



دانشگاه گیلان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد شانزدهم، شماره اول، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

ارزیابی کارایی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز سیدکلاته رامیان

* صفیه علیمحمدی^۱، عباس پاشایی اول^۲، شعبان شتایی جویباری^۳ و لطف‌الله پارسایی^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۲ استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی گرگان، ^۴ کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان
تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۲

چکیده

امروزه بروز پدیده زمین‌لغزش در مناطق جنگلی شمال کشور و از جمله استان گلستان، به علت کاهش و یا از بین رفتن پوشش گیاهی، به یک امر طبیعی تبدیل شده است. پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش در یک منطقه، از خسارات ناشی از بروز این امر جلوگیری خواهد نمود. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، از جمله راه‌کارهای مناسب و جواب‌گو در این مورد می‌باشد. انتخاب بهترین روش برای پهنه‌بندی در کاهش هزینه و صرف وقت مؤثر است. همچنین این امر سبب به‌دست آوردن نتایج بهتر و مطمئن در مورد پهنه‌بندی خواهد شد. در این تحقیق از دو مدل تجربی شامل روش مورا و وارسون و روش حائری و سمیعی و مدل آماری شامل روش اثر نسبی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه حوزه آبخیز سیدکلاته واقع در شهرستان رامیان استان گلستان استفاده گردید. برای ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی از روش جمع مطلوبیت استفاده شد. نتایج، بیانگر تفکیک بهتر کلاسه‌های خطر در روش اثر نسبی می‌باشد. در مقایسه بین مدل‌های تجربی، روش حائری-سمیعی از روش مورا-وارسون کارایی بهتری از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مدل مورا-وارسون، مدل حائری-سمیعی، مدل اثر نسبی، حوزه آبخیز سیدکلاته رامیان

* مسئول مکاتبه: saalimohamadi@yahoo.com

مقدمه

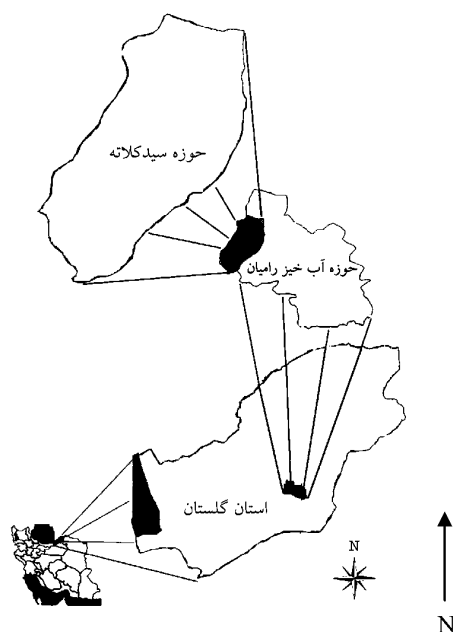
حرکات توده‌ای، از جمله پدیده‌هایی است که هر از گاهی در شیب تند تپه‌ها و مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد. این حرکات در برخی موارد خطرات جانی و مالی در پی دارد. یکی از اثرات غیرقابل انکار این پدیده، تشدید فرسایش خاک و انتقال رسوبات به پشت سدها و یا بندهای پایین دست حوزه‌های آبخیز می‌باشد (پارسایی، ۲۰۰۶). حرکت توده‌ای می‌تواند شامل افتان^۱، لغزش^۲ و سیلان^۳ باشد. زمین‌لغزش‌ها نشان‌دهنده یک رده از پدیده‌هایی هستند که وزن، نیروی اصلی ناپایداری شیب در پدیده یاد شده می‌باشد. حرکت توده گسیخته شده معمولاً سریع می‌باشد (غیومیان و فرهادی‌نژاد، ۲۰۰۵). خسارات زیان‌بار زمین‌لغزش در سراسر دنیا بسیار زیاد بوده و تاکنون جان تعداد زیادی از انسان‌ها را گرفته است. برای مثال، در بهار سال ۱۹۹۷ روستای آبیکار چهارمحال و بختیاری در زیر حجم عظیمی از خاک و سنگ مدفون شد و همه اهالی این روستا از بین رفتند (بلورچی و انصاری، ۱۹۹۹). پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش در یک منطقه در کاهش خطرات و خسارات ناشی از بروز این امر نقش مؤثری دارد. شناسایی و انتخاب مناسب‌ترین روش جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در یک محدوده، باعث می‌شود با اطمینان بالاتری به نتایج، جهت پیش‌گیری یا بهبود شرایط اقدامات لازم انجام شود. اهمیت این نقشه‌ها در مراحل برنامه‌ریزی، فعالیت‌های عمرانی، حفاظت خاک و... باعث شده است تا گروه زیادی از محققان، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را مورد توجه قرار دهند. با استفاده از نتایج چنین تحقیقاتی می‌توان نقشه‌های خطر زمین‌لغزش را رسم نموده و از آنها در بررسی و مطالعه راه‌های پیش‌گیری و مبارزه با زمین‌لغزش استفاده نمود (علیمحمدی، ۲۰۰۷). در ایران مطالعات زیادی روی ارزیابی روش‌های مختلف پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش انجام شده است. کارایی مدل‌های تجربی و آماری پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش توسط محققان مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است (حبیبی و همکاران، ۲۰۰۵؛ صیادی و هنردوست، ۲۰۰۵؛ شیرانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ سفیدگری، ۲۰۰۲؛ کورکی‌نژاد، ۲۰۰۱؛ فتاحی‌اردکانی، ۲۰۰۰؛ حق‌شناس و همکاران، ۱۹۹۷). برخی از محققان روش‌های تجربی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را مورد

