

# اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز هراز)

مجید محمدی<sup>۱</sup>، حمید رضا مرادی<sup>۲\*</sup>، سادات فیض نیا<sup>۲</sup> و حمید رضا پورقاسمی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، مازندران، ایران.

<sup>۲</sup>دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۱۴

## چکیده

تخریب و استفاده زیاد از منابع باعث ناپایداری دامنه‌های طبیعی شده است. بررسی ناپایداری دامنه‌ها برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی برای شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش و همچنین شناسایی مکان‌های امن برای توسعه زیستگاه‌ها و سکونت‌گاه‌های جدید در آینده مورد توجه برنامه‌ریزان قرار دارد. در ایران بویژه در نواحی شمالی و مسیر جاده هراز، به خاطر شرایط خاص آب و هوایی و فیزیوگرافی همواره در معرض خطر زمین لغزش قرار دارد. به منظور تهیه نقشه خطر زمین لغزش ابتدا با مطالعات میدانی نقشه پراکنش زمین لغزش حوزه و سپس نقشه عوامل مؤثر بر زمین لغزش تهیه شد. در مرحله بعد عوامل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی شده و هفت عامل به عنوان عوامل مؤثر انتخاب شد. سپس پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت. نتایج نشان داد که سازندهای شمشک و یادگانه‌های آبرفتی، فاصله ۵۰۰ متری از جاده و ۴۰۰ متری از آبراهه، سوی شیب باختری، شیب ۵۰-۱۵ درصد، ارتفاع ۲۱۰۰-۱۵۰۰ و کاربری‌های مسکونی و باغ-کشاورزی بیشترین حساسیت را نسبت به زمین لغزش دارند.

**کلید واژه‌ها:** زمین لغزش، نقشه خطر زمین لغزش، سامانه اطلاعات جغرافیایی، مدل ارزش اطلاعات، تحلیل سلسله مراتبی، هراز.

\*نویسنده مسئول: حمیدرضا مرادی

## ۱- مقدمه

یکی از مشکلات طبیعی که امروزه با آن مواجه هستیم ناپایداری دامنه‌ای است که استفاده بیش از حد منابع طبیعی باعث تشدید آن شده است. بررسی پدیده ناپایداری دامنه‌ای برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای قابلیت زمین لغزش در محدوده فعالیت‌های بشری حایز اهمیت بوده و از سوی دیگر برای شناسایی مکان‌های امن برای توسعه زیستگاه‌های جدید و یا سایر کاربری‌های آتی انسان نظیر جاده‌ها، مسیرهای انتقال نیرو و انرژی و غیره در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه‌ریزان قرار دارد (سفیدگری و همکاران، ۱۳۸۴). در ایران به خاطر کوهستانی بودن بخش وسیعی از کشور و وجود شیب‌های تند، بویژه در نواحی شمالی ایران، زمین لغزش از مشکلات عمده به‌شمار می‌رود. استراتژی مطالعه زمین لغزش شامل شناخت فرایند، تجزیه خطر و پیش‌بینی زمین لغزش در آینده برای کاهش پیشرفت و خسارات ناشی از آن است (Lan et al., 2004). به منظور بررسی زمین لغزش استفاده از مدل‌های دو متغیره و مدل‌های مبتنی بر نظر کارشناسی مورد توجه پژوهشگران قرار داشته و در سال‌های اخیر نیز از این مدل‌ها برای پهنه‌بندی زمین لغزش استفاده می‌شود. در برخی از تحقیقات (سیارپور، ۱۳۷۸؛ فتاحی اردکانی، ۱۳۷۹؛ شیروانی و همکاران، ۱۳۸۴؛ شادفر و همکاران، ۱۳۸۴ و محمدی و همکاران، ۱۳۸۶) مدل ارزش اطلاعات و در برخی تحقیقات (محمدخان، ۱۳۸۰؛ کلارستاقی، ۱۳۸۱؛ احمدی و همکاران، ۱۳۸۲؛ احمدی و همکاران، ۱۳۸۴؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Komac, 2006؛ Ayalew et al., 2005)، مدل AHP به عنوان مدل مناسب معرفی شد. پژوهش حاضر در بخشی از حوزه رودخانه هراز صورت گرفته که به خاطر شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی و تغییر کاربری با مشکل حرکات توده‌ای مواجه است. زمین لغزش از مهم‌ترین حرکات رخ داده در منطقه است، به همین دلیل در این پژوهش پهنه‌بندی زمین لغزش مورد بحث قرار می‌گیرد. این حوزه از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت است، مهم‌ترین جاده تهران-شمال از این حوزه

