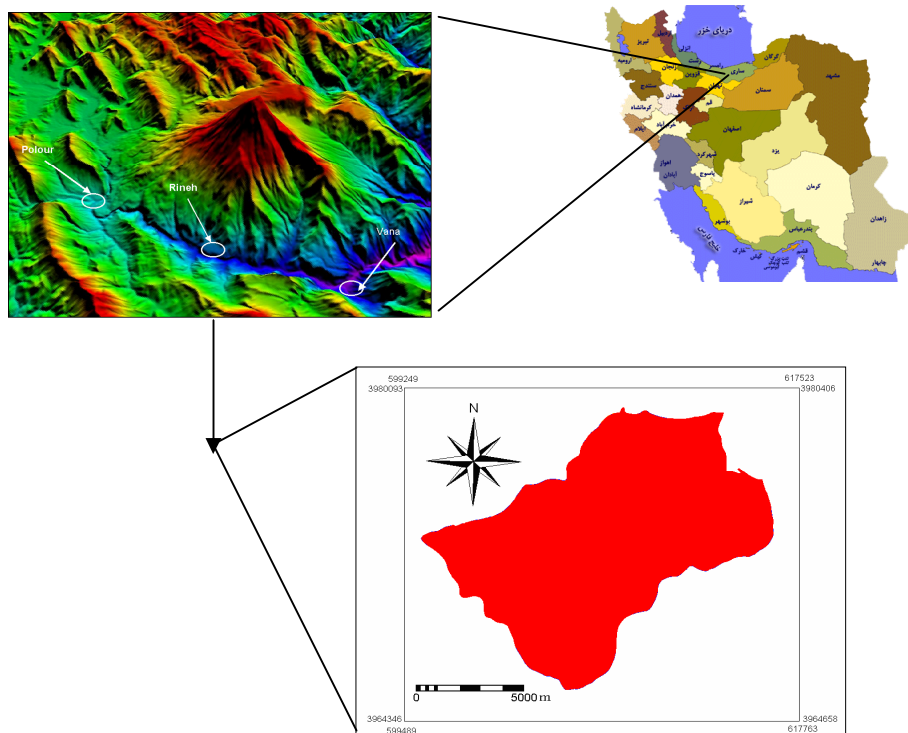
مصفايي (۱۳۸۵)، اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز الموت با استفاده از مدل‌های موروارسون، تراکم سطح، AHP و رگرسیون چندمتغیره نمود؛ ارزیابی مدل‌ها با استفاده از ضریب جمع کیفی، مدل رگرسیون چندگانه را به‌عنوان مدل مناسب برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش در منطقه معرفی کرد. Guzzetti و همکاران (۱۹۹۹)، بیان کردند تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش‌ها با استفاده از روش آنالیز دو و چند متغیره، ارتباطی بین عوامل تشکیل دهنده زمین‌لغزش‌ها به‌وجود می‌آورد؛ آن‌ها روش‌های آماری را برای بررسی زمین‌لغزش روشی مناسب معرفی کردند. در تحقیقی، Campus و Scavia (۲۰۰۰)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، به تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش‌ها پرداختند؛ آن‌ها از دو روش تجزیه و تحلیل آماری دو و چند متغیره برای تهیه نقشه پهنه-بندی خطر زمین‌لغزش استفاده و این روش‌ها را مناسب ارزیابی کردند. Ayenew و Barbieri (۲۰۰۵)، در اتیوپی با بررسی عوامل مؤثر بر وقوع لغزش‌ها، مانند توپوگرافی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خصوصیات ژئوتکتونیک و وضعیت هیدرولوژیکی، اقدام به تهیه نقشه پایداری زمین‌لغزش‌ها کرده و چهار منطقه با پایداری خیلی کم، کم، متوسط و کاملاً پایدار را مشخص نمودند.

در تحقیق دیگر، Dymond و همکاران (۲۰۰۶)، در یکی از مناطق نیوزیلند، اقدام به تحقیق حرکات توده‌ای رخ داده در طی طوفان سال ۲۰۰۴ کردند. بررسی‌ها نشان داد بین افزایش شیب و میزان حرکات توده‌ای در بین شیب‌های پنج تا ۳۰ درجه، ارتباط خطی وجود دارد؛ همچنین در اطراف خطوط زهکشی و نیز مناطقی که تخریب جنگل وجود داشته، وقوع حرکات توده‌ای افزایش یافته است. Komac (۲۰۰۶)، با استفاده از تحلیل آماری چند متغیره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، اقدام به پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها و توزیع آن‌ها در مرکز اسلونی کردند. نتایج نشان داد شیب، سنگ‌شناسی و نوع پوشش، نقش مهمی در حساسیت منطقه به وقوع زمین‌لغزش دارند. همچنین برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش در منطقه مدل AHP، دقت بیش‌تری دارد. Yalcin (۲۰۰۸)، نقشه خطر زمین‌لغزش را در ترکیه با استفاده از مدل ارزش اطلاعات، تراکم سطح و AHP تهیه نمود؛ وی زمین‌شناسی، جهت شیب، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده را به‌عنوان عوامل مؤثر در زمین‌لغزش معرفی کرد. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل AHP، نسبت به مدل‌های دیگر، در منطقه دقت بیش‌تری دارد.

نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می‌دهد که در هر منطقه، عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش متفاوت است. همچنین در هر منطقه مدلی خاص بیش‌ترین دقت را داشته و به‌طور قطع نمی‌توان مدلی را برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش مناسب دانست. هدف از این تحقیق، ارزیابی کارایی مدل تراکم سطح و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در بخشی از حوزه آبخیز هراز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسیرهای ارتباطی تهران-شمال است.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد تحقیق در استان مازندران و بخشی از زیر حوضه رودخانه هراز است. مقطع انتخابی، بخشی از مسیر جاده ارتباطی بین شهرهای آمل و تهران با مساحتی در حدود ۱۱۴ کیلومتر مربع است؛ این منطقه در دو شیت نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به نام‌های سنگلده و رینه قرار دارد و بین طول‌های جغرافیایی "۳۸°۵۲' تا ۲۴' ۱۷" شرقی و عرض‌های "۳۹°۴۹' تا ۳۵°۵۷' شمالی" استقرار یافته است؛ ارتفاع بیشینه و کمینه در منطقه، به ترتیب ۳۲۹۰ و ۱۲۰۰ متر از سطح دریا گزارش شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد تحقیق

وجود رشته کوه البرز از یک طرف و دریای خزر از طرف دیگر، موجب به‌وجود آمدن وضعیتی ویژه در اقلیم این منطقه گشته است. فصول بهار و زمستان، پرباران‌ترین فصول سال بوده، در زمستان بارندگی عموماً به‌شکل برف است. ویژگی اصلی اقلیم منطقه، وجود یک فصل خشک در تابستان است که سه و گاهی تا پنج ماه به طول می‌انجامد (غلامی، ۱۳۸۳).

**داده‌های مورد نیاز:** در بازدیدهای میدانی، موقعیت و مساحت لغزش‌های رخ داده در منطقه با استفاده از GPS، ثبت و نقشه پراکنش زمین‌لغزش تهیه شد. هم‌زمان نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه از سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه کاربری اراضی منطقه از سازمان جنگل‌ها و مراتع و نقشه عناصر خطی، شامل گسل، جاده و شبکه آبراهه‌ها از روی نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه تهیه شد. نقشه بارش منطقه نیز از میان‌یابی ایستگاه‌های داخل و مجاور حوضه به‌دست آمد. در مرحله بعد، نقشه‌های بالا راقومی و نقشه شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی نیز از روی نقشه توپوگرافی تهیه شد.

**اولویت‌بندی عوامل موثر بر زمین‌لغزش:** در بازدیدهای اولیه از منطقه، نه عامل به‌عنوان عوامل موثر انتخاب شدند، آن‌گاه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، که یک روش نیمه کیفی در تحقیق زمین‌لغزش است، این نه عامل اولویت‌بندی شدند. در روش سلسله‌مراتبی، اعمال نظر کارشناسی به‌وسیله افراد تا حد زیادی آسان‌تر شده و احتمال خطا کاهش می‌یابد. همچنین در این روش می‌توان تعداد زیادی از عوامل را دخالت داد و با استفاده از نظر

کارشناسی، وزن هر عامل را به دست آورد (Barredo, 2000).

روش کار به این شرح است: با توجه به مشخصات منطقه و مقایسه زوجی بین عوامل، طبق جدول ۱، مقایسه و اولویت‌بندی عوامل نسبت به هم انجام شد. آن‌گاه نتایج این مقایسه‌ها به صورت یک ماتریس به نرم‌افزار Expert Choice وارد شد؛ در این ماتریس، وزن هر عامل نسبت به عامل دیگر آورده می‌شود؛ به عنوان مثال، عدد ۳ در ردیف اول و ستون دوم ماتریس، یعنی تاثیر عامل زمین‌شناسی نسبت به شبکه زهکشی کمی مهم‌تر است. در این نرم‌افزار، وزن هر یک از عوامل محاسبه و بر اساس این وزن، عوامل موثر با استفاده از روش بردار ویژه اولویت‌بندی شدند (شکل ۲). همچنین این نرم‌افزار ضریب ناسازگاری<sup>۱</sup> را محاسبه می‌کند که اگر کم‌تر از ۰/۱ باشد قابل قبول بوده، در غیر این صورت دوباره در وزندهی تجدیدنظر می‌شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). حال از بین عوامل موجود، هفت عامل زمین‌شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب، که به ترتیب بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند، برای پهنه‌بندی استفاده شدند. عوامل فاصله از گسل و میزان بارش به دلیل تاثیر کم در وقوع لغزش در پهنه‌بندی مورد استفاده قرار نگرفت.

جدول ۱- اولویت‌بندی و مقدار قضاوت کارشناسی (Saaty, ۱۹۸۰)

مقدار عددی	اولویت‌بندی
۹	کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲، ۴، ۶ و ۸	اولویت بین فواصل

**پهنه‌بندی خطر زمین لغزش:** پهنه‌بندی زمین لغزش عبارت است از تقسیم‌بندی اراضی به بخش‌های مجزا و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس درجه واقعی یا قابلیت خطر ناشی از بروز زمین لغزش (Varnes, ۱۹۸۴). این نقشه‌ها میزان حساسیت یا قابلیت وقوع زمین لغزش را در پهنه‌های مختلف، با عباراتی چون خطر بالا، متوسط و پایین نمایش می‌دهند. مدل‌های مختلفی برای پهنه‌بندی وجود دارد که در این تحقیق از مدل تراکم سطح و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد.