- 1- Falling
- 2- Sliding
- 3- Flowing

استفاده قرار داده‌اند (دای و همکاران، ۲۰۰۲؛ نیلسن و رایت، ۱۹۷۹). استفاده از روش‌های آماری دو متغیره و چندمتغیره نیز مورد توجه ویژه محققان قرار داشته است (کامپوس و سکاویا، ۲۰۰۰؛ چونگ و فابری، ۲۰۰۵؛ چانگ و اسلای‌ماکر، ۲۰۰۲؛ ون‌وسترن و همکاران، ۱۹۹۹؛ گازی و همکاران، ۱۹۹۹). به دلیل وجود روش‌های متعدد در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، این نکته که کدام روش می‌تواند کارایی مناسب‌تری در منطقه از خود نشان دهد؛ مورد توجه قرار می‌گیرد. انتخاب بهترین روش برای پهنه‌بندی در کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از صرف هزینه‌های اضافی و همچنین به دست آوردن نتایج بهتر و مطمئن مؤثر می‌باشد. تا بتوان با تکیه بر نتایج به دست آمده، راه‌کارهای مناسب‌تری را برای جلوگیری از بروز خسارات لغزش ارایه داد. استان گلستان به علت دارا بودن شرایط خاص جغرافیایی، اقلیمی و واقع شدن در دامنه رشته کوه‌های البرز، از لحاظ زمین‌لغزش اهمیت بسیاری دارد. وجود نواحی دارای خطر بالای لغزش، خسارات ناشی از حرکت خاک و تهدید منابع طبیعی و ملی کشور، اهمیت تحقیقات علمی و توجه بیشتر مسئولان را به این موضوع مهم نشان می‌دهد (پارسایی، ۲۰۰۶). حوزه آب‌خیز سیدکلاته با مساحت حدود ۳ هزار هکتار و در بر داشتن بیش از ۴۰ زمین لغزه و با توجه به موقعیت اقلیمی و جغرافیایی خاص و قرار گرفتن در دامنه‌های شمالی البرز، دارای موقعیت مناسبی جهت انجام تحقیقات زمین‌لغزش می‌باشد. در این حوزه سطحی معادل ۴۸۲۴۰۰ مترمربع از منطقه دچار لغزش شده که بیشترین سطح آن ۴۴۰۴۵/۶ مترمربع و کمترین سطح ۴۵۶ مترمربع می‌باشد. از آنجایی که زمین‌لغزش نقش مهمی در هدرروی و نابودی منابع طبیعی و اراضی کشور دارد و با توجه به اهمیت زمین‌لغزش در اراضی استان گلستان، انجام تحقیقات کاربردی در خصوص کنترل این عامل مخرب و شناسایی راه‌های پیش‌گیری از آن جهت حفظ منابع طبیعی و محیط زیست ضروری می‌باشد. بنابراین اهداف تحقیق در این مطالعه شامل تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آب‌خیز سیدکلاته و تشخیص نقاط پرخطر برای ارایه راه‌کارهای مناسب جهت پیش‌گیری از ایجاد زمین‌لغزش در آینده و بهبود وضعیت محیط زیست و مقایسه چند روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و پیشنهاد مناسب‌ترین روش با توجه به شرایط اقلیم و جغرافیایی خاص استان گلستان می‌باشد (علیمحمدی، ۲۰۰۷).

مواد و روش‌ها

وضعیت عمومی منطقه: حوزه سیدکلاته یکی از زیر حوزه‌های آب‌خیز قره‌چای می‌باشد که در طول جغرافیایی $55^{\circ}02'$ تا $55^{\circ}07'$ و عرض جغرافیایی $37^{\circ}00'$ تا $36^{\circ}53'$ واقع شده است (شکل ۱). این حوزه از شمال به شهرستان رامیان، از جنوب به ارتفاعات جوزچال، از شرق به منطقه تیل‌آباد و از غرب به کوه قلعه موران و منطقه سفیدچال محدود می‌گردد. مساحت حوزه حدود 3000 هکتار، مشتمل بر مناطق کوهستانی و اراضی جنگلی می‌باشد. متوسط درجه حرارت و بارندگی در یک دوره 20 ساله به ترتیب $16/65$ درجه سانتی‌گراد و $836/29$ میلی‌متر می‌باشد. ارتفاع متوسط حوزه 1511 متر و بلندترین و کم‌ترین ارتفاع آن نیز به ترتیب 2813 و 310 متر بوده و شیب متوسط حوزه $32/45$ درصد می‌باشد. به‌طورکلی خاک‌ها دارای pH حدود خنثی ($7/5$) بوده و از این لحاظ وضعیت مناسبی دارد. همچنین خاک اراضی منطقه فاقد مسأله شوری می‌باشند.



شکل ۱- نقشه موقعیت مکانی زیرحوزه آب‌خیز سیدکلاته در استان گلستان و ایران.

در بررسی‌های به عمل آمده از بارندگی منطقه مورد مطالعه، بیشترین ریزش جوی در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین صورت گرفته و حداقل بارش در خرداد و تیر می‌باشد. بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای حوزه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار اسمادا^۱ برابر ۱۵۳/۹۴ میلی‌متر به‌دست آمد و براساس روش دومارتن در اقلیم مرطوب قرار می‌گیرد.

مدل‌های تجربی

روش مورا و وارسون: مورا و وارسون (۱۹۹۴) مجموعه مطالعات موردی انجام شده در رابطه با گسیختگی‌های به وقوع پیوسته در نتیجه وقوع زلزله‌های تاریخی و بارندگی‌های سنگین در آمریکای مرکزی را سامان‌دهی کرده و براساس نتایج به‌دست آمده روشی را برای پیش‌گویی پهنه‌های مستعد گسیختگی شیب پیشنهاد دادند. عوامل مورد استفاده توسط آنها عبارت است از: پستی و بلندی نسبی، شرایط زمین‌شناسی و رطوبت خاک. به‌علاوه دو عامل شدت لرزه و شدت بارندگی نیز به‌عنوان عوامل محرک در نظر گرفته شده‌اند. با تحقیق پیرامون چگونگی عملکرد و تأثیرگذاری عوامل فوق در منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری اطلاعات لازم، به هر یک از این عوامل در واحد شبکه براساس جدول‌های مربوطه امتیاز داده می‌شود (مورا و وارسون، ۱۹۹۴). با روی هم‌گذاری لایه‌های مورد نیاز در هر یک از مدل‌های به‌کار گرفته شده، امتیازهای هر یک از عوامل در لایه‌ها داده شده و نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه می‌گردد. با ترکیب این عوامل و وزن‌دهی برای عوامل مؤثر، درجه خطر گسیختگی شیب به شکل معادله (۱) تعریف می‌شود.

$$HI = (S_r \times S_l \times S_h) (T_s + T_p) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن HI = شاخص خطر زمین لغزه، S_r = مقدار حساسیت پستی و بلندی نسبی، S_l = مقدار حساسیت زمین‌شناسی، S_h = شاخص رطوبت خاک، T_s = مقدار تأثیر شدت لرزه، T_p = مقدار تأثیر شدت بارندگی.