می‌گذرد و بیش از ۳۵ کارگاه پرورش ماهی در مسیر رودخانه وجود دارد. برای فراهم کردن امنیت مسافران و کاهش خسارات مالی به منازل و تأسیسات حاشیه جاده انجام مطالعات در زمینه زمین لغزش در طول مسیر این جاده پرتردد ضروری است. هدف از این تحقیق اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و تأثیر آن بر دقت نقشه پهنه‌بندی و در نهایت مقایسه کارایی مدل‌های ارزش اطلاعات و AHP در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه است. در مطالعات زمین لغزش در کشور با استفاده از AHP وزن فاکتورها با استفاده از روش دستی میانگین حسابی محاسبه شده است که دقت کافی ندارد. در این تحقیق وزن فاکتورها با استفاده از نرم‌افزار محاسبه شد که دقت را بالا برده و با محاسبه ضریب ناسازگاری موجب افزایش دقت کار است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان مازندران و بخشی از زیر حوزه رودخانه هراز است. مقطع انتخابی بخشی از مسیر جاده ارتباطی بین شهرهای آمل و تهران به مساحت ۱۱۴ کیلومتر مربع است. این منطقه در دو برکه ۱:۵۰۰۰ به نام‌های سنگلده و رینه قرار دارد. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۳۸° ۰۶' ۵۲" تا ۲۴° ۱۷' ۵۲" خاوری و عرض‌های ۳۹° ۳۹' ۴۹" تا ۳۵° ۱۱' ۵۷" شمالی واقع شده و ارتفاع کمینه و بیشینه در منطقه به ترتیب ۱۲۰۰ و ۳۲۹۰ است (شکل ۱).

### ۲-۲. داده‌های مورد نیاز

پس از بررسی منابع و یافته‌های علمی مرتبط با موضوع، با استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ همراه با بازدیدهای میدانی و ثبت موقعیت و مساحت لغزش‌ها با استفاده از GPS، نقشه پراکنش زمین لغزش در منطقه تهیه شد. نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه کاربری

شد که روش کار بیان می‌گردد.

**مدل ارزش اطلاعات (Information Value):** پس از محاسبه تراکم سطح لغزش‌ها در کلاسه‌های مختلف عوامل، وزن دهی به هر بک از کلاسه‌ها با استفاده از رابطه ۱ انجام شد:

$$\text{Winf} = \ln [(A/B)/(C/D)] \quad (1) \text{ رابطه (۱)}$$

که در آن A مساحت لغزش در هر واحد کاری، B مساحت هر واحد کاری، C مساحت کل لغزش، D مساحت کل منطقه و Winf وزن ارزش اطلاعات است. برای محاسبه وزن نهایی، لایه‌های ساخته شده در محیط ILWIS با هم تلفیق و از جمع جبری نقشه‌های وزنی، وزن نهایی به دست آمد. با وارد کردن این وزن‌ها در نقشه، نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش به دست آمد (شادفر و همکاران، ۱۳۸۴).

**– فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP):** در این مدل برای محاسبه وزن کلاسه‌های هر یک از عوامل، از تراکم سطح لغزش‌ها در کلاسه مورد نظر استفاده شد. سپس وزن هر عامل که از ماتریس وزن‌دهی به دست آمد در وزن کلاسه‌های آن ضرب شده و وزن نهایی مطابق رابطه (۲) برای منطقه مورد مطالعه به دست آمد. سپس مانند مدل ارزش اطلاعات این وزن در نقشه اعمال شده و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به دست آمد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

$$M = 292x_1 + 225x_2 + 168x_3 + 131x_4 + 6x_5 + 42x_6 + 34x_7 \quad (2) \text{ رابطه (۲)}$$

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 است.

