

پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از روش ترکیبی جدید در محیط GIS

مجید محمدی^{۱*}

majid.mohammady@semnan.ac.ir

حمزه نور^۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: زمین لغزش از جمله مهم‌ترین سوانح طبیعی در مناطق شیب‌دار با خسارات انسانی و اقتصادی زیاد است. ایران به‌خاطر شرایط خاص آب و هوایی و فیزیوگرافی همواره در معرض خطر زمین لغزش قرار دارد. هدف از این تحقیق تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش با استفاده از مدل تلفیقی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی-تراکم سطح در محیط GIS، در بخشی از حوزه آبخیز هراز است. **روش بررسی:** ابتدا با مطالعات میدانی نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوزه و سپس نقشه عوامل موثر بر زمین لغزش تهیه گردید. وزن‌دهی فاکتورهای موثر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و نرم‌افزار Expert Choice انجام شد. وزن کلاس‌های هر فاکتور با استفاده از مدل تراکم سطح در محیط GIS محاسبه گردید. در نهایت وزن کلاس‌ها در وزن فاکتور ضرب شد. وزن‌ها در محیط GIS با هم تلفیق شده و نقشه نهایی حساسیت زمین لغزش به‌دست آمد.

یافته‌ها: بررسی‌ها نشان داد که خصوصیات سنگ‌شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب عوامل اصلی موثر در وقوع زمین لغزش در منطقه هستند. نتایج نشان داد که شیب ۵۰-۱۵ درصد، جهت‌های شیب شمالی و غربی، ارتفاع ۲۱۰۰-۱۵۰۰، کاربری‌های مسکونی و باغ-کشاورزی، فاصله ۵۰۰ متری از جاده و ۴۰۰ متری از آبراهه، سازندهای شمشک و پادگانه‌های آبرفتی بیش‌ترین حساسیت را نسبت به زمین لغزش از خود نشان دادند.

بحث و نتیجه‌گیری: به طور کلی منطقه مورد مطالعه مطالعه به وقوع زمین لغزش حساسیت زیادی داشته و تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در این منطقه بسیار ضروری است. نقشه تهیه شده ابزار مفیدی در برنامه ریزی کاربری اراضی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزش، پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش، مدل تلفیقی، تراکم سطح، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

۱- استادیار دانشکده مهندسی منابع طبیعی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، * (مسوول مکاتبات).

۲- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

Landslide Susceptibility Zoning Using New Synthetic Method in the GIS Environment

Majid Mohammady^{1*}

majid.mohammady@semnan.ac.ir

Hamzeh Noor²

Accepted: 2017.11.22

Received: 2017.07.04

Abstract

Introduction: Landslides are one of the most natural hazards in hilly regions with great human and economic losses in the worldwide. Iran is always exposed to landslide susceptibility because of climatic and physiographic conditions. The purpose of this research is landslide susceptibility mapping using AHP-Density area model in GIS environment in the part of Haraz Watershed.

Methods: Landslide inventory map was created using field surveys, and then conditioning factors were prepared. Using AHP model and Expert Choice software, weight of each factor was calculated. Weight of classes for each factor was calculated using the density area model in the GIS environment. Finally, weight of classes and weight of factors was multiplied. Weighted map was integrated in GIS environment and the final zoning map created.

Results: Results indicated that lithology, distance from road, slope angle, distance from drainage network, land use, elevation, and slope aspect are the main landslide controlling factors in the area. Results showed that slope of 15-50 percent, north and west facing, altitude of 1,500-2,100 m, residential and mixing orchard and agriculture area types of land use, distance of 500 meter from road and 400 meter from drainage network, Shemshak formation and fluvial terraces are very susceptible to landslide.

Discussion and conclusion: In general, study area is very susceptible to landslide occurrence and landslide susceptibility mapping is very essential in this region. The resultant map would be useful for general land use planning.

Key words: Landslide, Landslide susceptibility zoning, Synthetic method, Density area, AHP

1- Assistant professor, Faculty of Natural Resources Engineering, Semnan University, Semnan, Iran (Corresponding Author).

2 - Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO, Mashhad, Iran

مقدمه

بلاایای طبیعی به‌عنوان بزرگ‌ترین دشمن طبیعی انسان، باعث کشته و مجروح شدن سالانه صدها هزار تن و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در سراسر جهان می‌شود. از این رهگذر حرکات توده‌ای^۱ و زمین‌لغزش^۲ به‌عنوان یکی از معضلات جهانی پیش روی انسان است.

این پدیده همه ساله زیان‌های جانی و مالی بسیاری را در کشورهای مختلف به‌دنبال دارد. زمین‌لغزش باعث تخریب انواع سازه‌های مهندسی از جمله مناطق مسکونی، راه‌ها، خطوط انتقال نیرو و همچنین منابع طبیعی و کشاورزی می‌گردد (۱)، (۲). بر اساس یک برآورد اولیه، سالانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق حرکات توده‌ای و زمین‌لغزش بر کشور تحمیل می‌شود و این در صورتی است که از بین رفتن منابع طبیعی غیرقابل بازگشت به‌حساب آورده نشوند (۳).