-
- 1- Smada
 - 1- Hazard Index
 - 2- Relief Sensibility
 - 3- Lithology Sensibility
 - 5- Humidity Sensibility
 - 6- Tectonic Sensibility
 - 7- Precipitation Triggering

به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و تهیه نقشه آن، با استفاده از رابطه ارایه شده توسط مورا و وارسون و امتیازهای داده شده به هر یک از عوامل، خطر بروز لغزش در منطقه تهیه می‌شود (جدول ۱). جهت اعمال روش مورا- وارسون، منطقه به پیکسل‌هایی برابر ۲۵۰×۲۵۰ متر (۱×۱ سانتی‌متر روی نقشه) تقسیم‌بندی شد. هر کدام از فاکتورهای این مدل شامل زمین‌شناسی، زمین لرزه، پستی و بلندی نسبی، بارندگی و رطوبت خاک در این پیکسل‌ها تعیین شده و وزن مربوط براساس جداول مربوط به مدل؛ به پیکسل داده شد. سپس با استفاده از رابطه خطر لغزش در روش مورا- وارسون، خطر لغزش در هر کدام از این پیکسل‌ها مشخص و نقشه خطر تهیه شد. برای تعیین نسبت پستی و بلندی در روش مورا و وارسون از تفاوت طبقات ارتفاعی در پیکسل‌های ۱۰۰۰×۱۰۰۰ متر استفاده شد.

روش حائری- سمیعی: حائری و سمیعی (۱۹۹۷) با تلفیق و اصلاح روش‌های مرسوم یک مدل وزنی منطقه‌ای برای منطقه البرز و جنگل‌های خزری، با امتیازبندی هفت پارامتر و با هفت کلاس خطر تدوین نموده‌اند. آنها مدل را در استان‌های مازندران و گلستان در ابعاد سلولی ۱×۱ سانتی‌متر و مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ اجرا و براساس شواهد زمینی و نظر کارشناسی کارایی مدل را مطلوب ذکر کرده‌اند. عوامل مورد استفاده توسط آنها عبارت است از: زاویه شیب، شرایط زمین‌شناسی و رطوبت خاک طول آبراهه و راه، شدت لرزه و شدت بارندگی.

جدول ۱- طبقه‌بندی پتانسیل خطر زمین‌لغزش (مورا و وارسون، ۱۹۹۴).

HL	۶-۰	۳۲-۷	۱۶۳-۳۳	۵۱۲-۱۶۳	۱۲۵۰-۵۱۳	۱۲۵۰<
رده	I	II	III	IV	V	VI
استعداد بروز خطر	ناچیز	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

با روی هم‌گذاری لایه‌های مورد نیاز در هر یک از مدل‌های به‌کار گرفته شده، امتیازهای هر یک از عوامل در لایه‌ها داده شده و نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه می‌گردد. پس از امتیازدهی با توجه به عوامل مؤثر در ناپایداری، شرایط مورد بررسی و مراحل یاد شده، معادله (۲) برای مناطق مختلف ایران و دنیا پیشنهاد شده است.

$$H_{LS} = (C_L P_L)(C_I P_I)(C_F P_F)(C_R P_R)(C_H P_H)(C_P T_P + C_E T_E) \quad \text{معادله (۲)}$$

$H_{LS}^1 =$ میزان خطر ناپایداری دامنه‌ها، $P_L^2 =$ استعداد عامل زمین‌شناسی، $P_I^3 =$ استعداد عامل زاویه شیب، $P_F^4 =$ استعداد عامل گسل، $P_R^5 =$ استعداد عامل راه و رودخانه، $P_H^6 =$ استعداد عامل میزان بارندگی و رطوبت منطقه، $T_P^7 =$ تأثیر عامل شدت بارندگی، $T_E^8 =$ استعداد عامل زمین لرزه. ضرایب C بیانگر اهمیت هر یک از عوامل در مجموعه پارامترهای مؤثر بر ناپایداری می‌باشد. مقادیر به‌دست آمده برای استان مازندران و گلستان با توجه به مطالعات انجام شده بر روی مناطق الگو در جدول (۲) آمده است.

به‌منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و تهیه نقشه آن، با استفاده از رابطه ارایه شده توسط حائری-سمیعی و امتیازهای داده شده به هر یک از عوامل، خطر بروز لغزش در منطقه تهیه می‌گردد (جدول ۳). در نهایت با استفاده از میزان پارامترهای اعطا شده، میزان خطر لغزش در هر واحد (پیکسل) مشخص می‌شود (جدول ۳).

جدول ۲- مقادیر ضریب C برای روش حائری-سمیعی.

ضریب	9Cl	^{10}Ci	^{11}Cf	^{12}Cr	^{13}Ch	^{14}Cp	^{15}Ce
مقدار	۰/۷۵	۱	۰/۳۳	۰/۷۵	۱	۱	۲

- 1- Landslide Hazard
- 2- Lithology Potential
- 3- Inclination Potential
- 4- Fault Potential
- 5- River Potential
- 6- Humidity Potential
- 7- Precipitation Triggering Potential
- 8- Earthquake Triggering Potential
- 9- Lithology Coefficient
- 10- Inclination Coefficient
- 11- Fault Coefficient
- 12- River Coefficient
- 13- Humidity Coefficient
- 14- Precipitation Triggering Coefficient
- 15- Earthquake Triggering Coefficient

جدول ۳- طبقه‌بندی میزان خطر نسبی ناپایداری دامنه‌ها با استفاده از رابطه خطر زمین لغزش.