### ۳- ارزیابی مدل‌ها

در این پژوهش برای وزن‌دهی به لایه‌های مختلف اطلاعاتی از نقشه پراکنش زمین‌لغزش منطقه استفاده شد، لذا نمی‌توان برای ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی، از نقشه پراکنش لغزش حوزه استفاده کرد (Remendo et al., 2003). برای رفع این مشکل، حدود یک سوم نقاط لغزشی در پهنه‌بندی استفاده نشده و برای ارزیابی نقشه‌های خطر از این نقاط استفاده شد. به این صورت که یک سوم نقاط لغزشی که در پهنه‌بندی استفاده نشده‌اند را روی نقشه خطر انداخته و مقدار لغزش‌ها در طبقات مختلف خطر محاسبه شد (Ayalew et al., 2005; Komac., 2006; Neuhauser, 2006). در مرحله بعد با استفاده از رابطه (۳) میزان دقت مدل محاسبه شد.

$$P = \frac{ks}{s} \quad (3) \text{ رابطه (۳)}$$

که در آن p احتمال تجربی، ks مساحت لغزش یافته در رده‌های خطر متوسط به بالا و s مساحت کل لغزش‌های منطقه است. مدلی که میزان p آن بیشتر باشد برای پهنه‌بندی منطقه مناسب‌تر است (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۲).

### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که گفته شد برای بررسی نقش هر یک از عوامل در وقوع زمین‌لغزش، نقشه پراکنش لغزش‌ها، با نقشه‌های مذکور تلفیق شده و تراکم لغزش‌ها به دست آمد که نتایج حاصل در جدول‌های ۲ تا ۸ ارائه شده است.

نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و AHP بر اساس روابط ۱ و ۲ با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به دست آمد که در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. بررسی ارتباط سازنده‌های زمین‌شناسی با وقوع زمین‌لغزش نشان داد که در بین سازنده‌های زمین‌شناسی، سازند شمشک (متشکل از ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل و رس‌سنگ) و پادگانه‌های آبرفتی بیشترین حساسیت را دارند که با مطالعات شادفر و همکاران (۱۳۸۴)، Ohlmacher et al. (2003) و Ayalew & Yamagashi (2005) و همخوانی دارد. همچنین فاصله ۵۰۰ متری از جاده و ۴۰۰ متری آبراهه بیشترین

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 حوزه به دست آمد. در مرحله بعد، نقشه‌های بالا رقومی و نقشه شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی نیز از روی نقشه توپوگرافی تهیه شد. همچنین در محیط GIS مقیاس نقشه‌ها یکسان شد.

### ۳-۲. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش

در این پژوهش از AHP که جزو مدل‌های چند معیاره تصمیم‌گیری است، برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر استفاده شد. AHP یک روش نیمه کیفی در مطالعه زمین‌لغزش است که شامل یک ماتریس وزن‌دهی بر مبنای مقایسات زوجی بین عوامل بوده و میزان مشارکت هر یک از عوامل را در وقوع زمین‌لغزش مشخص می‌کند (Ayalew et al., 2005). از مزایای این روش این است که اعمال نظر کارشناسی توسط افراد را تا حد زیادی آسان‌تر کرده و احتمال خطا را کاهش می‌دهد، 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 (کلارستاقی، ۱۳۸۱). روش کار به شرح زیر است:

