

تهیه نقشه خطر احتمالی زمین لغزش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

حمید رضا پور قاسمی^۱ حمیدرضا مرادی^۲ مجید محمدی^۱

۱- دانشجویان کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور، تلفن:

[Email: hm_porghasemi@yahoo.com](mailto:hm_porghasemi@yahoo.com)

۰۹۱۱۱۲۰۸۱۱۰، ۰۱۲۲-۶۲۴۳۷۵۳

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، گروه مهندسی آبخیزداری، مازندران، نور، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس.

چکیده:

هدف از این تحقیق تهیه نقشه خطر احتمالی زمین لغزش در حوزه آبخیز صفارود با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می باشد. به این منظور برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه از مدل نسبت فراوانی استفاده گردید. در ابتدا نقاط لغزشی با استفاده از عکس های هوایی و مطالعات صحرایی شناسایی گردید. سپس برای تهیه نقشه حساسیت به خطر زمین لغزش لایه های اطلاعاتی شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، لیتولوژی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه آبراهه و فاصله از گسل به عنوان عوامل موثر بر خطر زمین لغزش منطقه شناسایی و در محیط نرم افزار ILWIS رقومی گردیدند. آنگاه ارتباط بین هر یک از عوامل موثر و زمین لغزش های رخ داده با استفاده از مدل احتمالی نسبت فراوانی تعیین و نقشه خطر زمین لغزش منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. نتایج حاصله نشان داده که ۴۳/۲۷٪ از اراضی منطقه مورد مطالعه در پهنه های خطر بالا و خیلی بالا قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: پهنه بندی زمین لغزش، GIS، Frequency ratio، حوزه آبخیز صفارود

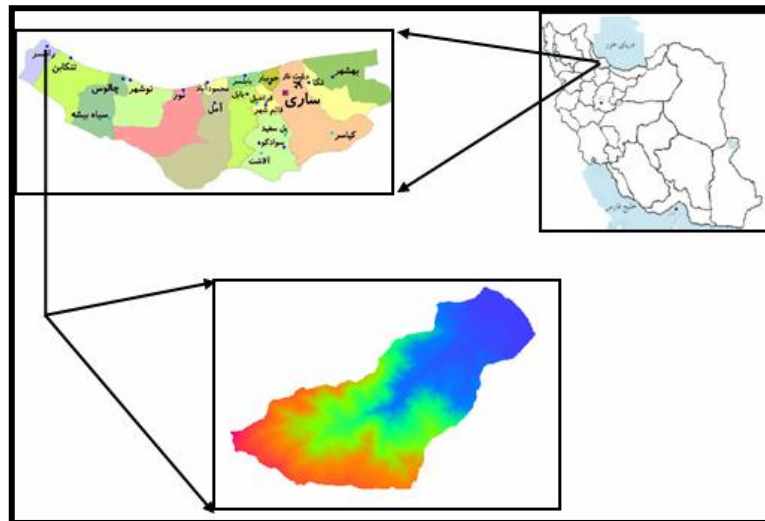
مقدمه:

ناپایداری دامنه های طبیعی، یکی از پدیده های زمین شناسی و ریخت شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش موثری دارد و زمانی که فعالیت های انسانی را تحت تاثیر قرار دهد می تواند به پدیده ای خطرناک تبدیل شود (فاطمی- عقدا و همکاران، ۱۳۸۲). بر اساس مطالعات انجام شده توسط European Geotechnical Thematic Network زمین لغزش به تنهایی ۱۷٪ از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده است و میزان مرگ و میر ناشی از این پدیده در طی سال های ۱۹۰۳-۲۰۰۴ به ترتیب در آسیا (۲۹٪)، آمریکا (۳۹٪)، اروپا (۳۰٪)، اقیانوسیه (۱٪) و آفریقا (۱٪) می باشد (Koehorst و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین بر اساس گزارش کمیته بلایای طبیعی ایران، طی برنامه پنج ساله اول، خسارات ناشی از بلایای طبیعی در کشور بالغ بر ۱/۶ میلیارد دلار برآورد شده است که بخش اعظم آن مربوط به خسارات زمین لغزش است (باقریان و همکاران، ۱۳۸۴). نظر به تاثیرات سویی که وقوع زمین لغزش ها بر روی منابع طبیعی، سکونتگاه های روستایی، شهری، تاسیسات و تجهیزات دارند و از طرفی دیگر، باعث فرسایش حجم قابل توجهی از خاک های با ارزش می شوند، لذا شناسایی اراضی مستعد و پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش جهت اجتناب از اینگونه اراضی و اجرای روش های کنترل کننده بسیار ضروری و با اهمیت است. یکی از اصلی ترین اقدامات در این رابطه، تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش است. نقشه های مذکور می توانند برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان را در عرصه های مختلف چون مدیریت حفاظت خاک و منابع طبیعی، برنامه ریزی های عمرانی و توریستی، مکان یابی اراضی مناسب برای توسعه شهرها و روستاها، برنامه ریزی های زیست محیطی، تعیین مسیر راهها، خطوط انتقال نیرو و انرژی یاری نماید (کرم، ۱۳۸۳).

مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله آن می‌توان روش‌های آماری (Atkinson و Massari, ۱۹۹۸؛ Lee و Dai, ۲۰۰۱؛ Can و همکاران, ۲۰۰۵)، مدل‌های احتمالی (Jibson و همکاران, ۲۰۰۰؛ Donati و Turrini, ۲۰۰۲؛ Lee و Dan, ۲۰۰۵) و مدل‌های هوشمند، نظیر منطق فازی و شبکه عصبی (Ercanoglu و Gockeoglu, ۲۰۰۲؛ Lee, ۲۰۰۷؛ Gomez و Kavzoglu, ۲۰۰۵) را نام برد. در این تحقیق از مدل احتمالی نسبت فراوانی^۱ به منظور تهیه نقشه ریسک و خطر احتمالی زمین‌لغزش در حوزه آبخیز صفاورد استفاده گردید. تا با شناسایی این مناطق، اقدامات اجرایی برای کنترل در منطقه دارای سمت و سویی منطقی گردد و از اتلاف انرژی و سرمایه جلوگیری شود.

مواد و روش‌ها:

منطقه مورد مطالعه در منتهی الیه غرب استان مازندران، در محدوده شهرستان رامسر و دهستان سخت‌سر و بین عرض جغرافیایی "۲۳' ۴۴' ۳۶" الی "۵۹' ۰۰' ۳۷" و طول جغرافیایی "۴۸' ۱۴' ۵۰" الی "۳۹' ۴۵' ۵۰" قرار دارد. مساحت منطقه حدود ۱۶۲/۴ کیلومتر مربع و کمینه و بیشینه ارتفاع آن از سطح دریا به ترتیب ۲۰- و ۳۵۳۶ متر می‌باشد. موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



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

روش کار:

هدف نهایی از این تحقیق تهیه نقشه خطر احتمالی زمین‌لغزش می‌باشد. لذا اولین گام، گردآوری داده‌های لازم برای ارزیابی این پدیده می‌باشد. بدین منظور، نقشه زمین‌شناسی منطقه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه کاربری اراضی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از سازمان‌های مربوطه فراهم، نقشه‌های مذکور جهت استفاده، در محیط GIS رقومی گردید. با استفاده از عکس‌های هوایی منطقه، لغزش‌های اتفاق افتاده و مناطق مستعد و مشکوک به لغزش در منطقه شناسایی و از آنجا که بسیاری از لغزش‌ها به دلیل ابعاد کم یا ظاهری مشابه با دامنه‌های مجاور، در عکس‌های هوایی قابل تشخیص نیستند لذا برای تکمیل اطلاعات، تمامی لغزش‌های قابل دسترس مورد بازدید صحرایی قرار گرفت (مهدویفر، ۱۳۷۶). تمام داده‌های مذکور در