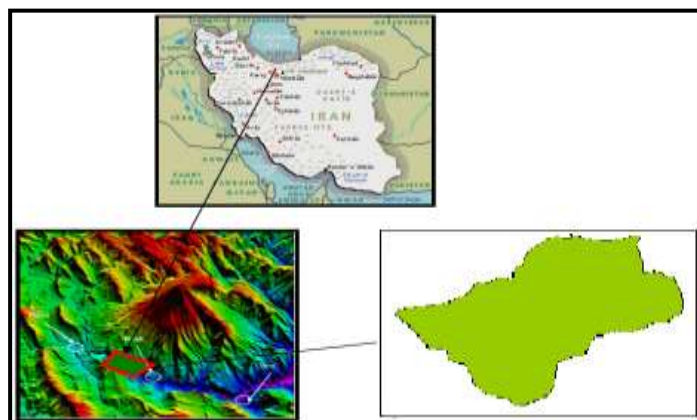
با توجه به خسارت‌هایی که زمین‌لغزش به اراضی کشاورزی و منابع طبیعی و اقتصادی وارد می‌سازند، ضرورت تحقیق و برنامه‌ریزی برای جلوگیری از وقوع و یا کاهش خسارت ناشی از آن اهمیت می‌یابد. این برنامه‌ریزی‌ها نیز در صورتی ثمربخش خواهد بود که زمین‌لغزش‌ها و عوامل ایجادکننده آن‌ها به موقع شناسایی شود (۴). با توجه به مشکلات زیاد ناشی از این پدیده امروزه شناسایی راه‌حل‌های مناسب جهت کنترل و کاهش خسارت ناشی از آن مورد توجه مراکز تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و

دستگاه‌های اجرایی است (۵). منطقه مورد مطالعه در این تحقیق بخشی از حوزه آبخیز رودخانه هراز است که به‌خاطر شرایط آب و هوایی و فیزیوگرافی و همچنین تغییر کاربری همواره با مشکل زمین‌لغزش مواجه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه واقع در استان مازندران و بخشی از زیرحوزه رودخانه هراز است. با توجه به این‌که قسمت‌های زیادی از منطقه برای نمونه‌گیری قابل دسترس نیست انتخاب حوزه یا زیر حوزه آبخیز به‌عنوان منطقه مطالعاتی امکان‌پذیر نبود. با توجه به لغزش‌های رخ داده در منطقه و همچنین تحقیقات محلی، بخشی از حاشیه جاده هراز، حد فاصل روستای وانا تا امام‌زاده علی به طول تقریبی ۲۰ کیلومتر و عرض ۳ تا ۴ کیلومتر از هر طرف جاده به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. این منطقه با مساحتی در حدود ۱۱۴ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی ۳۸° ۰۶' ۵۲ تا ۲۴' ۱۷° ۵۲ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۹° ۴۹' ۳۵ تا ۵۷' ۱۱° ۳۵ شمالی قرار دارد. ارتفاع بیشینه و کمینه در منطقه به ترتیب ۳۲۹۰ و ۱۲۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Location of the case study

تهیه داده‌های مورد نیاز

در بازدیدهای میدانی، موقعیت زمین‌لغزش‌ها با استفاده از GPS^۱ ثبت و نقشه پراکنش زمین‌لغزش تهیه گردید. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان جغرافیایی، زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی کشور، کاربری اراضی از سازمان جنگل‌ها و مراتع و نقشه‌های گسل، جاده و شبکه آبراهه‌ها از روی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی تهیه شد. فاصله از عوارض خطی در

محیط GIS محاسبه و طبقه‌بندی گردید. نقشه مدل رقومی ارتفاع^۲ (DEM) از روی نقشه توپوگرافی و نقشه‌های شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاع با استفاده از نقشه DEM تهیه شد. نقشه بارش منطقه نیز از میان‌یابی ایستگاه‌های داخل و مجاور حوزه به دست آمد. به‌منظور تحلیل آسان‌تر سازندهای مشابه بر اساس حساسیت به لغزش طبق تقسیم‌بندی حایری و سمیعی (۶) در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۲).

هم‌پوشانی نقشه‌های عامل با نقشه پراکنش زمین‌لغزشها

کلیه نقشه‌های عوامل با نقشه پراکنش زمین‌لغزش در محیط GIS تلفیق و سپس مساحت لغزش‌ها در هر طبقه از عوامل محاسبه شد.

به این ترتیب نقش طبقات مختلف هر یک از نقشه‌ها در وقوع زمین‌لغزش مشخص می‌گردد.

پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش

مدل تراکم سطح^۳ از جمله روش‌های مورد استفاده در پهنه‌بندی زمین‌لغزش بوده که اساس آن تراکم زمین‌لغزش‌ها در طبقات مختلف نقشه‌های عامل است. در این مدل پس از تعیین درصد زمین‌لغزش در طبقات مختلف عوامل، کمی کردن عوامل موثر و وزن‌دهی به طبقات بر اساس روابط ۱ و ۲ انجام شد (۷، ۸ و ۹).

$$W_{area} = D_{area} - 1000 * C/D \quad \text{رابطه ۱}$$

رابطه ۲

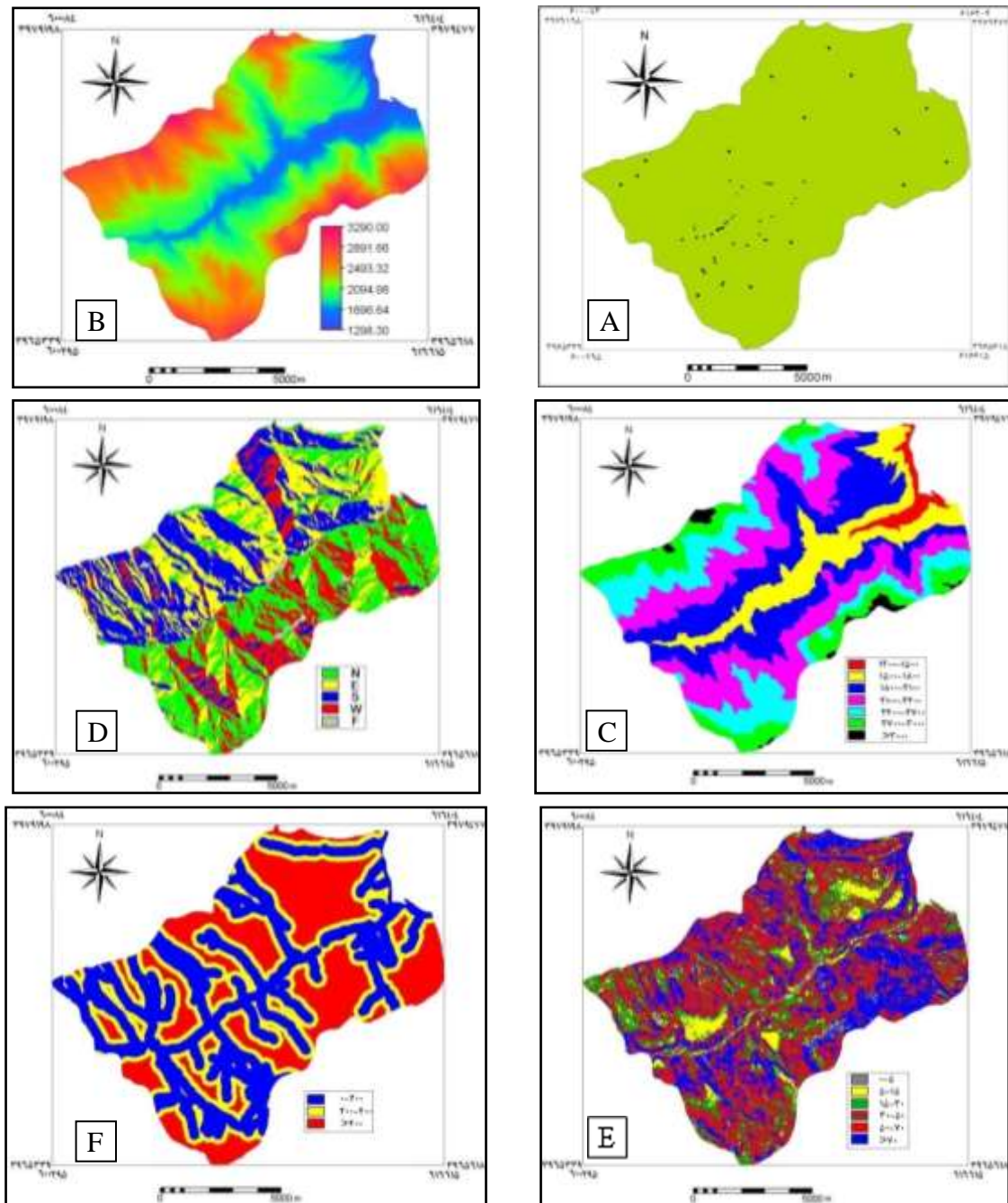
$$D_{area} = 1000 * A/B$$

که در آن:

D_{area} : تراکم سطح، W_{area} : وزن تراکم سطح، A: مساحت زمین لغزش هر واحدکاری، B: مساحت هر واحد کاری، C: مساحت کل زمین لغزش‌ها و D: مساحت کل منطقه است.