اعداد	۰	۱-۳۰	۳۱-۱۲۰	۱۲۱-۴۸۰	۴۸۱-۱۷۵۰	۱۷۵۰-۷۵۰۰	>۷۵۰۰
رابطه خطر							
رده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
میزان خطر	بدون خطر	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	فوق‌العاده زیاد

جهت اعمال روش حائری- سمیعی نیز مانند روش مورا- وارسون، منطقه به پیکسل‌هایی برابر ۲۵۰×۲۵۰ متر (۱×۱ سانتی‌متر روی نقشه) تقسیم‌بندی شد. هر کدام از فاکتورهای این مدل شامل زمین‌شناسی، زمین لرزه، پستی و بلندی نسبی، بارندگی، طول آبراهه و راه، طول گسل و رطوبت خاک در این پیکسل‌ها تعیین شده و وزن مربوط براساس جدول‌های مربوط به مدل، به پیکسل داده شد. سپس با استفاده از رابطه خطر لغزش در روش حائری- سمیعی، خطر لغزش در هر کدام از این پیکسل‌ها مشخص و نقشه خطر تهیه شد.

مدل آماری

روش اثر نسبی: در این روش نقشه‌های مختلف منطقه، به‌طور جداگانه با نقشه لغزش‌های منطقه هم‌پوشانی داده می‌شود. به‌طورکلی مبنای این بررسی بر این اصول قرار گرفته است که "اگر واحدی بیشتر از سهمی که در پوشش منطقه دارد، در لغزش سهمیم باشد، در بروز لغزش نقش مثبتی دارد". بر همین اساس کلیه نقشه‌های موجود منطقه در این امر دخالت دارند و در نتیجه نقش و اهمیت هر فاکتوری که بتواند به نقشه در آید و یا به‌عبارتی دیگر در کل منطقه یکسان نباشد در پدیده لغزش بررسی خواهد شد. این به آن معنا نیست که عواملی که در منطقه یکسان هستند (مثل میزان بارندگی که در یک منطقه کوچک تفاوت قابل‌توجهی ندارد)، تأثیری در بروز لغزش ندارند، بلکه در حقیقت میزان تأثیر آنها برای کل منطقه یکسان بوده و چون تفاوتی در نقاط مختلف نداشته‌اند، بنابراین برای تمامی منطقه به‌صورت یکسان اثر نموده‌اند (غفوری و همکاران، ۲۰۰۶). روش بررسی به این صورت است که در ابتدا مساحت هر یک از واحدهای نقشه محاسبه می‌شود. سپس این مساحت به مساحت کل منطقه تقسیم شده و به‌صورت درصد پوشش هر واحد نقشه از مساحت کل بیان می‌شود (معادله ۳).

$$C = \frac{a}{A} \times 100 \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن a = مساحت یک واحد در نقشه، A = مساحت کل حوزه، C = درصد پوشش هر واحد از کل حوزه.

پس از آن هر یک از نقشه‌های تهیه شده با نقشه لغزش‌های حوزه هم‌پوشانی داده می‌شود. سپس مساحت کلیه واحدهایی که در نقشه به صورت لغزشی یا غیرلغزشی مشاهده و در نتیجه درصد لغزش در هر واحد براساس معادله (۴) محاسبه می‌گردد (غفوری و همکاران، ۲۰۰۶).

$$S = \frac{sld}{SLD} \times 100 \quad \text{معادله (۴)}$$

که در آن S = درصد لغزش هر واحد، sld = مساحت لغزش در هر واحد نقشه، SLD = مساحت لغزش کل حوزه.

با گرفتن لگاریتم از نسبت درصد لغزش در هر واحد بر درصد پوشش هر واحد از کل حوزه، $R.E$ به دست می‌آید. تابع اثرنسیبی^۱ به صورت معادله (۵) بیان می‌شود:

$$R.E^{\vee} = \text{Log} [(S / C) + \varepsilon] = \text{Log} \{ [(sld / SLD) (A / a)] + \varepsilon \} \quad \text{معادله (۵)}$$

ε عددی بسیار کوچک بوده که صرفاً برای صفر نشدن رابطه داخل پرانتز آمده است چون صفر مطلق در طبیعت وجود ندارد. به این ترتیب برای هر واحد از عواملی که بتواند به نقشه درآید، یک عدد $R.E$ وجود دارد. برای مثال برای نقشه پوشش گیاهی که دارای ۶ واحد به صورت زراعت، مرتع خوب، مرتع ضعیف، جنگل انبوه، جنگل نیمه انبوه و جنگل تنک می‌باشد، ۶ عدد برای $R.E$ وجود دارد. چهار حالت در مورد اثر نسبی ممکن است پیش آید:

۱- $(R.E < 0)$: این حالت در مواقعی پیش می‌آید که واحد، کمتر از سهمی که در سطح حوزه داشته، دچار لغزش شده است. به عبارتی، لغزش کمتر از حد نرمال بوده است.

۲- $(R.E = 0)$: اگر برای واحدی درصد پوشش و درصد لغزش با هم برابر باشد؛ به آن معناست که آن واحد در لغزش هیچ تأثیر و نقشی نداشته و درست به میزان سهم خودش دچار لغزش شده است. به عبارتی، لغزش در حد نرمال می‌باشد.

1- Relative Effect Function

2- Relative Effect

۳- $(R.E > 0)$: وقتی واحدی بیشتر از سهم خودش در پوشش حوزه، دچار لغزش شده باشد؛ براساس اصل ذکر شده، در بروز زمین لغزش تأثیر مثبتی داشته، به عبارتی، لغزش بیش از حد نرمال بوده است.

۴- چنانچه در واحدی هیچ پهنه لغزشی وجود نداشته باشد، یا به عبارتی درصد لغزش واحد برابر صفر باشد، نسبت $R.E$ که برابر درصد لغزش به درصد پوشش می باشد، بی معنی می شود. چنین واحدهایی در حقیقت بهترین واحدها از لحاظ کارایی بوده و دارای خطر وقوع بسیار کم در لغزش می باشد. زیرا در آنها هیچ لغزشی رخ نداده است و از پایداری بالایی برخوردار می باشند. با توجه به این چهار حالت می توان گفت هر چه عدد $R.E$ از حالت دوم دورتر باشد، تأثیر واحد بیشتر خواهد بود.