**فرآیند تحلیل سلسله مراتبی:** در این مدل، برای محاسبه وزن طبقات هر یک از عوامل، از تراکم سطح لغزش‌ها در طبقه مورد نظر طبق رابطه (۱) استفاده شد.

$$w = [(A / B) / (C / D)] \quad (1)$$

که در آن،  $W$  وزن هر طبقه،  $A$  مساحت لغزش در هر واحدکاری،  $B$  مساحت هر واحد کاری،  $C$  مساحت کل زمین لغزش‌ها و  $D$  مساحت کل منطقه است. در مرحله بعد، وزن هر عامل که از ماتریس وزندهی به دست آمده در وزن طبقات آن عامل ضرب و وزن نهایی هر طبقه و معادله نهایی پهنه‌بندی حاصل شد (رابطه ۴)، سپس این معادله در کلیه واحدهای نقشه اعمال شد و نقشه پهنه‌بندی به دست آمد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

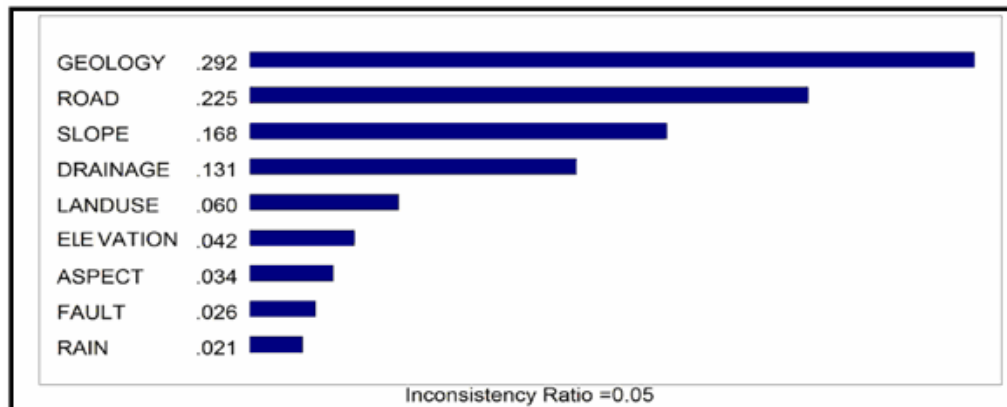
<sup>1</sup> Inconsistency ratio

$$M = 0.292x_1 + 0.225x_2 + 0.168x_3 + 0.131x_4 + 0.06x_5 + 0.042x_6 + 0.034x_7 \quad (2)$$

که در آن،  $M$  عامل حساسیت و  $x_1$  تا  $x_7$  به ترتیب عوامل زمین‌شناسی، فاصله از جاده، درصد شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب هستند.

Compare the relative PREFERENCE with respect to: GOAL								
	ROAD	SLOPE	DRAINAGE	LANDUSE	ELVATION	ASPECT	FAULT	RAIN
GEOLOGY	2.0	3.0	3.0	6.0	6.0	6.0	7.0	8.0
ROAD		2.0	3.0	5.0	6.0	6.0	6.0	7.0
SLOPE			3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	6.0
DRAINAGE				4.0	5.0	5.0	6.0	6.0
LANDUSE					2.0	3.0	3.0	4.0
ELVATION						2.0	3.0	2.0
ASPECT							2.0	2.0
FAULT								2.0

Row element is \_\_\_ times more than column element unless enclosed in ()



شکل ۲- وزن هر یک از عوامل موثر در خروجی نرم افزار (Expert Choice)

**مدل تراکم سطح:** در این مدل، پس از تعیین درصد زمین‌لغزش و تراکم لغزش‌ها در طبقه مختلف عوامل، کمی کردن عوامل موثر و وزن‌دهی به طبقات بر اساس مدل تراکم سطح (رابطه‌های ۳ و ۴) انجام شد (فاطمی‌عقدا و همکاران، ۱۳۸۲؛ فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۳؛ شادفر و همکاران، ۱۳۸۴؛ Yalcin, ۲۰۰۸).

$$W_{area} = D_{area} - 1000 \times \frac{C}{D} \quad (3)$$

$$D_{area} = 1000 \times \frac{A}{B} \quad (4)$$

**ارزیابی روش پهنه‌بندی:** به منظور ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شده برای منطقه مطالعاتی، از ۷۸ نقطه لغزشی که در منطقه شناسایی شد، دو سوم نقاط لغزشی (۵۵ نقطه لغزشی) برای پهنه‌بندی و یک سوم (۲۳ نقطه لغزشی) برای ارزیابی مدل استفاده شد. پس از آن (Komac, ۲۰۰۶). نقشه حاصله با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها مقایسه شد. برای مقایسه رده‌های مختلف خطر، از تراکم زمین‌لغزش‌ها، یا نسبت تراکمی<sup>۱</sup> ( $Dr$ )، در هر یک از رده‌های خطر استفاده شد. نسبت تراکم، با تقسیم نمودن مساحت زمین‌لغزش در رده خطر خاص به مساحت متوسط زمین-لغزش‌ها بر مبنای تراکم سطحی و یا تعداد زمین‌لغزش به دست می‌آید. در صورتی که در منطقه‌ای چند نقشه خطر تهیه شده باشد، با استفاده از مقدار جمع کیفی<sup>۲</sup> ( $Qs$ ) نقشه‌های صحیح‌تر و با دقت بیش‌تر را می‌توان شناسایی نمود (Gee, ۱۹۹۱).

$$Qs = \sum_{i=1}^n ((Dr - 1)^2 * S) \quad (5)$$

<sup>1</sup> Density ratio

<sup>2</sup> Quality sum

که در آن،  $n$  تعداد رده‌های خطر و  $S$  مساحت رده خطر به درصد در منطقه است. بنابراین هر نقشه پهنه‌بندی که دارای  $Q_S$  بالاتر باشد دارای صحت و دقت بیشتری است (Gee, 1991).