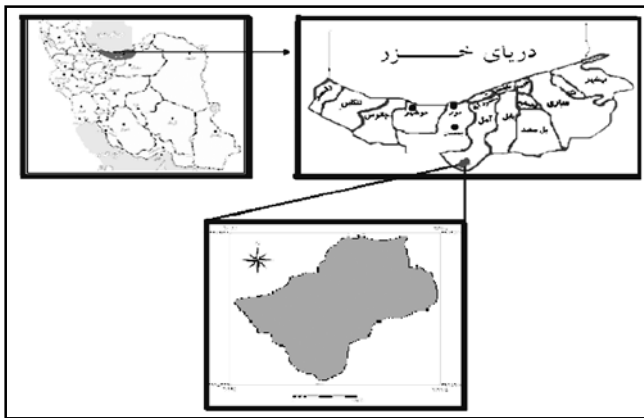
برای وزن‌دهی به هر عامل، قسمت‌هایی که به طور تقریبی از نظر ویژگی‌های دیگر مشابه بوده و عامل مورد نظر تغییر می‌کند در نظر گرفته می‌شود و با مشاهده تغییرات این عامل و تأثیر آن بر وقوع لغزش‌ها، با استفاده از جدول ۱ بر اساس نظر و دید کارشناس نسبت به منطقه، عوامل به صورت دو به دو با هم مقایسه و یکی از وزن‌های جدول انتخاب می‌شود که بستگی به دقت عمل، تجربه و میزان آشنایی کارشناس با منطقه دارد. در جدول ۱ منظور از ترجیحات میزان اثرگذاری یک عامل بر روی وقوع لغزش نسبت به عامل دیگر است. به این ترتیب کلیه عوامل نسبت به یکدیگر مقایسه شدند. نتایج این مقایسه‌ها به صورت یک ماتریس به نرم‌افزار Expert Choice وارد شد. به عنوان مثال عدد ۳ در سطر ۱ و ستون ۲ به این معنی است که نقش عامل زمین‌شناسی نسبت به شیب در وقوع زمین‌لغزش کمی مهم‌تر است. در این نرم‌افزار وزن هر یک از عوامل محاسبه و بر اساس این وزن، عوامل اولویت‌بندی شدند (شکل ۲). همچنین این نرم‌افزار ضریب ناسازگاری (Inconsistency Ratio) را محاسبه می‌کند که اگر کمتر از ۰/۱ باشد قابل قبول بوده و در غیر این صورت دوباره در وزن‌دهی تجدید نظر می‌شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). حال از بین عوامل موجود ۷ عامل شامل زمین‌شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب که به ترتیب بیشترین تأثیر را بر وقوع زمین‌لغزش دارند، برای پهنه‌بندی استفاده شدند. انتظار این است که در اطراف گسل‌ها و با افزایش بارندگی، میزان زمین‌لغزش‌ها افزایش یابد. در منطقه تراکم لغزش‌ها در کلاسه‌های عوامل مورد مطالعه نشان داد که بر خلاف انتظار، در اطراف گسل‌ها لغزش افزایش نمی‌یابد. همچنین بیشتر لغزش‌ها در مناطق با بارندگی کم رخ داده‌اند. این مسئله نشان می‌دهد که دیگر عوامل تأثیر این عوامل را پوشش داده و بیشتر در وقوع لغزش مؤثرند. همان‌طور که در خروجی نرم‌افزار AHP نشان داده شده است عوامل بر اساس وزنشان اولویت‌بندی شدند. عامل گسل و بارندگی کمترین وزن را به خود اختصاص داده و به همین دلیل در پهنه‌بندی استفاده نشدند.

### ۴-۲. محاسبه تراکم سطح لغزش‌ها

برای سنجش نقش عوامل بر روی زمین‌لغزش کلیه نقشه‌های عامل با نقشه پراکنش زمین‌لغزش در محیط ILWIS تلفیق و واحدهای کاری همگن به دست آمد. سپس مساحت لغزش‌ها در هر واحد کاری محاسبه شد.

### ۵-۲. پهنه‌بندی زمین‌لغزش

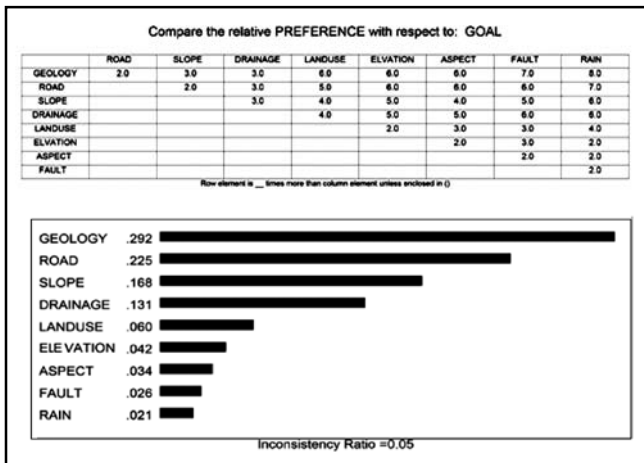
در این تحقیق برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش از دو مدل ارزش اطلاعات و AHP استفاده



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و استان

حساسیت را نسبت به لغزش دارند که می تواند به خاطر بریدگی ناشی از این عوامل، فشار حاصل از وزن اضافی در جاده ها و افزایش رطوبت در اطراف آبراه ها باشد. آبراه ها همچنین بر اثر فرسایش رودخانه ای و سایش دیواره کنار رودخانه باعث به هم خوردن تعادل شیب و در نتیجه ناپایداری دامنه های مشرف به رودخانه می گردد. شادفر و همکاران (۱۳۸۴)، فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۲)، Duman et al. (2005) و Lee et al. (2007) نیز به نتایج مشابهی مبنی بر افزایش زمین لغزش در اطراف جاده و آبراه ها رسیدند.