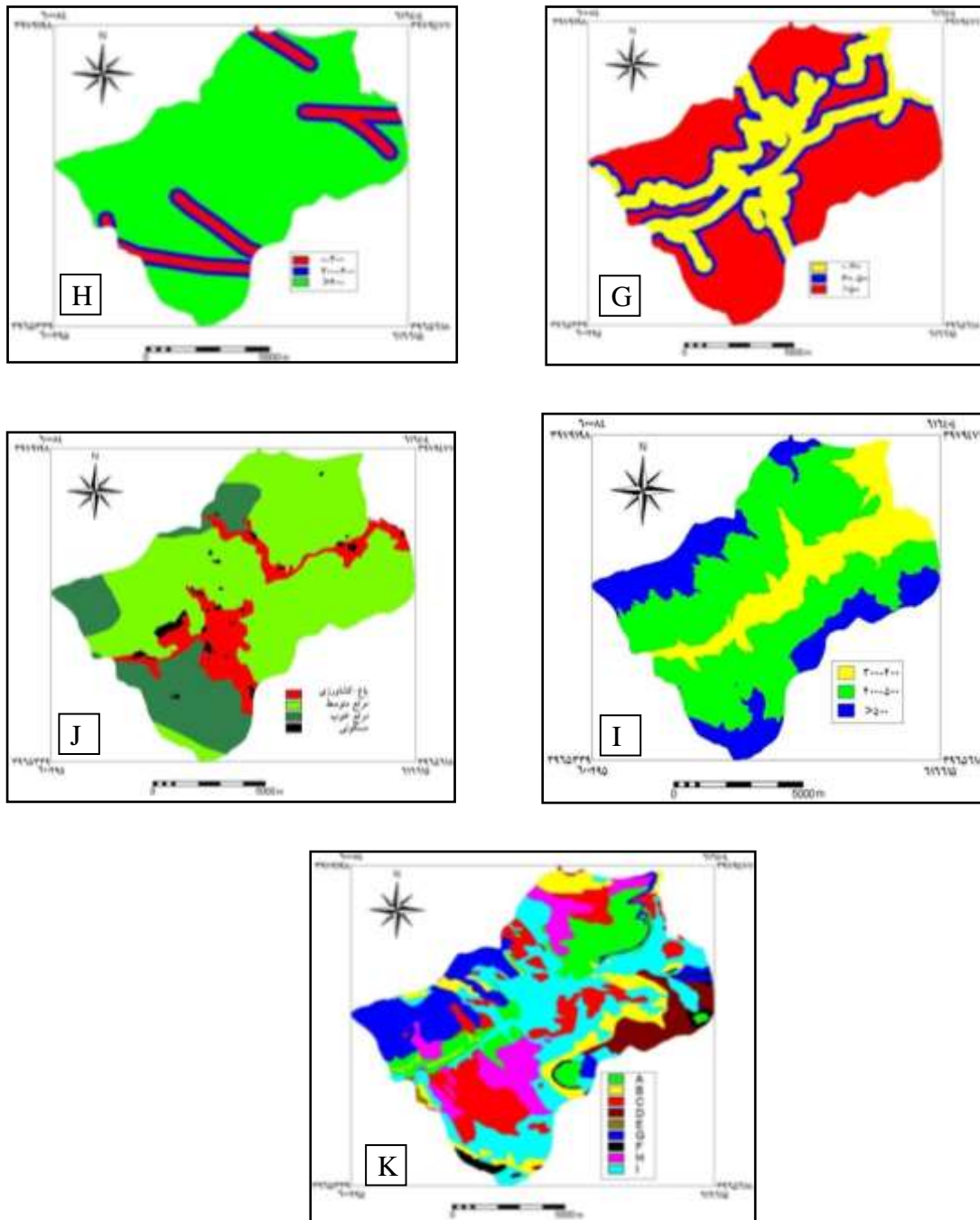
نکته مورد توجه در این مدل عدم توجه به اولویت موثر نسبت به یکدیگر است. در این مدل طبقات مختلف عوامل موثر بر اساس تراکم لغزش‌ها وزن‌دهی شده ولی به اولویت و وزن نسبی عوامل نسبت به یکدیگر توجهی نمی‌شود. برای حل این مشکل از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای اولویت‌بندی عوامل مختلف نسبت به یکدیگر استفاده شد. AHP یک روش نیم‌کیفی 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 (۱۰). اولین اقدام در استفاده از این روش انجام مقایسات زوجی عوامل نسبت به یکدیگر بر اساس جدول استاندارد ارائه شده برای این روش است (جدول ۱). با استفاده از جدول ۱ بر اساس نظر و دید کارشناس نسبت به منطقه فاکتورها به‌صورت دو به دو باهم مقایسه و یکی از وزن‌های جدول ۱ انتخاب می‌شود. به این ترتیب کلیه فاکتورها نسبت به یکدیگر مقایسه شدند. این ماتریس درنهایت به نرم افزار Expert Choice وارد و در آنجا وزن نهایی برای هر فاکتور محاسبه و تمامی عوامل نسبت به هم اولویت‌بندی شد. این نرم‌افزار همچنین ضریب ناسازگاری^۴ را به ما می‌دهد که اگر کم‌تر از ۰/۱ باشد قابل قبول و در غیر این‌صورت دوباره مقایسات انجام می‌شود (۱۱). سپس وزن‌های حاصل از AHP در وزن طبقات که با استفاده از مدل تراکم سطح طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه شده بود ضرب و وزن نهایی هر طبقه به‌دست آمد. با اعمال معادله در نقشه، نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در منطقه به‌دست آمد.