## نتایج و بحث

برای بررسی نقش هر یک از عوامل در وقوع زمین لغزش، نقشه پراکنش لغزش‌ها، با نقشه‌های عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین لغزش قطع داده<sup>1</sup> شده و تراکم سطح لغزش‌ها در هر یک از طبقات عوامل تأثیرگذار به دست آمد. نتایج حاصله در جدول‌های ۲ تا ۸ ارائه شده است. مساحت لغزش‌ها و مساحت طبقات بر حسب متر مربع است. نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش با استفاده از مدل‌های AHP و تراکم سطح بر اساس روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ به دست آمد که در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. نتایج حاصل از ارزیابی مدل نیز در جدول‌های ۹ و ۱۰ داده شده است.

بررسی ارتباط سازندهای زمین‌شناسی با وقوع زمین لغزش نشان داد که در بین سازندهای زمین‌شناسی، سازند شمشک (متشکل از ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل و رس‌سنگ) و پادگانه‌های آبرفتی، بیش‌ترین حساسیت را به وقوع زمین لغزش دارند. که با مطالعات شادفر و همکاران (۱۳۸۴)، ناجی (۱۳۸۵)، Ohlmacher و Davis (۲۰۰۳)، Yamagishi و Ayalew (۲۰۰۵)، Terhorst و Neuhauser (۲۰۰۶) مطابقت دارد. در منطقه مورد تحقیق، بیش‌ترین میزان لغزش در طبقات ۱۵-۳۰ و ۳۰-۵۰ درصد رخ داده است که با نتایج فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۰)، فاطمی‌عقدا و همکاران (۱۳۸۲)، احمدی و همکاران (۱۳۸۴)، Dymond و همکاران (۲۰۰۶)، Ercanoglu و Gockeoglu (۲۰۰۴)، Chau و Chan (۲۰۰۵)، Terhorst و Neuhauser (۲۰۰۶) مطابقت دارد؛ همچنین شیب ۳۰-۵۰ در اولویت بعدی قرار دارد که با مطالعات حائری و سمیعی (۱۳۷۶)، بداغی (۱۳۷۶)، Schernthanner (۲۰۰۵)، Lee (۲۰۰۷) انطباق دارد.

در اطراف جاده‌ها و آبراهه‌ها، میزان لغزش زیاد است؛ به‌طوری که فاصله ۵۰۰ متری جاده و ۴۰۰ متری آبراهه‌ها بیش‌ترین میزان لغزش را به خود اختصاص داده‌اند. احداث جاده‌ها، وضعیت طبیعی منطقه را به هم زده، بریدگی‌های عمودی به وجود آورده و با افزایش نیروهای مخرب، باعث افزایش زمین لغزش می‌شود. شادفر و همکاران (۱۳۸۴)، فاطمی‌عقدا و همکاران (۱۳۸۴)، Duman و همکاران (۲۰۰۵)، Lee (۲۰۰۷)، Yalcin (۲۰۰۸) نیز به نتایج مشابهی مبنی بر افزایش زمین لغزش در اطراف جاده و آبراهه‌ها رسیدند. بررسی ارتباط کاربری اراضی و زمین لغزش نشان داد بیش‌تر لغزش‌های منطقه در کاربری مسکونی و مخلوط باغ-کشاورزی رخ داده است. این نتایج با تحقیقات احمدی و همکاران (۱۳۸۴)، شادفر و همکاران (۱۳۸۴)، فاطمی‌عقدا و همکاران (۱۳۸۴)، Ercanoglu و Gockeoglu (۲۰۰۴) مطابقت دارد. دخالت‌های بیش از حد در طبیعت و افزایش ساخت‌وساز و در نتیجه ایجاد تغییر در تعادل شیب دامنه، افزایش بار اضافی بر دامنه، آبیاری غرقابی و نفوذ بیش از حد آب در کاربری کشاورزی، می‌تواند دلیل ناپایداری دامنه و افزایش زمین لغزش در این کاربری‌ها باشد. همچنین مناطق مسکونی، بیش‌تر در اطراف جاده‌ها و مناطق کشاورزی، و باغات بیش‌تر در سازندهای کواترنر و پادگانه‌های آبرفتی واقع شده‌اند که این عوامل نیز به نوبه خود وقوع زمین لغزش را افزایش می‌دهند.