¹ Frequency ratio

فرمت‌های برداری و رستری در محیط نرم افزار ILWIS ذخیره تا در تحلیل‌های آماری از آنها استفاده شود. آنگاه با استفاده از مدل احتمالی نسبت فراوانی، سطح همبستگی بین نقاط لغزشی موجود و هر یک از عوامل موثر تعیین گردید. برای تخمین نسبت فراوانی هر یک از عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش مشخص، آنگاه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی درصد پیکسل‌های لغزشی و فاقد لغزش منطقه مورد مطالعه تعیین گردید و نهایتاً نسبت فراوانی برای هر یک از عوامل و کلاس‌های مرتبط با آن از رابطه ۱ محاسبه گردید. سپس شاخص حساسیت به خطر لغزش بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد.

$$Fr = A/B$$

رابطه ۱

که در آن: A: درصد پیکسل‌هایی که در آن لغزش رخ داده و B: درصد پیکسل‌های فاقد لغزش.

$$LSI = \sum Fr$$

رابطه ۲

که در آن: LSI: شاخص حساسیت به خطر زمین لغزش، Fr: وزن هر یک از عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش می باشد که اگر $Fr > 1$ باشد همبستگی عامل موثر با لغزش بسیار زیاد است و اگر $Fr < 1$ باشد این همبستگی بسیار ضعیف است (Lee, 2007 و Lee, 2005).

ارزیابی روش پهنه‌بندی:

در روش Frequency ratio برای وزن‌دهی به لایه‌های مختلف اطلاعاتی از نقشه پراکنش حرکات توده‌ای منطقه استفاده شد. بعد از تهیه نقشه‌های وزنی بر اساس رابطه مدل، نقشه پهنه‌بندی حرکات توده‌ای تهیه و سپس بر اساس روند تغییرات منحنی هیستوگرام طبقه‌بندی گردید. لذا نمی توان جهت ارزیابی نقشه پهنه‌بندی حرکات توده‌ای، از نقشه پراکنش حرکات توده‌ای حوزه استفاده کرد (Remendo و همکاران، 2003). جهت حل این مشکل ۲/۳ نقاط لغزشی برای مدل سازی و ۱/۳ نقاط لغزشی برای کالیبره کردن مدل استفاده گردید (Komac, 2006). سپس نقشه حاصله با نقشه پراکنش حرکات توده‌ای مقایسه گردید. یک نقشه خطر خوب، نقشه‌ای است که بهترین جدایش را بین مناطق با تراکم بالای زمین لغزش و مناطق با تراکم پایین زمین لغزش ایجاد نماید.

بحث و نتیجه‌گیری:

نتایج حاصل از ارتباط بین عوامل موثر بر زمین لغزش و لغزش‌های رخ داده در منطقه در جداول ۱ تا ۸ ارائه گردید. نتایج بررسی درجه شیب (جدول ۱) نشان می‌دهد که بیشترین درصد لغزش‌های اتفاق افتاده در شیب ۲۰-۳۰٪ مشاهده شده که با نظرات محمدی و همکاران (۱۳۸۶)، احمدی و همکاران (۱۳۸۴) و Lee (2007) مطابقت دارد. لازم به ذکر است که کلاس شیب ۱۰-۲۰٪ در درجه دوم اولویت قرار دارد. نتایج بررسی جهت شیب (جدول ۲) نشان داد که بیشترین درصد زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه در جهات شرقی و جنوب شرقی بوده که با نظرات محمدی و همکاران (۱۳۸۶)، احمدی و همکاران (۱۳۸۴) و Lee (2007) مطابقت نداشته که این موضوع شاید به دلیل قرار گرفتن منطقه در پهنه شدیداً زلزله خیز تنکابن-هشتپر و وجود گسل‌های مهم در منطقه مثل گسل چالکروند و بیناکسر باشد که به نحوی تاثیر جهت جغرافیایی را پوشش داده‌اند. بررسی کلاس ارتفاعی (جدول ۳) نشان داده که ۶۳٪ لغزش‌های اتفاق افتاده در ارتفاع ۵۰۰-۱۰۰ متر به وقوع پیوسته که با نظرات محمدی و همکاران (۱۳۸۶)، احمدی و همکاران (۱۳۸۴) و شادفر و همکاران (۱۳۸۴) تطبیق نداشته که علت آن تغییر کاربری اراضی در منطقه یعنی تغییر پوشش جنگلی به باغات مرکبات، مزارع چای و ساخت و سازهای بی رویه در منطقه می‌باشد، اما با نتایج به دست آمده توسط مددی (۱۳۸۵) در رامسر تطبیق دارد. بررسی لیتولوژی حوزه مذکور (جدول ۴) نشان داده که