تابع مورد استفاده به صورت حاصل ضرب مجموع اثرات نسبی واحدهای هر نقشه در وزن اعطا شده براساس اصول وزن خواهد بود (معادله ۷).

$$\text{Slide Risk} = (R.E_{\text{Slope}} + R.E_{\text{Geology}} + R.E_{\text{Depth}} + R.E_{\text{Texture}} + R.E_{\text{liquid limit}} + R.E_{\text{Plant}} + R.E_{\text{Forest}} + \dots) \times \alpha \quad (\text{معادله } 7)$$

در این تابع؛ Slide risk ، معرف میزان خطر لغزش؛ α وزن مربوط به شیب (برای مثال در مناطقی که شیب آنها صفر تا ۵ درصد باشد (که احتمال لغزش در آنجا پایین است)، با دادن وزنی معادل صفر به شیب، خطر کلی لغزش صفر خواهد شد)، $R.E_{\text{Slope}}$ و...، عدد اثر نسبی برای هر واحد در هر نقشه خواهند بود.

در روش اثر نسبی به علت وجود بازه بین ۱۰ تا ۱۰- در میزان خطر لغزش حوزه سیدکلاته، کلاس های خطر در این روش به صورت زیر دسته بندی شد (جدول ۴).

جهت اعمال روش اثر نسبی، نقشه های مورد نیاز تهیه گردید. سپس با هم پوشانی این نقشه ها با نقشه واقعیت زمینی، اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل به دست آمد. با استفاده از اطلاعات مدل و براساس رابطه پیشنهادی، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش اثر نسبی تهیه شد.

جدول ۴- رتبه بندی کلاس خطر زمین لغزش در روش اثر نسبی.

خطر لغزش	$< (-8)$	(-8) تا (-4)	0 تا (-4)	4 تا 8	> 8
کلاس خطر	۱	۲	۳	۴	۵
					۶

مقایسه روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش: پس از برداشت لغزش‌ها و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به روش‌های تجربی (مورا- وارسون و حائری- سمیعی) و آماری (اثر نسبی)، برای تطبیق این نقشه‌ها با نقشه واقعیت زمینی، از رابطه جمع مطلوبیت (QS) استفاده شد (جی، ۱۹۹۲). برای ارزیابی و طبقه‌بندی نقشه‌های خطر لغزش زمین از دو شاخص با عناوین نسبت دانسیته (Dr) (معادله ۸) و جمع مطلوبیت (معادله ۹) استفاده گردید (شریعت‌جعفری، ۲۰۰۶؛ جی، ۱۹۹۲). شاخص نسبت دانسیته برای مقایسه کلاس‌های خطر در هر یک از نقشه‌ها به‌طور مستقل مورد استفاده قرار گرفته است.

$$Dr = \frac{\frac{Si}{Ai}}{\sum_{i=1}^n \frac{Si}{Ai}} \quad \text{معادله (۸)}$$

که در آن Si = مجموع مساحت زمین لغزش‌های واقع در هر کلاس خطر، Ai = مساحت i مین کلاس خطر در یک نقشه پهنه‌بندی، N = تعداد کلاس‌های خطر.

در یک نقشه پهنه‌بندی، دانسیته لغزش کلاسی با $Dr=1$ معادل با متوسط دانسیته لغزش در کل منطقه و کلاس دارای نسبت دانسیته ۲، دارای دانسیته لغزشی معادل با دو برابر دانسیته لغزش منطقه می‌باشد. بنابراین هرچه تفکیک بین کلاس‌های خطر توسط شاخص نسبت دانسیته بهتر صورت گرفته باشد نقشه از مطلوبیت بیشتر برخوردار است.

مقدار جمع مطلوبیت نشان‌دهنده مطلوبیت عملکرد مدل در پیش‌بینی خطر رانش زمین در منطقه است. معمولاً مقدار این شاخص برای مدل‌های مختلف در گستره صفر و ۷ قرار می‌گیرد. اگرچه از لحاظ تئوریک حدی برای آن وجود ندارد. در ارزیابی مدل‌ها هرچه مقدار جمع مطلوبیت بیشتر باشد؛ روش از مطلوبیت بیشتری در تفکیک برخوردار است. مقدار جمع مطلوبیت از معادله (۹) به‌دست می‌آید (شریعت‌جعفری، ۲۰۰۶؛ جی، ۱۹۹۲).

$$Qs = \sum_{i=1}^n ((Dr - 1)^i \times S) \quad \text{معادله (۹)}$$

1- Sum of Quality

2- Dense Relation

که در آن Q_s = جمع مطلوبیت، D_r = نسبت دانسیته، S = نسبت مساحت هر کلاس خطر به مساحت کل منطقه، n = تعداد کلاس خطر.

روش تحقیق: برداشت محدوده لغزش‌ها براساس پیمایش صحرایی و با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS^۱) در منطقه مورد مطالعه انجام شد. برداشت لغزش‌ها در مناطق جنگلی با استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ انجام شد و سپس تصحیح زمینی محدوده لغزش‌ها با پیمایش صحرایی صورت گرفت. در مرحله بعد اطلاعات مختصات نقاط لغزشی در محیط GIS^۲ وارد شد و نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه با استفاده از نرم‌افزار ایلویس^۳ به دست آمد. این نقشه به‌عنوان پایه و اساس کار پهنه‌بندی منطقه مورد استفاده قرار گرفته و از آن به‌عنوان نقشه واقعیت زمینی لغزش نام برده شد (شکل ۲).

نتایج

بر طبق روش‌های ذکر شده در بالا، مدل‌های تجربی و آماری در منطقه اعمال شده و نتایج زیر از تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به دست آمد. با توجه به شکل شماره ۳ با هم‌پوشانی عوامل مختلف مؤثر بر لغزش در نظر گرفته شده در روش مورا و وارسون، اطلاعات زیر به دست می‌آید.