مطالعات جهت شیب نشان داد که شیب‌های غربی و شمالی، به‌ترتیب دارای بیش‌ترین میزان زمین لغزش هستند. به‌دلیل جهت بادهای باران‌آور غربی تا شمال-غربی که باعث دریافت بیش‌تر رطوبت در جهت غربی است، افزایش پدیده خاک‌زایی، ضخامت خاک و افزایش زمین لغزش ملاحظه می‌شود. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل تراکم سطح با جمع کیفی بالاتر (۰/۲۸۳۱)، نسبت به AHP (۰/۱۵۱۷)، دقت بیشتری دارد که با نظرات حق‌شناس (۱۳۷۴)، سیارپور (۱۳۷۸)، فاطمی‌عقدا و همکاران (۱۳۸۲)، شادفر و همکاران (۱۳۸۴)، شیروانی و همکاران (۱۳۸۴)، Ercanoglu و همکاران (۲۰۰۴)، Wang و Sassa (۲۰۰۵)، Lee (۲۰۰۵) مطابقت دارد.

<sup>1</sup> Crossing

جدول ۲- پراکنش لغزش در سازندهای مختلف

ردیف	واحد زمین شناسی	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	A	۲۵۰	۱۴۷۵۲۷۶۱	۰/۱۹۱۸۷۴	-۰/۰۷۱۶	۰/۰۰۰۰۰۴۸۹
۲	B	۰	۱۱۲۸۸۴۹۷	۰/۰۰۰۹۰۳	-۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲
۳	C	۴۷۹۰	۱۸۶۲۹۸۴۵	۲/۹۰۱۹۱۹	۰/۱۶۸۵	۰/۰۰۰۰۰۷۴۳
۴	D	۲۰۵	۶۵۰۰۶۱۰	۰/۳۵۵۹۸۲	-۰/۰۵۷۱	۰/۰۰۰۰۰۹۱۱
۵	E	۰	۲۹۴۶۲۸	۰/۰۳۸۲۶۲	-۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۹۸
۶	F	۰	۱۹۷۵۲۹۴	۰/۰۰۵۷۵۶	-۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵
۷	G	۲۸۵	۱۵۳۱۹۰۶۸	۰/۲۰۹۹۳۲	-۰/۰۷	۰/۰۰۰۰۰۵۳۷
۸	H	۳۱۰۰	۱۱۹۹۰۶۰۳	۲/۹۱۸۰۵۹	۰/۱۶۹۹	۰/۰۰۰۰۰۷۴۷۲
۹	I	۱۵۰۸	۳۳۶۶۶۷۹۲	۰/۵۰۵۵۳	-۰/۰۴۳۸	۰/۰۰۰۰۰۱۲۹۴

A: سنگ‌های آذر آواری شامل توف‌های سبز، توف‌های شیشه‌ای و خاکستر توف، B: آهک‌های مارنی و مطبق، آهک دولومیتی نازک لایه خاکستری و به‌ندرت قرمز و زرد، C: سنگ‌های آواری به‌رنگ قهوه‌ای زیتونی از نوع ماسه‌سنگ و شیل‌های سیلانی و رسی، D: سنگ‌های آهکی دانه‌ریز و مترکم به رنگ روشن، E: سازند ماسه‌سنگی با ضخاکت کم، F: متشکل از کنگلومرای پلی‌ژنیک، ماسه‌سنگ قرمز و مارن ماسه‌ای و سنگ‌های آهکی نولومیت دار، G: سنگ‌های آذرین کواترنر، H: پادگانه‌های آب‌فتی، I: واریزها.

جدول ۳- پراکنش لغزش در طبقات مختلف فاصله از جاده بر حسب متر

ردیف	فاصله از جاده	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	۰-۳۰۰	۴۵۲۰	۳۳۸۸۲۱۲۸	۱/۵۰۵۶۴۳	۰/۰۴۴۸	۰/۰۰۰۰۰۲۹۸۸
۲	۳۰۰-۵۰۰	۲۱۶۰	۱۵۹۶۴۰۲۱	۱/۵۲۷۰۸۸	۰/۰۴۶۷	۰/۰۰۰۰۰۳۰۳۱
۳	>۵۰۰	۳۴۵۸	۶۴۵۷۲۴۸۰	۰/۶۰۴۴۰۲	۰/۰۳۵۱	۰/۰۰۰۰۰۱۱۹۹

جدول ۴- پراکنش لغزش در طبقات مختلف شیب

ردیف	طبقات شیب	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	۰-۵	۰	۱۶۲۹۲۲۰	۰/۰۰۶۸۸۵	-۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱
۲	۵-۱۵	۱۵۰	۶۸۲۰۱۷۲	۰/۲۴۸۱۹۴	-۰/۰۶۶۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳۶۷
۳	۱۵-۳۰	۱۸۵۵	۱۳۸۴۰۸۶۵	۱/۵۱۲۶۴۱	۰/۰۴۵۴	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲۴
۴	۳۰-۵۰	۵۱۳۰	۲۷۵۶۵۶۴۵	۲/۱۰۰۴۵۱	۰/۰۹۷۵	۰/۰۰۰۰۰۰۳۱
۵	۵۰-۷۰	۱۳۷۸	۳۰۰۲۶۰۵۱	۰/۵۱۷۹۴۶	-۰/۰۴۲۷	۰/۰۰۰۰۰۰۷۷
۶	>۷۰	۱۶۲۵	۳۳۹۰۰۵۰۴	۰/۵۴۰۹۷۱	-۰/۰۴۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷

جدول ۵- پراکنش لغزش در طبقات مختلف فاصله از آبراهه

ردیف	فاصله از آبراهه	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	۰-۲۰۰	۵۴۰۰	۴۶۸۹۶۳۴۲	۱/۲۹۹۶۶۱	۰/۰۲۶۶	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵
۲	۲۰۰-۴۰۰	۲۸۰۳	۲۹۰۸۸۰۰۸	۱/۰۸۷۵۸۵	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۰۰۰۰۱۳۶
۳	>۴۰۰	۱۹۳۵	۳۸۴۳۴۲۷۹	۰/۵۶۸۲۸۴	-۰/۰۳۸۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶۵

جدول ۶- پراکنش لغزش در طبقات مختلف کاربری

ردیف	کاربری	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	مرتع خوب	۲۶۴۰	۲۴۹۹۳۵۲۴	۱/۱۹۵۹۰۵	۰/۰۱۷۰	۰/۰۰۰۰۰۶۲
۲	مرتع متوسط	۳۸۵۳	۷۳۳۷۶۲۴۴	۰/۵۹۶۵۵۹	-۰/۰۳۶۱	۰/۰۰۰۰۰۰۳
۳	باغ- کشاوری	۲۲۳۵	۱۵۳۷۲۰۵۲	۱/۷۵۵۹۹۶	۰/۰۵۶۸	۰/۰۰۰۰۰۰۸۵
۴	مسکونی	۱۴۱۰	۳۳۷۴۵۳	۸/۲۶۰۰۸۲	۴/۰۸۹۸	۰/۰۰۰۰۲۴۶۵

جدول ۷- پراکنش لغزش در طبقات مختلف ارتفاع برحسب متر

ردیف	طبقات ارتفاع	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	۱۲۰۰-۱۵۰۰	۰	۲۸۰۸۷۴۷	۰/۰۰۴۰۶۳	-۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲
۲	۱۵۰۰-۱۸۰۰	۲۸۳۰	۱۵۶۷۲۵۹۰	۲/۰۳۸۰۳۶	۰/۰۹۱۹۷	۰/۰۰۰۰۰۰۹۲
۳	۱۸۰۰-۲۱۰۰	۴۲۸۵	۳۰۲۷۳۷۶۷	۱/۵۹۷۵۱۷	۰/۰۵۲۹۴	۰/۰۰۰۰۰۰۷۲
۴	۲۱۰۰-۲۴۰۰	۲۲۰۰	۳۰۵۸۴۶۶۷	۰/۸۱۱۸۵۱	-۰/۰۱۶۶۷	۰/۰۰۰۰۰۰۳۶
۵	۲۴۰۰-۲۷۰۰	۷۸۵	۲۰۸۹۲۲۸۱	۰/۴۲۴۰۴۱	-۰/۰۵۱۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۱۹
۶	۲۷۰۰-۳۰۰۰	۳۸	۱۲۵۵۵۲۱۰	۰/۰۳۴۱۹۹	-۰/۰۸۵۵۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵
۷	>۳۰۰۰	۰	۱۶۳۱۳۶۶	۰/۰۰۶۸۸۵	-۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳

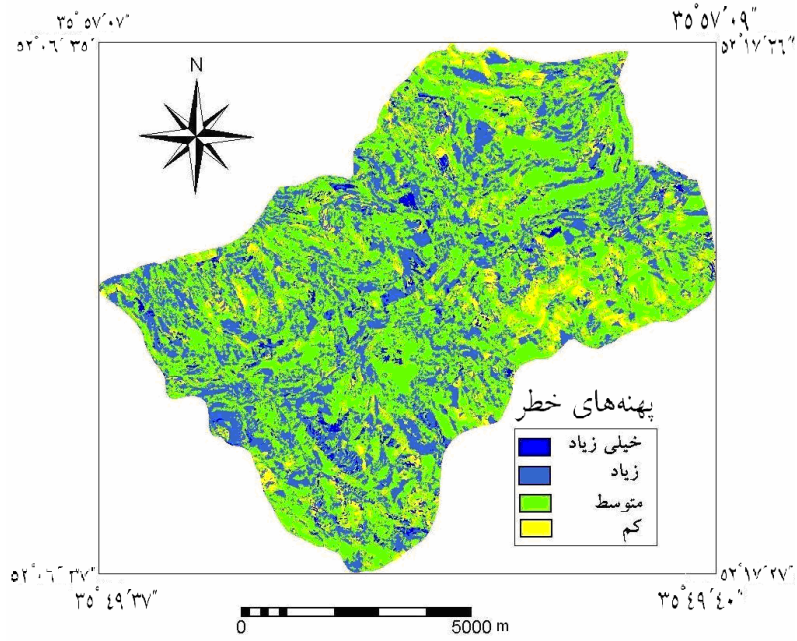
جدول ۸- پراکنش لغزش در طبقات مختلف جهت شیب

ردیف	جهت شیب	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل AHP
۱	N	۲۶۹۰	۳۲۸۱۲۹۸۱	۰/۹۲۵۲۸۲	-۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۰۰۰۰۲۷
۲	E	۱۶۹۰	۳۰۳۶۹۸۱۸	۰/۶۲۸۱۰۴	-۰/۰۳۲۹	۰/۰۰۰۰۰۰۱۸۳
۳	S	۲۵۷۵	۲۹۷۴۱۹۸۷	۰/۹۷۷۲۰۱	-۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۰۰۰۳۸۶
۴	W	۳۱۸۰	۲۰۵۴۴۶۲۸	۱/۷۴۷۰۶۵	-۰/۰۶۶۲	۰/۰۰۰۰۰۰۵۱۱