بیشترین لغزش در سازند TR_{3J2} (۷۷/۷٪) اتفاق افتاده که تناوبی از سیلتستون، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا می باشد که بسیار حساس به فرسایش و حرکات توده‌ای می‌باشند که با نتایج به دست آمده توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۶) و شادفر و همکاران (۱۳۸۴) مبنی بر حساسیت پذیری بالا سیلت و شیل به لغزش مطابقت دارد. بررسی کاربری اراضی (جدول ۵) منطقه نشان می‌دهد که ۸۸/۹٪ از لغزش در مناطق جنگلی و به خصوص جنگل خیلی متراکم (F1) که ۶۲/۵۵٪ از سطح منطقه را به خود اختصاص داده اتفاق افتاده است که یکی از دلایل اصلی آن احداث جاده‌های جنگلی (رامسر-جواهرده) بوده که متأسفانه به دلیل عدم مدیریت صحیح و کارآمد حتی بعد از لغزش، روی توده لغزیده اقدام به احداث مجدد جاده نمودند که این امر خود به تخریب هر چه بیشتر جاده و کشش‌های جانبی در منطقه منتهی شد. بررسی فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده (جدول ۶ تا ۸) نشان داده که بیشترین درصد لغزش‌ها در فاصله ۱۰۰-۲۰۰ متری از گسل و جاده و ۱۰۰ متری از آبراهه اتفاق افتاده است که به ترتیب ۸۵/۰۶، ۳۸/۹۵ و ۳۳/۸۸٪ از لغزش‌های به وقوع پیوسته را به خود اختصاص دادند که با نتایج به دست آمده محمدی و همکاران (۱۳۸۶) و شادفر و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد. نقشه پهنه بندی حوزه صفارود (شکل ۲) با روش آماری Frequency ratio نشان داده که ۴۳/۲۷٪ از اراضی منطقه مورد مطالعه در پهنه‌های خطر بالا و خیلی بالا قرار گرفته است. ارزیابی مدل نشان دهنده مناسب بودن مدل Frequency ratio در تهیه نقشه خطر زمین لغزش می باشد.

جدول ۱. Frequency ratio مربوط به عامل شیب

Frequency ratio	درصد پیکسل های لغزشی	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های فاقد لغزشی	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	کلاس بر حسب درجه
۰/۶۹۵	۱۱/۱	۳	۱۵/۹۶	۹۹۶۲	۱۰-۰
۱/۱۹۴	۴۰/۷	۱۱	۳۴/۰۹	۲۱۲۸۸	۲۰-۱۰
۱/۳۹۴	۴۸/۲	۱۳	۳۴/۵۸	۲۱۵۹۱	۳۰-۲۰
۰	۰	۰	۱۴/۲۲	۸۸۷۶	۴۰-۳۰
۰	۰	۰	۰/۷۵	۴۶۶	۵۰-۴۰
۰	۰	۰	۰/۴	۲۵۵	>۵۰

جدول ۲. Frequency ratio مربوط به عامل جهت شیب

Frequency ratio	درصد پیکسل های لغزشی	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	کلاس
۰/۲۵۷	۷/۴	۲	۲۸/۷۵	۱۱۶۸۵	شمال
۰/۴۶۴	۱۱/۱	۳	۳۲/۹۲	۱۴۹۰۷	شمال شرقی
۲/۰۹	۳۷/۱	۱۰	۱۷/۷۵	۱۱۰۶۴	شرق
۱/۶۲۰	۲۲/۲	۶	۱۳/۷۰	۸۵۳۸	جنوب شرقی
۲/۲۱۹	۱۴/۸	۴	۶/۶۷	۴۱۴۵	جنوب
۱/۳۲۱	۳/۷	۱	۲/۸۰	۱۷۴۴	جنوب غربی
۱/۰۰۸	۳/۷	۱	۳/۶۷	۲۲۹۰	غرب
۰	۰	۰	۱۲/۷۴	۷۹۴۱	شمال غربی