- 1- Global Positioning System
- 2- Digital Elevation Model
- 3- Density Area



شکل ۲- نقشه‌های عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش

Figure 2- Conditioning factors of landslide occurrence



ادامه شکل ۲- نقشه‌های عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش

A: نقشه پراکنش زمین لغزش B: نقشه DEM C: نقشه طبقات ارتفاعی، D: جهت شیب، E: درصد شیب، F: فاصله از

آبراهه، G: فاصله از جاده، H: فاصله از گسل، I: بارش سالانه، J: کاربری اراضی، K: زمین‌شناسی

Figure 2- (Continued) Conditioning factors of landslide occurrence

A: Landslide inventory map B: DEM C: Elevation D: Aspect E: Slope F: Distance from drainage G: Distance from road H: Distance from fault

I: Precipitation J: Landse K: Geology

جدول ۱- مقادیر ترجیحات و قضاوت کارشناسی

Table1- Preferences of AHP model

مقدار عددی	ترجیحات
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
۸، ۶، ۴، ۲	اولویت بین فواصل

ارزیابی روش پهنه‌بندی

حساسیت به درصد در منطقه است. از نظر تئوری حد فوقانی خاصی برای Qs نمی‌توان در نظر گرفت ولی معمولاً مقدار آن بین صفر تا هفت است. (۸ و ۱۴).

نتایج

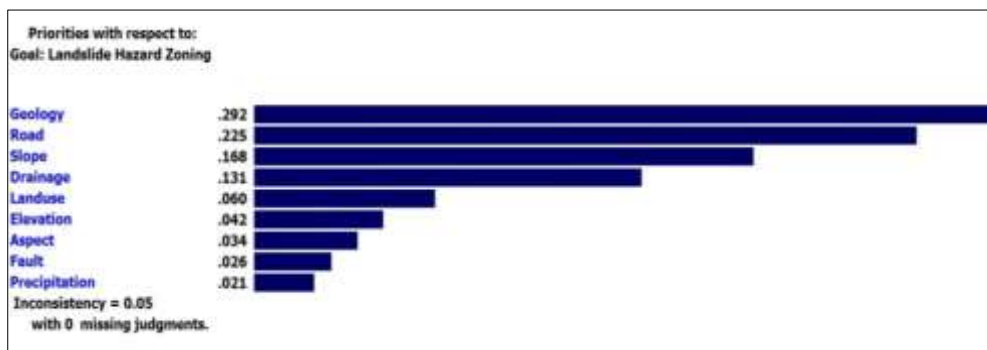
اولویت‌بندی عوامل موثر بر وقوع زمین‌لغزش

نتایج حاصل از اولویت‌بندی عوامل موثر بر وقوع زمین‌لغزش در شکل ۳ نشان داده شده است. فاصله از گسل و میزان بارش به دلیل تاثیر کم در وقوع لغزش، وزن کمی به خود اختصاص داده و در پهنه‌بندی منطقه استفاده نشدند (شکل ۲). همچنین ضریب ناسازگاری، ۰/۰۵ به دست آمد که قابل قبول است (۱۱).

حدود دو سوم نقاط لغزشی (۵۵ نقطه) برای پهنه بندی و یک سوم نقاط لغزشی (۲۳ نقطه) برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت (۱۲). برای مقایسه رده‌های مختلف حساسیت از تراکم زمین‌لغزش‌ها یا نسبت تراکمی^۱ (Dr) در هر یک از رده‌های حساسیت استفاده شد. نسبت تراکم با تقسیم نمودن تراکم زمین‌لغزش در رده حساسیت خاص به تراکم متوسط زمین‌لغزش‌ها محاسبه گردید. ارزیابی نهایی با استفاده از مقدار جمع کیفی^۲ (Qs) مشخص می‌شود و Qs بالاتر نمایان‌گر جدایش بهتر بین رده‌های حساسیت مختلف است. جمع کیفی به صورت رابطه ۳ تعریف می‌گردد (۱۳ و ۱۴):

$$Qs = \sum_{i=1}^n (Dr - 1)^2 * S \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن: n: تعداد رده‌های حساسیت و S: مساحت رده