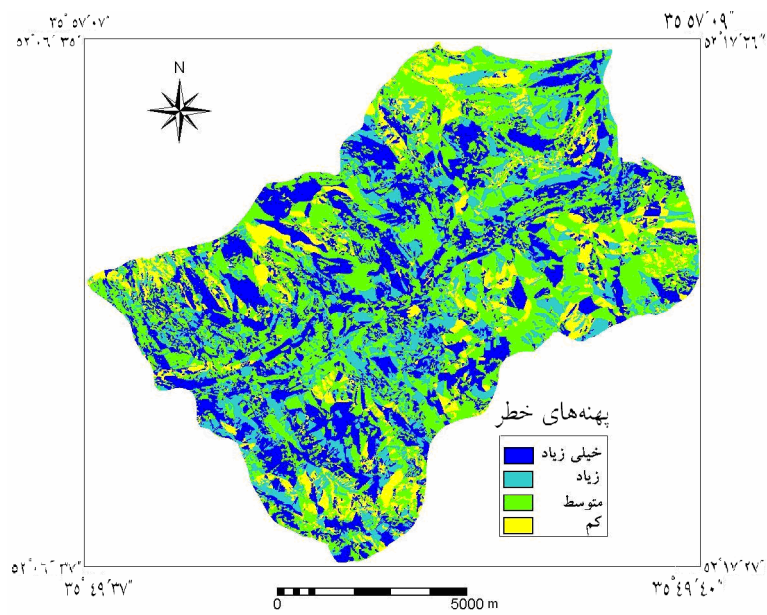
جدول ۹- نتایج ارزیابی نقشه خطر زمین لغزش با استفاده از مدل تراکم سطح

طبقه خطر	Area (%)	Landslide (%)	DR	Qs
خیلی زیاد	۲/۹۷	۰	۰	۰/۰۲۹۷
زیاد	۳۰/۱۲	۱۱/۲۱۷	۰/۳۷۲	۰/۱۱۸۷
متوسط	۵۷/۹۲	۸۳/۸۹	۱/۴۴۸	۰/۱۱۶
کم	۸/۹۹	۴/۸۹۳	۰/۵۴۴	۰/۰۱۸۷
جمع کل				۰/۲۸۳۱





شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل تراکم سطح



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل (AHP)

جدول ۱۰- نتایج ارزیابی نقشه خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل (AHP)

طبقه خطر	Area (%)	Landslide (%)	DR	Qs
خیلی زیاد	۳۰/۵	۳۹/۶۱۸	۱/۲۹۹	۰/۰۲۷
زیاد	۱۸/۶۶	۳/۸۱۹	۰/۲۰۵	۰/۱۱۸
متوسط	۳۸/۴۱	۴۳/۱۹۸	۱/۱۲۵	۰/۰۰۶
کم	۱۲/۴۳	۱۳/۳۶۵	۱/۰۷۵	۰/۰۰۷
جمع کل				۰/۱۵۱۷

## منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح.، ش. محمدخان، س. فیض‌نیا و ج. قدوسی. ۱۳۸۴. ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP). مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۵۸، صفحه ۱۴-۳.
۲. باقریان، ر.، م. گودرزی و ج. غیومیان. ۱۳۸۴. بررسی خسارات اقتصادی-اجتماعی زمین‌لغزش (مطالعه موردی: زمین‌لغزش‌های امام‌زاده علی هراز و باریکان طالقان). نشریه علمی-پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۲، صفحه ۶۸-۷۶.
۳. بدایعی، ب. ۱۳۷۶. بررسی و ارائه مدل جهت پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه آبخیز شاهرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۹ صفحه.
۴. حائری، س.م. و ا.ح. سمیعی. ۱۳۷۶. روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیب‌دار در برابر خطر زمین‌لغزش با تکیه بر بررسی‌های پهنه‌بندی استان مازندران. نشریه علوم زمین، جلد ۶، شماره ۲۳ و ۲۴، صفحه ۱۵-۲.
۵. حق شناس، ا. ۱۳۷۴. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در منطقه طالقان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۳ صفحه.
۶. شادفر، ص.، م. یمانی و م. نمکی. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح و LNRE در حوزه چال کرد. مجله آب و آبخیز، شماره ۳، صفحه ۶۸-۶۲.
۷. شیروانی، ک.، ج. غیومیان و ا. مختاری. ۱۳۸۴. بررسی و ارزیابی روش‌های آماری دو متغیره و چند متغیره در پهنه بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوزه رودخانه ماربر). مجله آب و آبخیز، شماره ۲، صفحه ۴۷-۳۶.
۸. غلامی، و. ۱۳۸۳. بررسی عوامل حرکت توده‌ای (ریزش سنگ) با استفاده از تکنیک‌های میدانی و دورسنجی (مطالعه موردی جاده هراز، مقطع وانا-پلور). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران، ۱۲۶ صفحه.
۹. فاطمی‌عقدا، س.م.، ج. غیومیان و ع. اشقلی‌فراهانی. ۱۳۸۲. ارزیابی کارآیی روش‌های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین‌لغزش. مجله علوم زمین، جلد ۱۱، شماره ۴۷ و ۴۸، صفحه ۴۷-۲۸.
۱۰. فیض‌نیا، س.، ح. احمدی و م. حسن‌زاده نفوتی. ۱۳۸۰. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود در استان گیلان. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴، شماره ۳، صفحه ۲۱۹-۲۰۷.
۱۱. فیض‌نیا، س.، ع. کلارستاقی، ح. احمدی و م. صفایی. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین‌رود-سد تجن). مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱، صفحه ۲۰-۳.
۱۲. قدسی پور، س.ح. ۱۳۸۴. مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ چهارم، ۲۲۰ صفحه.
۱۳. کلارستاقی، ع. ۱۳۸۱. بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شیرین‌رود ساری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۱ صفحه.
۱۴. محمدخان، ش. ۱۳۸۰. ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکات توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها، مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۰ صفحه.
۱۵. مصفایی، ج. ۱۳۸۵. مقایسه کارآیی مدل‌های آماری و تجربی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در آبخیز الموت و ارائه برنامه مدیریت خطر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۲ صفحه.
۱۶. ناجی، س. ۱۳۸۵. پهنه‌بندی خطر لغزش در محور ساری-کیاسر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۸۶ صفحه.
17. Ayalew, L. and H. Yamagishi. 2005. The application of GIS – based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda–Yahiko Mountains, central Japan. *Geomorphology*, 65:15-31.
18. Ayenew, T. and G. Barbieri. 2005. Inventory of landslide and susceptibility mapping in the Dessie area, Northern Ethiopia. *Engineering Geology*, 77:1-15.
19. Barredo, J.I., A. Benavides, J. Hervas and C.J. Van Westen. 2000. Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2:9-23.
20. Binaghi, E., L. Luzi, P. Madella, F. Pergalani and A. Rampini. 1998. Slope instability zonation: a comparison between certainty factor and fuzzy dempster–shafer approaches. *Natural Hazards*, 17:77-97.
21. Campus, F. and C. Scavia. 2000. preliminary study for landslide hazard assessment: GIS techniques and a Multivariate statistical approach landslides. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Landslides*, 1:215-220
22. Chau, K.T. and J.E. Chan. 2005. Regional bias of landslide data in generating susceptibility maps using logistic regression: Case of Hong Kong Island. *Landslides*, 2:280-290