بررسی های مربوط به جهت شیب نشان داد که شیب باختری بیشترین تأثیر را در وقوع لغزش نسبت به جهت های دیگر دارد. در منطقه مورد مطالعه جهت غالب وزش باد باران آور باختری است، لذا دامنه های باختری چون رو به باد قرار دارند، رطوبت بیشتری دریافت نموده، لذا پدیده خاکزایی و ستبرای خاک در آنها بیشتر است. بررسی درصد شیب نیز نشان داد که شیب ۳۰-۵۰ و ۱۵-۳۰ درصد بیشترین حساسیت را نسبت به لغزش دارند که با مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۸۴) و شادفر و همکاران (۱۳۸۴) همخوانی دارد. در شیب های کم به طور معمول نیروهای مقاوم بیشتر از نیروهای محرک بوده و در شیب های خیلی زیاد نیز خاک تجمع نمی یابد که منجر به وقوع زمین لغزش شود. به همین خاطر در شیب های متوسط (۵۰-۱۵ درصد) بیشترین میزان زمین لغزش مشاهده شده است. بررسی طبقات ارتفاع نشان داد که طبقات ۱۸۰۰-۱۵۰۰ و ۲۱۰۰-۱۸۰۰ بیشترین حساسیت را نسبت به زمین لغزش دارند. در ارتفاعات بالا بارش معمولاً به صورت برف بوده و چیره بودن پدیده یخبندان در بخش بزرگی از سال باعث کندی پدیده خاکزایی و در نتیجه کاهش زمین لغزش می شود. در بین کاربری های مختلف نیز مناطق مسکونی و باغ کشاورزی بالاترین حساسیت را به وقوع زمین لغزش دارد. دخالت های بیش از حد در طبیعت و افزایش ساخت و ساز و در نتیجه ایجاد تغییر در تعادل شیب دامنه و افزایش بار اضافی بر دامنه می تواند دلیل اصلی ناپایداری دامنه و افزایش زمین لغزش باشد.



شکل ۲- وزن هر یک از عوامل مؤثر در خروجی نرم افزار Expert Choice

در ارزیابی مدل با استفاده از رابطه ۳ برای مدل ارزش اطلاعات و AHP میزان p به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۴۳ به دست آمد که حاکی از مناسب بودن این مدل برای پهنه بندی زمین لغزش در منطقه است. منطقه مورد مطالعه در مجموع پتانسیل بالایی برای وقوع زمین لغزش دارد و با توجه به شرایط حوزه پیشنهاد می شود که در هر گونه سرمایه گذاری و احداث سازه باید ویژگی های زمین شناسی و فیزیوگرافی منطقه مدنظر قرار گیرد تا باعث تحریک و افزایش حرکات نشود.

جدول ۲- پراکنش لغزش در سازندهای مختلف

ردیف	تراکم سطح (A/B)/(C/D)	مساحت طبقات (B)	مساحت لغزش (A)	واحد زمین شناسی
۱	۰/۱۹۱۸۷۴	۱۴۷۵۲۷۶۱	۲۵۰	A
۲	۰/۰۰۰۹۰۳	۱۱۲۸۸۴۹۷	۰	B
۳	۲/۹۰۱۹۱۹	۱۸۶۲۹۸۴۵	۴۷۹۰	C
۴	۰/۳۵۵۹۸۲	۶۵۰۰۶۱۰	۲۰۵	D
۵	۰/۰۳۸۲۶۲	۲۹۴۶۲۸	۰	E
۶	۰/۰۰۵۷۵۶	۱۹۷۵۲۹۴	۰	F
۷	۰/۲۰۹۹۳۲	۱۵۳۱۹۰۶۸	۲۸۵	G
۸	۲/۹۱۸۰۵۹	۱۱۹۹۰۶۰۳	۳۱۰۰	H
۹	۰/۵۰۵۵۳	۳۳۶۶۶۷۹۲	۱۵۰۸	I

(A) سنگ های آذرآواری شامل توف های سبز، توف های شیشه ای و خاکستر توف، (B) آهک های مارنی و مطبق، آهک دولومیتی نازک لایه خاکستری و به ندرت قرمز و زرد، (C) سنگ های آواری به رنگ قهوه ای زیتونی از نوع ماسه سنگ و شیل های سیلتی و رسی، (D) سنگ های آهکی دانه ریز و متراکم به رنگ روشن، (E) سازند ماسه سنگی با ستبرای کم، (F) متشکل از کنگلومرای پلی ژنیک، ماسه سنگ قرمز و مارن ماسه ای و سنگ های آهکی نولومیت دار، (G) سنگ های آذرین کوتاه تر، (H) پادگانه های آبرفتی، (I) واریزه ها.