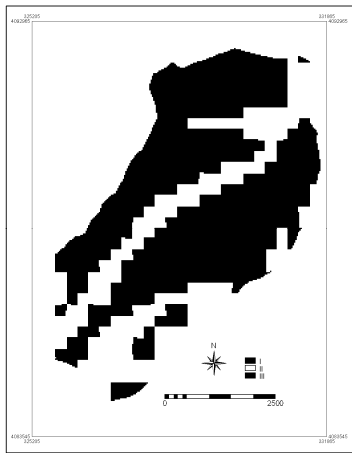
جدول ۵- کلاس‌های خطر روش مورا و وارسون.

کلاس‌های خطر روش مورا و وارسون	مساحت نواحی لغزشی (مترمربع)	مساحت نواحی غیرلغزشی (مترمربع)	مساحت کل (مترمربع)	درصد پوشش کلاس
I	۰	۲۳۷۶۰۰	۲۳۷۶۰۰	۰/۸۰۴
II	۵۹۴۰۰	۹۵۹۷۶۰۰	۹۶۵۷۰۰۰	۳۲/۷۱
III	۴۲۳۰۰۰	۱۹۲۰۱۵۰۰	۱۹۲۴۳۸۰۰	۶۶/۴۸

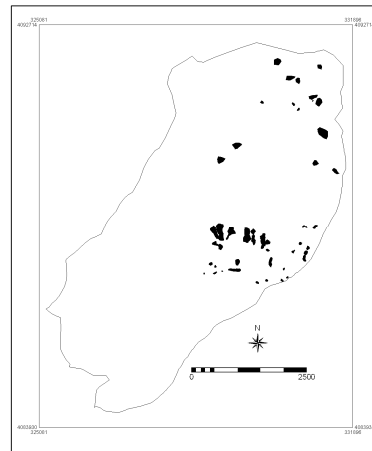
- 1- Global Positioning System
2- Geographic Information System
3- ILWIS

همان گونه که در جدول (۵) مشاهده می شود:

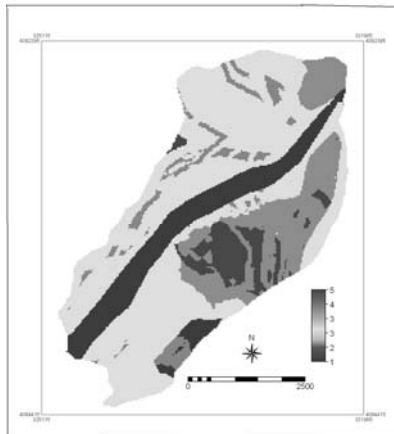
- بیشترین درصد پوشش در روش مورا و وارسون در کلاس ۳ می باشد.
- کمترین سطح پوشش نیز مربوط به کلاس ۱ می باشد.
- بیشترین میزان لغزش نیز در کلاس ۳ یا همان کلاس خطر بالا قرار گرفته است.



شکل ۳- نقشه پهنه بندی به روش مورا- وارسون.



شکل ۲- محدوده های لغزشی.



شکل ۵- نقشه پهنه بندی به روش اثر نسبی.



شکل ۴- نقشه پهنه بندی به روش حائری- سمیعی.

جدول ۶- مساحت کلاس‌های خطر روش حائری سمیعی.

درصد پوشش کلاس	مساحت کل (مترمربع)	مساحت نواحی غیر لغزشی (مترمربع)	مساحت نواحی لغزشی (مترمربع)	کلاس‌های خطر روش حائری- سمیعی
۲/۰۲	۵۹۰۴۰۰	۵۷۹۶۰۰	۱۰۸۰۰	I
۱۲/۹۴	۳۸۱۴۲۰۰	۳۸۰۲۵۰۰	۱۱۷۰۰	II
۴۵/۸۷	۱۳۵۴۰۵۰۰	۱۳۳۶۶۸۰۰	۱۷۳۷۰۰	III
۳۲/۴	۹۵۷۲۴۰۰	۹۳۰۲۴۰۰	۲۷۰۰۰۰	IV
۶/۵۸	۱۹۴۴۰۰۰	۱۹۲۷۸۰۰	۱۶۲۰۰	V
۰/۱۹	۵۷۶۰۰	۵۷۶۰۰	-	VI

- اطلاعاتی که از این روش پهنه‌بندی (جدول ۶) برای تشریح منطقه از نظر خطر زمین‌لغزش حاصل شده است (شکل ۴) را می‌توان به‌طور خلاصه به‌صورت زیر بیان نمود.
- نزدیک به ۸۵ درصد از سطح منطقه در کلاس‌های خطر بین ۳ تا ۵ قرار دارد.
 - کلاس‌های خطر ۶ با سطحی در حدود ۵۷۶۰۰ مترمربع دارای کمترین سطح در بین سایر کلاس‌ها می‌باشد.
 - بیشترین سطح لغزش‌های برداشت شده در کلاس ۴ قرار گرفته است.

جدول ۷- مساحت کلاس‌های خطر روش اثر نسبی.

درصد پوشش کلاس	مساحت کل (مترمربع)	مساحت نواحی غیر لغزشی (مترمربع)	مساحت نواحی لغزشی (مترمربع)	کلاس‌های خطر روش اثر نسبی
۱۴/۴۳	۳۷۷۱۰۰۰	۳۷۶۵۶۰۰	۵۴۰۰	I
۴/۰۵	۱۳۶۸۰۰۰	۱۳۶۷۱۰۰	۹۰۰	II
۵۷/۷	۱۴۵۸۷۲۰۰	۱۴۴۵۹۴۰۰	۱۲۷۸۰۰	III
۱۹/۱۹	۴۶۷۰۱۰۰	۴۵۴۱۴۰۰	۱۲۸۷۰۰	IV
۴/۵۹	۱۷۱۹۹۰۰	۱۵۱۱۱۰۰	۲۰۸۸۰۰	V
۰/۰۴	۱۰۸۰۰	۱۰۸۰۰	-	VI

اطلاعاتی که از این روش پهنه‌بندی (جدول ۷) براساس شکل ۵ برای تشریح منطقه از نظر خطر زمین‌لغزش حاصل شده را می‌توان به‌طور خلاصه به‌صورت زیر بیان نمود.

- نزدیک به ۸۰ درصد از سطح منطقه در کلاسه‌های خطر بین ۳ تا ۵ قرار دارد.