شکل ۳- وزن هر یک از فاکتورهای موثر در خروجی نرم افزار Expert Choice

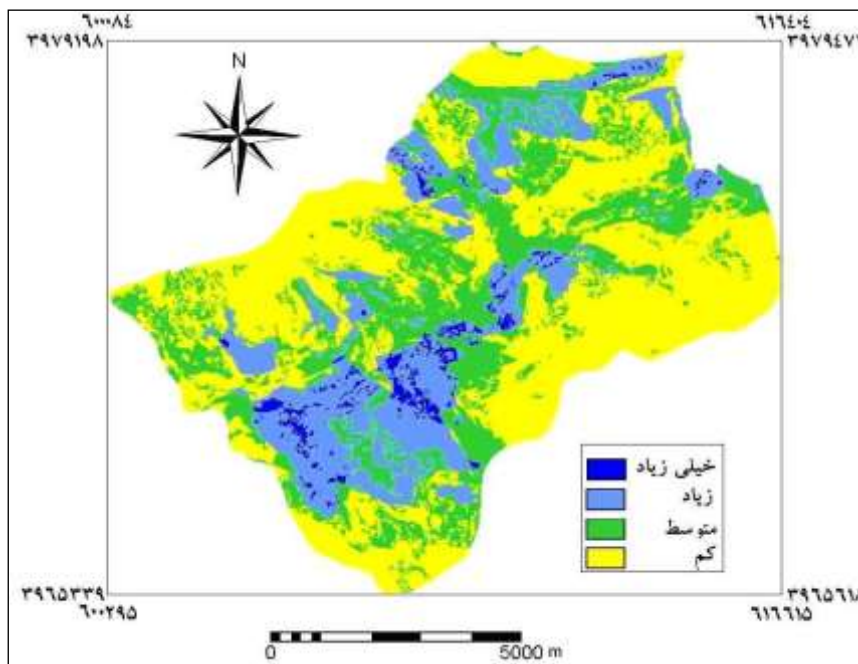
Figure 3-Weight of landslide conditioning factors in the Expert Choice software

- 1- Density ratio
- 2- Quality sum

تراکم زمین لغزش‌ها

طبقه‌ای که بیش‌ترین تراکم زمین‌لغزش را داشته باشد حساسیت بیش‌تری دارد. بررسی‌ها نشان داد سازندهای گروه C (شیل، ماسه‌سنگ و سیلتستون) و H (پادگانه‌های آبرفتی)، فاصله ۵۰۰ متری از جاده، فاصله ۴۰۰ متری از جاده، شیب ۱۵ تا ۵۰ درصد، کاربری مسکونی، ارتفاع ۱۸۰۰-۱۵۰۰ متر و نتایج ارزیابی مدل نیز در جدول ۲ نشان داده شده است.

جهت شیب غربی بیش‌ترین تراکم زمین‌لغزش را دارند. پهنه‌بندی زمین‌لغزش و ارزیابی مدل وزن نهایی در نقشه حاصل از تلفیق ۷ عامل تاثیرگذار بر زمین-لغزش اعمال شده و نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمد (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از مدل تلفیقی AHP و تراکم سطح

Figure 4- Landslide susceptibility map using synthetic method of AHP and Density Area

جدول ۲- نتایج ارزیابی نقشه حساسیت لغزش

Table2- accuracy assessment of landslide susceptibility map

کلاس‌های حساسیت	Area (درصد)	Landslide (درصد)	DR	QS
خیلی زیاد	۲/۲۸	۴/۰۵۷	۱/۷۸	۰/۰۱۳۸
زیاد	۲۰/۰۳	۷۶/۴۹	۳/۸۲	۱/۵۹۱
متوسط	۲۹/۱۵	۱۴/۶۸	۰/۵۰	۰/۰۷۲
کم	۴۸/۵۴	۴/۷۷	۰/۰۰۹۸	۰/۴۷۶
جمع کل				۲/۵۰۳۳

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد سازند شمشک (متشکل از ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل و رس سنگ) و پادگانه‌های آبرفتی بیش‌ترین حساسیت به وقوع زمین‌لغزش را دارند. این نتایج با مطالعات شادفر و همکاران (۷) و Davis و Ohlmacher (۱۵) مطابقت دارد. این سازندها بسیار حساس بوده و با جذب آب حالت ارتجاعی یافته و باعث سر خوردن لایه‌های بالایی به‌صورت پدیده زمین‌لغزش می‌گردد. بیش‌ترین میزان لغزش در کلاسه-های شیب ۳۰-۱۵ و ۵۰-۳۰ درصد رخ داده است. در شیب‌های کم معمولاً نیروهای مقاوم مانند اصطکاک خاک و دیگر مواد دامنه‌ای بیش‌تر از نیروهای محرک مانند نیروی ثقل است. در شیب‌های خیلی‌زیاد نیز خاک در حدی تجمع نمی‌یابد که منجر به وقوع زمین‌لغزش گردد، در نتیجه در شیب‌های متوسط بیش‌ترین میزان زمین‌لغزش مشاهده شده است که با نتایج یمانی و همکاران (۱۶)؛ Chau و Chan (۱۷)؛ Lee و Abdul Talib (۱۸) و Dymond و همکاران (۱۹) مطابقت دارد. در اطراف جاده‌ها و آبراهه‌ها نیز میزان لغزش‌ها خیلی زیاد است به‌طوری که تا فاصله ۵۰۰ متری از جاده و ۴۰۰ متری از آبراهه‌ها بیش‌ترین میزان لغزش مشاهده می‌شود. شادفر و همکاران (۷)؛ Duman و همکاران (۲۰)؛ Lee (۲۱)؛ Yalcin (۹)؛ Mohammady و همکاران (۲۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