23. Duman, T.Y., T. Can, C. Gokceoglu and H.A. Nefeslioglu. 2005. Landslide susceptibility mapping of Cekmece area (Istanbul, Turkey) by conditional probability. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2:155-208.
24. Dymond, J.R., A.G. Ausseil, J.D. Shepherd and L. Buettner. 2006. Validation of a Region- Wide Model of Landslide Susceptibility in the Manawatu-Wanganui Region of New Zealand. *Geomorphology*, 74:70-79.
25. Ercanoglu, M. and C. Gokceoglu. 2004. Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). *Engineering Geology*, 75:229-250.
26. Ercanoglu, M., C. Gokceoglu and W.J. Van Asch Th. 2004. Landslide susceptibility zoning of North of Yenice (NW Turkey) by multivariate statistical techniques. *Natural Hazard*, 32:1-23.
27. Gee, M.D. 1991. Classification of landslide hazard zonation methods and a test of predictive capability. *Landslides*, Bell (ed.), 1991 Balkema, Rotterdam, pp. 947- 952.
28. Komac, M. 2006. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 74:17-28.
29. Guzzetti, F., A. Carrara, M. Cardinali and P. Reichenbach. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, central Italy. *Geomorphology*, 31:181-216.
30. Lee, S. 2005. Application of logistic model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 26(7):1477-1491.
31. Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 52:615-623.
32. Neuhauser, B., and B. Terhorst. 2006. Landslide susceptibility assessment using weights-of- evidence applied to a study area at the Jurassic Escarpment (SW-Germany). *Geomorphology*, 1-13.
33. Ohlmacher, G.C. and J.C. Davis. 2003. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in Northeast Kansas, USA. *Engineering Geology*, 69:331-343.
34. Saaty, T.L. 1980. *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York, 350 pp.
35. Wang, H.B. and K. Sassa. 2005. Comparative evaluation of landslide susceptibility in Minameta area Japan. *Environmental Geology*, 47:956-966.
36. Yalcin, A. 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. *Catena*, 72:1-12.

## Landslide hazard mapping using density area and AHP models

**Majid Mohammadi**<sup>1</sup>, MSc Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

**Hamid Reza Moradi**, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

**Sadat Feiznia**, Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

**Hamid Reza Pourghasemi**, Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

**Received:** 05 May 2009

**Accepted:** 15 October 2009

### Abstract

Landslide is a natural disaster with great human and economic losses in Iran. In recent year, landslide occurrence due to change of land use and construction of roads, has been on the increasing trend in northern regions of Iran. This phenomenon is more occurring in developing countries due to high rate of population growth and natural resources deterioration. There are several methods for landslide hazard zoning and in this research density area and analytical hierarchy process models were utilized. For landslide susceptibility mapping, field study landslides distribution map and effective factors are required. Prioritization of effective factor was carried out using AHP. Our investigation indicates that lithology, distance from road, slope, distance from drainage network, land use, elevation and aspect are the main land slide controlling factor in the area respectively. Evaluation of these models using QS index showed that density area is a better approach for landslide hazard zonation in the region.

**Key words:** Deterioration, Land use change, Lithology, Road construction, Zonation

---

<sup>1</sup> mohammadi\_majid@yahoo.com