- کلاسه خطر ۶ با سطحی در حدود ۱۰۸۰۰ مترمربع دارای کمترین سطح در بین سایر کلاسه‌ها می‌باشد.

- بیشترین سطح لغزش‌های برداشت شده در کلاسه ۵ قرار گرفته است.

براساس نتایج به‌دست آمده در جدول (۸)، روش اثر نسبی کلاس V، مورا و وارسون کلاس III و حائری و سمیعی کلاس IV در پیش‌بینی خطر بهتر عمل کرده‌اند.

با توجه به مقادیر جمع مطلوبیت به‌دست آمده در مورد سه روش به‌کار برده شده، می‌توان چنین نتیجه گرفت که روش اثر نسبی از کارایی بالایی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه مورد مطالعه برخوردار بوده است (جدول ۹).

جدول ۸- مقادیر شاخص نسبت دانسیته در کلاس‌های مختلف نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش.

شاخص نسبت دانسیته		روش اثر نسبی	روش مورا و وارسون	روش حائری و سمیعی
کلاس‌های خطر				
I	۰/۰۷۹	۰	۱/۱۰۸	
II	۰/۰۳۶	۰/۳۷۶	۰/۱۸۷	
III	۰/۴۸۵	۱/۳۱۸	۰/۷۸۵	
IV	۱/۵۲۷	---	۱/۷۲۷	
V	۶/۷۲۵	---	۰/۵۱	
VI	۰	---	۰	

---: کلاسه‌هایی که در روش مزبور وجود ندارد.

جدول ۹- مقادیر جمع مطلوبیت در روش‌های مورد استفاده.

روش‌های مورد استفاده	جمع مطلوبیت
مورا و وارسون	۰/۲۰۲
حائری و سمیعی	۰/۲۹۶
اثر نسبی	۲/۲۳۴

این نتایج با نتایج تحقیق غفوری و همکاران (۲۰۰۶) که روش اثر نسبی را به عنوان یک روش مناسب و کارآمد در اکثر شرایط آب و هوایی، بدون دخالت نظر کارشناسی در تعیین وزن عوامل مؤثر معرفی نمودند، همخوانی دارد.

براساس نتایج به دست آمده، روش مورا و وارسون از کارایی کمتری نسبت به دو روش دیگر در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. این نتیجه با نتیجه شیرانی و همکاران (۲۰۰۵)، کورکی نژاد (۲۰۰۱) و جلالی (۲۰۰۲) همخوانی دارد.

نتایج به دست آمده نشان داد که روش حائری و سمیعی دارای کارایی کمتری نسبت به روش اثر نسبی است. صیادی و هنردوست (۲۰۰۵) و سفیدگری (۲۰۰۲) نیز روش حائری-سمیعی را دارای کارایی کم در پهنه بندی معرفی نمودند.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج ارائه شده، همان گونه که اشاره گردید روش اثر نسبی کارایی بهتری نسبت به روش مورا- وارسون و حائری-سمیعی در منطقه مورد مطالعه داشته است. در میان دو روش مورا و وارسون و حائری-سمیعی نیز، روش حائری-سمیعی از کارایی بالاتری در این منطقه برخوردار بوده است.

همان گونه که می دانیم هر کدام از روش های ذکر شده به نوبه خود دارای مزایا و معایبی می باشند. بنابراین نمی توان یک روش را با اطمینان رد یا تأیید نمود. این امر که یک روش در یک منطقه تا چه حد از کارایی برخوردار است به شرایط بسیاری از جمله اقلیم و توپوگرافی و دیگر عوامل بستگی دارد. در نهایت هر یک از روش ها که به عنوان مناسب ترین روش در یک منطقه پیشنهاد می گردند، نیاز به بررسی های بیشتر و مطالعات جامع تری جهت اثبات برتری دارند.

پیشنهادات زیر برای بهبود مطالعات در آینده و همچنین به عنوان یک راهنمای کلی جهت مطالعات بعدی عنوان می گردد. از آنجایی که روش اثر نسبی در محدوده های کوچک استفاده شده است، نیاز به بررسی و اجرای آن در مناطق بیشتر احساس می گردد. در نتیجه پیشنهاد می گردد این روش در مناطق دیگر اجرا و نتایج آن مورد بررسی قرار گیرد. روش اثر نسبی بهتر است با روش های آماری دیگر نیز در یک منطقه مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین به نظر می رسد با تغییر پارامترهای روش حائری-سمیعی، دقت این روش بیشتر شود. پیشنهاد می شود در مطالعات دیگر وزن های مورد استفاده تغییر یابد.

زمین لغزش، به خصوص در شمال کشور، با توجه به پیچیدگی‌هایی که دارد، می‌تواند حاصل عوامل مختلف، یا مجموعه‌ای از عوامل باشد. با توجه به استعداد نسبتاً بالای این پدیده در اراضی شیب‌دار استان گلستان، و خسارت‌های مالی و حتی جانی که از این بابت ساکنین مناطق ذکر شده را تهدید می‌نماید، لزوم توجه بیش از پیش مسئولین استان و حتی کشور به این امر به‌عنوان یک بحران ملی همانند سیل احساس می‌شود. روش‌های تجربی و آماری دیگری جهت مطالعه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش وجود دارد که به‌علت محدودیت‌های بسیار، امکان آزمون آنها در این حوزه وجود نداشت. با مطالعه روش‌های مختلف پهنه‌بندی، امکان بهره‌مندی از این روش‌ها در هر یک از حوزه‌های آب‌خیز مشابه وجود دارد. پیشنهاد می‌گردد روش‌های دیگر موجود نیز مورد بررسی و آزمون قرار گیرد.