جدول ۱- مقادیر ترجیحات و قضاوت کارشناسی

مقدار عددی	ترجیحات
۹	کاملاً "مهم تر یا کاملاً" مطلوب تر
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب تر یا کمی مهم تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸ و ۲، ۴، ۶	اولویت بین فواصل

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 (C/D)/(A/B)
۱	۰-۳۰۰	۴۵۲۰	۳۳۸۸۲۱۲۸	۱/۵۰۵۶۴۳
۲	۳۰۰-۵۰۰	۲۱۶۰	۱۵۹۶۴۰۲۱	۱/۵۲۷۰۸۸
۳	>۵۰۰	۳۴۵۸	۶۴۵۷۲۴۸۰	۰/۶۰۴۴۰۲

جدول ۴- پراکنش لغزش در طبقات مختلف شیب

ردیف	طبقات شیب	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (C/D)/(A/B)
۱	۰-۵	۰	۱۶۲۹۲۲۰	۰/۰۰۶۸۸۵
۲	۵-۱۵	۱۵۰	۶۸۲۰۱۷۲	۰/۲۴۸۱۹۴
۳	۱۵-۳۰	۱۸۵۵	۱۳۸۴۰۸۶۵	۱/۵۱۲۶۴۱
۴	۳۰-۵۰	۵۱۳۰	۲۷۵۶۵۶۴۵	۲/۱۰۰۴۵۱
۵	۵۰-۷۰	۱۳۷۸	۳۰۰۲۶۰۵۱	۰/۵۱۷۹۴۶
۶	>۷۰	۱۶۲۵	۳۳۹۰۰۵۰۴	۰/۵۴۰۹۷۱

جدول ۵- پراکنش لغزش در طبقات مختلف فاصله از آبراهه

ردیف	فاصله از آبراهه	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (C/D)/(A/B)
۱	۰-۲۰۰	۵۴۰۰	۴۶۸۹۶۳۴۲	۱/۲۹۹۶۶۱
۲	۲۰۰-۴۰۰	۲۸۰۳	۲۹۰۸۸۰۰۸	۱/۰۸۷۵۸۵
۳	>۴۰۰	۱۹۳۵	۳۸۴۳۴۲۷۹	۰/۵۶۸۲۸۴

جدول ۶- پراکنش لغزش در طبقات مختلف کاربری

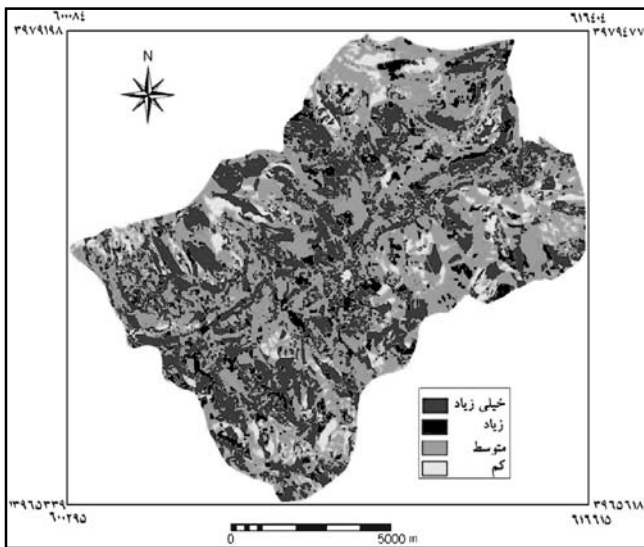
ردیف	کاربری	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (C/D)/(A/B)
۱	مرتع خوب	۲۶۴۰	۲۴۹۹۳۵۲۴	۱/۱۹۵۹۰۵
۲	مرتع متوسط	۳۸۵۳	۷۳۳۷۶۲۴۴	۰/۵۹۶۵۵۹
۳	باغ-کشاورزی	۲۲۳۵	۱۵۳۷۲۰۵۲	۱/۷۵۵۹۹۶
۴	مسکونی	۱۴۱۰	۳۳۷۴۵۳	۸/۲۶۰۰۸۲