جدول ۳. Frequency ratio مربوط به عامل ارتفاع از سطح دریا

کلاس	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های لغزشی	Frequency ratio
<100	6988	10/76	2	7/4	0/688
500-100	8500	13/08	17	63	4/817
1000-500	11549	17/78	3	11/1	0/624
1500-1000	11379	17/51	2	7/4	0/423
2000-1500	11858	18/25	2	7/4	0/405
2500-2000	11122	17/12	1	3/7	0/216
3000-2500	3127	4/81	0	0	0
>3000	449	0/69	0	0	0

جدول ۴. Frequency ratio مربوط به عامل لیتولوژی

کلاس	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های لغزشی	Frequency ratio
QZ ^d	3634	5/62	2	7/4	1/317
QZ ^m	717	1/11	0	0	0
QZ ^{1g}	1189	1/84	0	0	0
J ₁₋₂ ^c	24209	37/41	4	14/9	0/398
TR _{ed1}	6637	10/26	0	0	0
Pn	1142	1/76	0	0	0
TR ₃₁₂	21473	33/18	21	77/7	2/342
Qa1	554	0/86	0	0	0
JK ¹	1194	1/85	0	0	0
QZ ^s	647	1	0	0	0
Q ₂ ^{b2}	2783	4/30	0	0	0
J ₂₋₃ ^{tdl}	529	0/82	0	0	0

QZ^d: رسوبات دلتایی، QZ^m: نهشته دریایی، QZ^{1g}: تراس های گراولی قدیمی، J₁₋₂^c: کنگلومرای پلی مکتیک (سازند جواهرده)، TR_{ed1}: دولومیت خاکستری روشن تا کرم (سازند الیکا)، Pn: آهک چرت دار با بین لایه شیل، TR₃₁₂: تناوب سیلتستون، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا، Qa1: آبرفت های سست هولوسن، JK¹: آهک لایه بندی ریز و توده ای باندول های چرت، QZ^s: واریزه و ریزش سنگی، Q₂^{b2}: ماسه و رسوبات دریایی و ساحلی، J₂₋₃^{tdl}: آهک و دولومیت.

جدول ۵. Frequency ratio مربوط به عامل کاربری اراضی

کلاس	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های لغزشی	Frequency ratio
R1	۶۱۲۴	۹/۴۳	۰	۰	۰
FO	۳۴۱۴	۵/۲۶	۰	۰	۰
F2	۵۴	۰/۰۸	۰	۰	۰
O	۵۱۵۱	۷/۹۳	۱	۳/۷	۰/۴۶۷
I1	۱۳۳۲	۲/۰۵	۰	۰	۰
F1	۴۰۶۲۹	۶۲/۵۵	۲۴	۸۸/۹	۱/۴۲۲
R2	۳۸۴	۰/۵۹	۰	۰	۰
U	۲۵۸	۰/۴	۰	۰	۰
I2	۴۲۲	۰/۶۵	۰	۰	۰
T	۷۶۶	۱/۱۸	۱	۳/۷	۳/۱۳۶
IO	۱۸۲۱	۲/۸۰	۰	۰	۰

R1: مرتع متراکم، FO: مخلوط جنگل و باغ، F2: جنگل نیمه متراکم و بیشه زار، O: مجتمع های درختی و باغات، I1: زمین زراعی آبی، F1: جنگل متراکم، R2: مرتع نیمه متراکم، U: مناطق مسکونی، I2: زمین زراعی و IO: مخلوط زراعت و باغ.