منابع

1. Alimohamadi, S. 2007. Evaluation of efficiency of landslide hazard zonation of Mora-Varson, Haery-Samiee and Relative effect methods, case study of Seyed Kalateh in Ramian basin. M.Sc. thesis of Agriculture and Natural Resource University of Gorgan, 175p. (In Persian)
2. Bloorchi, M., and Ansari, F. 1999. Rock avalanche of Abikar-Karkane Olya in Chaharmahle and bakhtiari province, P 59-60. First Iranian engineering geological and environmental conference. Trbiat moallem University of Tehran, (In Persian)
3. Campus, F., and Scavia, 2000. Primary study for landslide hazard assessment: GIS techniques symposium on multivariate statistical approach, P 215-220. Land slide: proceeding of 8th international symposium on landslide.
4. Chang, J., and Slaymaker, O. 2002. Frequency and spatial distribution landslides in a mountainous drainage basin: Western Foothills, Taiwan. Journal of Catena, 46: 285-307.
5. Chung, C.F., and Fabbri, A.G. 2005. Systematic procedures of landslide hazard mapping for risk assessment using spatial prediction models. Landslide Hazard and Risk. John Wiley and Sons, Chichester, Pp: 139-174.
6. Dai, F.C., Lee, C.F., and Ngai, Y.Y. 2002. Landslide risk assessment and management: an overview. Engineering Geology Jour., 64: 1. 65-87.
7. Fatahi Ardakani, M. 2000. Efficiency evaluation of landslide hazard zonation methods using remote sensing and GIS techniques in the Latian dam basin. M.Sc thesis of Emam Khomeyni University, 230p. (In Persian)
8. Gee, M.D., 1992. Classification of landslides hazard zonation Methods and a test of predictive capability, bell, D.H., P 110-121, proceeding 6th international symposium on landslide.

9. Ghafouri, M., sadeghi, H., Lashkaripour, G.R., and Alimohammadi, B. 2006. Landslide hazard zonation using the relative effect method. The Geological Society of London 2006. IAEG2006. Pp: 474-482.
10. Ghayoomian, J., and Farhadi nejad, T. 2005. Landslide hazard zonation using GIS (case study in Nozian Sorkhab basin). P 578-579. Second Iranian engineering geological and environmental conference, (In Persian).
11. Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., and Reichenbach, P. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. Elsevier, Journal of Geomorphology, 31: 181-216.
12. Habibi, R., Atapoore Fard, A., and Mirmahmoodi, F. 2005. Efficiency evaluation of landslide hazard zonation modified Nilsone and engineering geological society of Tyvan methods in the Kan-Solghan basin). P 266-272. Proceeding of third erosion and sediment national symposium, (In Persian).
13. Haery, M., and Samiee, A. 1997. A new method to steep lands zonation against of landslide hazard with emphasis on studied landslide zonation in the Mazandaran province. Journal of Oloome Zamin, 6: 23. 2-16. (In Persian).
14. Haghshenas, A., Jafari, M., and Uroomiehii, A. 1997. Application of statistical methods in landslide hazard zonation. P 12-13. Proceeding of second seminar of landslide and decrease its damages. Tehran. (In Persian).
15. Jalali, N. 2002. Efficiency evaluation of landslide hazard zonation methods in the Taltghan basin. Final report of research plan on landslides hazard zonation and landslides risk in central Alborz. Research center of soil protection and watershed basin, 61p. (In Persian).
16. Koorakinejad, M. 2001. Comprative evaluation of Mora –Varson and Haery – Samiee methods using GIS for landslide hazard zonation Siahroodbar basin of Golestan province. M.Sc. thesis of agriculture and natural resource university of Gorgan, 175p. (In Persian).
17. Mora, S., and Wharson, W.G. 1994. Macrozonation methodology for landslide hazard determination. Bulletin of association of engineering geology, Pp: 89-112.
18. Nilsen, T., and Wright, H. 1979. Relative slope stability and land use planning in the san Francisco Bay region California. us Geol., 123p.
19. Parsaii, L. 2006. Investigation on role of root system of vegetation in the establishment of talented landslide lands. Plan reports. Agricultural and resource research center, Golestan province, 220p. (In Persian).
20. Sayadi, M., and Honardoost, F. 2005. Evaluation of landslide hazard zonation using haery-samiee model (case study of Khelindare basin of Golestan province). P 620-625. Proceeding of third erosion and sediment national symposium, (In Persian).
21. Sefidgari, R. 2002. Evaluation of landslide hazard zonation methods in 1:50000 scale (case study of Damavand basin). M.Sc thesis of Tehran University, 159p. (In Persian)

22. Shariiat Jafari, M. 2006. Final report of research plan on landslides hazard zonation and landslides risk in central Alborz. Research center of soil protection and watershed basin. No.199. 70p. (In Persian).
23. Shirani, K., Eskandari, Z., and Matin, M. 2005. Investigation and comparison of efficiency evaluation of experimental landslide hazard zonation methods using GIS. P 346-348. Proceeding of third erosion and sediment national symposium, (In Persian).
24. Van Westen, C.J., Seijmonsbergen, A.C., and Mantovani, F. 1999. Comparing landslide hazard maps. *Natural Hazards*, 20: 137-158.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(1), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Evaluation of efficiency of landslide hazard zonation methods on SeyedKalateh Ramian basin

***S. Alimohamadi¹, A. Pashayi Aval², S. Shatayi Jouybari³
and L. Parsayi⁴**

¹M.Sc. Student, Dept. of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Professor, Dept. of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Associate Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Expert of Research Center of Agriculture, Golestan province

Abstract

Nowadays, occurrence of mass movement in the northern forests of Iran, especially in the Golestan province is turning to be a usual phenomenon. Because of decay of vegetation cover, prediction of landslide occurrence will prevent its damages. Landslide hazard zonation is a suitable way in this case. Selection of the best model is a way to decrease costs and time. Consequently, land slide hazard zonation with best models will cause getting better results. In this study, capability of two experimental models including Mora-Varson and Haeri-Sameai methods, a statistic model together with relative effect model have been tested for land slide hazard zonation in the Seyed Kalateh watershed at Ramian, Golestan province, using Sum of Quality for evaluation of efficiency of landslide hazard zonation methods. Results showed that relative effect method could better separate the hazard zones compared to other used methods. Comparing the experimental methods, Haery method is more effective than the Mora method.

Keywords: Landslide hazard zonation, Mora-Varson method, Haery-Samiee method, Relative effect method, Seyedkalate Ramian basin

* Corresponding Author; Email: saalimohamadi@yahoo.com