جدول ۷- پراکنش لغزش در طبقات مختلف ارتفاع بر حسب متر

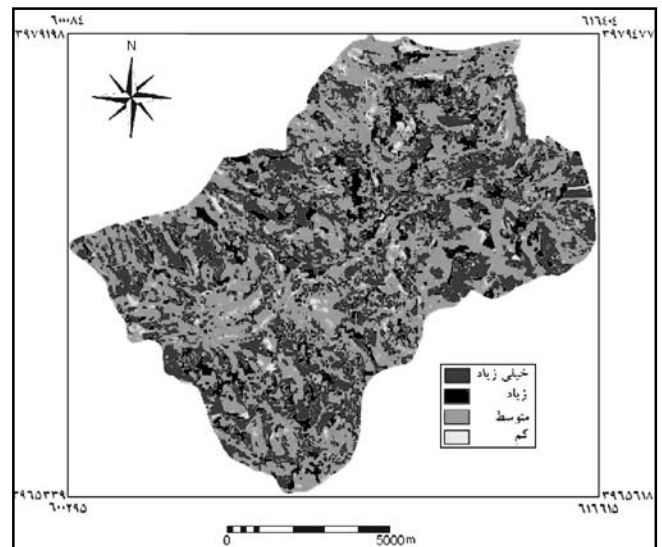
ردیف	طبقات ارتفاع	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (C/D)/(A/B)
۱	۱۲۰۰-۱۵۰۰	۰	۲۸۰۸۷۴۷	۰/۰۰۴۰۶۳
۲	۱۵۰۰-۱۸۰۰	۲۸۳۰	۱۵۶۷۲۵۹۰	۲/۰۳۸۰۳۶
۳	۱۸۰۰-۲۱۰۰	۴۲۸۵	۳۰۲۷۳۷۶۷	۱/۵۹۷۵۱۷
۴	۲۱۰۰-۲۴۰۰	۲۲۰۰	۳۰۵۸۴۶۶۷	۰/۸۱۱۸۵۱
۵	۲۴۰۰-۲۷۰۰	۷۸۵	۲۰۸۹۲۲۸۱	۰/۴۲۴۰۴۱
۶	۲۷۰۰-۳۰۰۰	۳۸	۱۲۵۵۵۲۱۰	۰/۰۳۴۱۹۹
۷	>۳۰۰۰	۰	۱۶۳۱۳۶۶	۰/۰۰۶۸۸۵

جدول ۸- پراکنش لغزش در طبقات مختلف جهت شیب

ردیف	جهت شیب	مساحت لغزش (A)	مساحت طبقات (B)	تراکم سطح (C/D)/(A/B)
۱	N	۲۶۹۰	۳۲۸۱۲۹۸۱	۰/۹۲۵۲۸۲
۲	E	۱۶۹۰	۳۰۳۶۹۸۱۸	۰/۶۲۸۱۰۴
۳	S	۲۵۷۵	۲۹۷۴۱۹۸۷	۰/۹۷۷۲۰۱
۴	W	۳۱۸۰	۲۰۵۴۴۶۲۸	۱/۷۴۷۰۶۵



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل ارزش اطلاعات

## کتابنگاری

- احمدی، ح.، اسماعیلی، ا.، فیض نیا، س. و شریعت جعفری، م.، ۱۳۸۲- پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)، مطالعه موردی حوزه آبخیز گرمی چای، مجله منابع طبیعی ایران جلد ۵۶، شماره ۴، ص ۳۳۵-۳۲۳.
- احمدی، ح.، محمدخان، ش.، فیض نیا، س. و قدوسی، ج.، 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، ۵۸: ۱۴-۳.
- سفیدگری، ر.، غیومیان، ج. و فیض نیا، س.، ۱۳۸۴- ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، ص ۵۸۰-۵۷۴.
- سیارپور، م.، ۱۳۷۸- پهنه‌بندی پتانسیل خطر زمین لغزش در جنوب خلخال، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۹۳ص.
- شادفر، ص.، یمانی، م. و نمکی، م.، ۱۳۸۴- پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح و LNRE در حوزه چالکرو، مجله آب و آبخیز، ۶۲-۶۸: ۳.
- شیروانی، ک.، غیومیان، ج. و مختاری، ا.، ۱۳۸۴- بررسی و ارزیابی روش‌های آماری دو متغیره و چندمتغیره در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی حوزه رودخانه ماربر). مجله آب و آبخیز، ۲: ۳۶-۴۷.
- فاطمی عقدا، م.، غیومیان، ج. و اشقلی فراهانی، ع.، ۱۳۸۲- ارزیابی کارایی روش‌های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین لغزش. مجله علوم زمین، ۱۱: ۴۷-۵۸.
- فتاحی، م. ع.، ۱۳۷۹- بررسی و ارزیابی کارایی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش و تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز لتیان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، مرکز آموزش عالی امام خمینی
- قدسی پور، س. ح.، ۱۳۸۴- مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ چهارم، ۲۲۰ص
- کلارستاقی، ع.، ۱۳۸۱- بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز شیرین رود ساری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۱ص.