بررسی‌ها نشان داد که بیش‌تر لغزش‌های منطقه در کاربری مسکونی و مخلوط باغ-کشاورزی رخ داده است. این نتایج با تحقیقات احمدی و همکاران (۲۳)؛ شادفر و همکاران (۷) و Ercanoglu و Gockeoglu (۲۴) مطابقت دارد. دخالت‌های بیش از حد در طبیعت، افزایش ساخت و ساز 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 افزایش زمین‌لغزش در این کاربری‌ها باشد. بررسی طبقات ارتفاع نشان داد که طبقات ۱۸۰۰-۱۵۰۰ و ۲۱۰۰-۱۸۰۰ متر بیش‌ترین حساسیت را نسبت به زمین‌لغزش داشته و در ارتفاعات خیلی زیاد زمین‌لغزش کم‌تر است. شیب‌های غربی و

شمالی دارای بیش‌ترین میزان زمین‌لغزش است. در منطقه مورد مطالعه جهت بادهای باران‌آور غربی تا شمال غربی است که باعث می‌شود تا بیش‌ترین رطوبت در جهت غربی دامنه‌ها دریافت شود. به این ترتیب، حضور رطوبت افزایش پدیده خاک‌زایی و ضخامت خاک و در نتیجه افزایش زمین‌لغزش را در این جهت‌ها به دنبال دارد که با مطالعه عابدینی و همکاران (۲۵) هم‌خوانی دارد. اولویت‌بندی عوامل با استفاده از AHP مراتبی نشان داد که خصوصیات زمین‌شناسی بیش‌ترین تاثیر را بر وقوع زمین‌لغزش دارد. به‌خاطر وجود سازندهای حساس به فرسایش مانند سازندهای رسی، مارن و پادگانه‌های آبرفتی وقوع زمین‌لغزش به‌شدت به خصوصیات زمین‌شناسی وابسته است و در بسیاری از بخش‌های منطقه تاثیر عوامل دیگر را پوشش داده‌اند و در برخی مناطق با وجود عوامل مستعد بودن دیگر عوامل برای وقوع زمین‌لغزش به‌خاطر وجود سازندهای مقاوم، منطقه فاقد لغزش بوده است. Terhorst و Neuhauser (۲۶) نیز به اهمیت زمین‌شناسی در وقوع زمین‌لغزش اشاره نموده‌اند. در تحقیقات گذشته مدل‌های تراکم سطح و AHP به‌صورت جداگانه استفاده شده‌اند. شادفر و همکاران (۷) و محمدی و همکاران (۲۷) کارایی مدل تراکم سطح را تایید نموده‌اند. هم‌چنین محمدی و همکاران (۲۸) حجازی (۲۹)، سوری و همکاران (۱)، میرنظری و همکاران (۱۳)، Ayalew و Yamagishi (۳۰)، Komac (۱۲)، Kayastha و همکاران (۳۱)، Feizizadeh و همکاران (۳۲) مدل AHP را استفاده نموده و دقت آن را خوب ارزیابی نمودند. تلفیق این دو مدل که برای اولین بار انجام شده نیز حاکی از دقت بالای مدل تلفیقی داشته و در شرایط مشابه می‌توان از آن استفاده نمود.

به‌طور کلی منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل زیادی برای وقوع زمین‌لغزش است و این لغزش‌ها هر ساله خسارات زیادی به جاده، مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و دیگر منابع موجود در منطقه وارد می‌کند. عوامل زمین‌شناسی، خصوصیات ژئومورفولوژیکی، شبکه آبراهه‌ها غیر قابل تغییر بوده و تنها راه جلوگیری از خسارات آن‌ها دوری از این مناطق و عدم تحریک

7. Shadfar, P., Yamani, M., Namaki, M., 2005. Landslide hazard zonation using information value models, surface density, and LNRE in the Chalker field. *Journal of Water and Watershed*, 3, 62-68. (In Persian).
8. Feiznia, S., Kalarstagh, A., Ahmadi, H., Safaei, M., 2002. Investigating the factors affecting the occurrence of landslides and zoning of the land slide risk of Shirin-rood-Dam Tajan watershed. *Journal of Natural Resources of Iran*, 57 (1), 3-20. (In Persian).
9. 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.
10. Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T., 2005. Landslides 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.
11. Ghodsipoor, H., 2003. Analytical Hierarchy Process (AHP). Amirkabir Publication. 4, 220p (In Persian).
12. Komac, M., 2006. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in pri-alpine Slovenia. *Geomorphology*, 74, 17-28.
13. Mirzazari, J., Khezri, S., Shahabi, H., 2015. Assessment and zoning of landslide hazard sing AHP model and fuzzy logic operation in Posht tang watershed of sar pole zahab (Kermanshah province). *Geography and development*, 12 (37), 35-70 (In Persian).