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 ص.

محمدی، م.، پورقاسمی، ح. ر.، مرادی، ح. ر. و داودی، م.، ۱۳۸۶- کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و GIS در شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغزش، پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ۶ تا ۸ اسفند ماه، ۳۴.

محمدی، م.، پورقاسمی، ح. ر.، مرادی، ح. ر. و فیض‌نیا، س.، ۱۳۸۶- آنالیز خطر زمین‌لغزش در محیط GIS و کاربرد آن در امر حفاظت آب و خاک، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران- مدیریت حوزه‌های آبخیز، یکم و دوم اسفند ماه، ۳۲۳.

## References

- Ayalew, L., Yamagashi, H., Marui, H. & Kanno, T., 2005- Landslide in Sado Island of Japan: part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. *Engineering Geology*, 81: 432-445.
- Ayalew, L. & Yamagishi, H., 2005 -The Application of GIS – based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, central Japan. *Geomorphology* 65:15-31pp.
- Duman, T. Y., Can, T., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A., Sonmez, H., 2006 - Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area, Istanbul, Turkey, *Environmental Geology*, 51, 241-256.
- Komac, M., 2006- A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Sloveni. *Geomorphology* 74: 17-28.
- Lan, H. X., Zhou, C. H., Wang, L. J., Zhang, H. Y. & Li, R. H., 2004- Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang Watershed, Yunnan, China. *Engineering Geology* 76: 109-128.
- Lee, S., 2007- Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping, *Environmental Geology*, 52, 615-623.
- Neuhauser, B. & Terhorst, B., 2006- Landslide susceptibility assessment using “weights of evidence” applied to a study area at the Jurassic escarpment (SW-Germany). *Geomorphology* 1-13.
- Ohlmacher, G. C. & Davis, J. C., 2003- Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in Northeast Kansas, USA, *Engineering Geology*, 69: 331-343.
- Remendo, J., Gonzales, A., Teran, J., Cendrero, A., Fabbri, A. & Chung, C., 2003- Validation of landslide susceptibility maps, examples and applications from a case study in northern Spain, *Natural Hazard*, 437-449.

## **Prioritization of Landslide Effective Factors and it's Hazard Mapping using Information Value and AHP Models (Case Study: A Part of Haraz Watershed)**

**M. Mohammady<sup>1</sup>, H.R. Morady<sup>2\*</sup>, S. Feiz nia<sup>2</sup> & H.R. Pourghasemi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resource & Marine Science, Mazandaran, Iran

<sup>2</sup> Tehran University, Faculty of Natural Resource, Karaj, Iran.

Received: 2007 October 20

Accepted: 2009 January 03

### **Abstract**

Destruction and inordinate use of resources causes instability of natural slopes. Policymakers pay high attention to slopes instability investigation in order to supply zoning map to identify susceptible areas and stable location for the development of new settlements in the future. Iran especially in the north and Haraz road is always exposed to landslides hazard because of climatic and physiographic conditions. In order to prepare landslide susceptibility mapping, at first, landslide distribution map and the map of effective factors were supplied by field study. Then prioritization of effective factors was carried out using AHP method and seven factors were selected as most effective factor. Then landslide hazard zoning carried out using information value and AHP models. Results showed that Shemshak formation, fluvial terraces, distance of 500 meters from road, distance of 400 meters from drainage network, the west dip direction, slope of 15-50 percents, elevation of 1500-2100 meters, residential and agriculture-garden landuse have the highest landslide susceptibility.

**Key words:** Landslide, Landslide hazard map, Geographic information systems, Information model, Analytical Hierarchy Process. Haraz.

For Persian Version see pages 27 to 32

\*Corresponding author: H. R. Morady; Email: MoradyShr@yahoo.com