این مناطق است. با جلوگیری از احداث جاده‌های غیر اصولی و کاربری مناسب در این مناطق، می‌توان از تحریک و افزایش حرکات در این گونه مناطق جلوگیری کرد.

منابع

1. Souri, S., Baharvand, S., Ahmadian moghadam, R., Dehban, M., 2013. Landslide hazard zoning using analytical hierarchy process. *Journal of applied geology*, 9, 101-110. (In Persian)
2. Feizizadeh, B., Blaschke, T., 2013. GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmia Lake basin Iran. *Natural Hazard*, 65, 2105-2128.
3. Komak Panah, A., Montazerolghaem S., and Chodani, A., 1992. Landslide and a Review on Landslide in Iran. Published by International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran. (In Persian).
4. Sarvati, M.R., Nosrati, K., Hasanvandi, S., Mirbagheri, B., 2014. Prediction of Landslide Hazard in Sikan River Basin Using Logistic Regression Model, 67(1), 17-29 (In Persian).
5. Sangchini Karimi, E., Ownegh, M., Sadoddin, A., 2013. Assessment of landslide hazard, risk in Chehel - Chay Watershed, Golestan Province, Iran. *Watershed management research*, 98, 74-84. (In Persian).
6. Haeri, S.M., Samiei, A.H., 1996. New zoning approach of slope areas against the landslide risk with emphasis on zoning of Mazandaran province, *Earth Sciences*, 6, 2-15. (In Persian).

22. Mohammady, M., Pourghasemi, H.R., Pradhan, B., .2012. Landslide susceptibility mapping at Golestan province, Iran: a comparison between frequency ratio, Dempster-Shafer, and weights-of-evidence models. *Journal of Asian Earth Sciences*, 61, 221–236.
23. Ahmadi, H., Mohammad Khan, S., Feiznia, S., Ghoddoosi. J., 2006. Landslide hazard zonation by AHP hierarchical analysis method in Taleghan basin, *Natural Resources Journal*. 58, 3-14 (In Persian).
24. Ercanoglu, M., Gokceoglu, C., .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.
25. Abedini, M., Ghasemian, B., Shirzadi, A., 2014. Modelling the Hazard of Landslides by Using Statistical Method of Logistic Regression. *Geography and development Iranian journal*, 37, 85-120 (In Persian).
26. 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.
27. Mohammadi, M., Moradi, H. R., Feizenya, S., Pourghasemi, H. R., 2009. Prioritizing the factors affecting the landslide and preparing its hazard map using information value models and AHP in a part of the Haraz watershed. *Journal of Geosciences*, 19 (74), 27- 32 (In Persian).
28. Mohammadi, M., Moradi, H. R., Feizenya, S., Pourghasemi, H. R., 2009. Comparison of the Efficiency of Certainty Factor, Information Value
14. Gee, M.D., .1991. Classification of landslide hazard zonation methods and a test of predictive capability, *Landslides*, Bell (ed.), Balkema, Rotterdam. pp. 947- 952.
15. 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.
16. Yamani, M., Shamsipour, A., Goorabi, A., Rahmati, M., 2014. Determining landslide zones in Khoramabad-pole zaal freeway by using hierarchy analysis-fuzzy logic method. *Journal of geographical sciences*, 14(32), 27-44 (In Persian).
17. Chau, K.T., Chan, J.E., .2005. Regional bias of landslide data in generating susceptibility maps using logistic regression: Case of Hong Kong Island. *Landslides*, 2, 280-290.
18. Lee, S., Abdul Talib, J., .2005. Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology*, 47, 982-990.
19. Dymond, J.R., Ausseil, A.G., Shepherd, J.D., Buettner, I., .2006. Validation of a Region- Wide Model of Landslide Susceptibility in the Manawatu- Wanganui Region of New Zealand. *Geomorphology*, 74, 70-79.
20. 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.
21. Lee, S., .2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 52, 615-623.

- Mountains, central Japan. *Geomorphology*, 65, 15-31.
31. Kayastha, P., Dhital, M.R., DeSmedt., .2013. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: A case study from the Tinau watershed, west Nepal. *Computers & Geosciences* 52, 398–408.
32. Feizizadeh, B., Shadman Roodposhti, M., Blaschke, T., .2014. A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. *Computers & Geosciences*, 73, 208–221.
- and AHP Models in Landslide Hazard Zonation (Case study: Part of Haraz Watershed). *Journal of Range and Watershed Management*, 62(4), 539-551 (In Persian).
29. Hejazi, S.A., 2015. Landslide hazard mapping in Gojabel of Ahar using GIS. *Journal of geography and planning*, 18(50), 135-152 (In Persian).
30. Ayalew, L., Yamagishi, H., .2005. The Application of GIS – based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda–Yahiko