جدول ۶. Frequency ratio مربوط به عامل فاصله از گسل

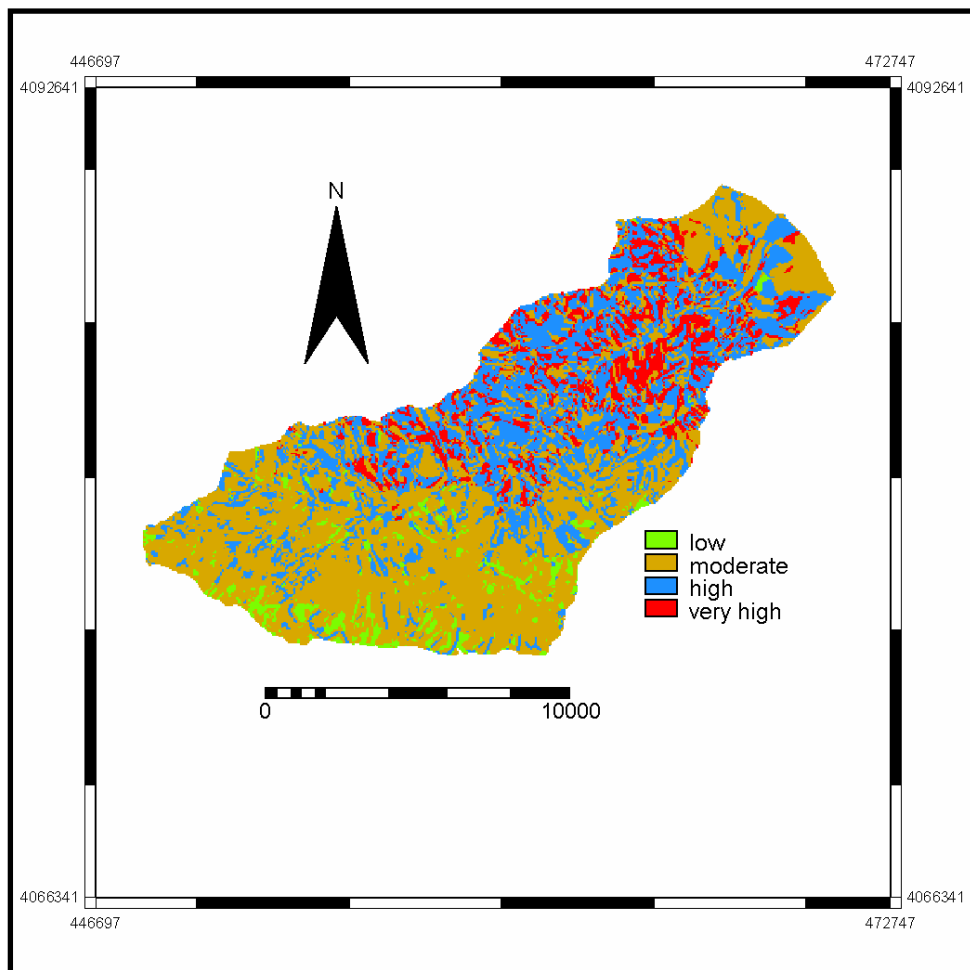
کلاس	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های لغزشی	Frequency ratio
۱۰۰-۰	۹۳۴۶	۱۴/۳۹	۵	۱۹/۲۳	۱/۳۴
۲۰۰-۱۰۰	۷۹۹۶	۱۲/۳۱	۵	۱۹/۲۳	۱/۵۶
۳۰۰-۲۰۰	۷۳۲۱	۱۱/۲۷	۴	۱۵/۳۹	۱/۳۷
۴۰۰-۳۰۰	۷۴۱۵	۱۱/۴۱	۳	۱۱/۵۳	۱/۰۱
>۴۰۰	۳۲۸۹۱	۵۰/۶۳	۱۰	۳۷/۰۴	۰/۷۳

جدول ۷. Frequency ratio مربوط به عامل فاصله از شبکه آبراهه

کلاس	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های لغزشی	Frequency ratio
۱۰۰-۰	۲۵۳۰۷	۳۸/۹۵	۱۵	۵۷/۷	۱/۴۸
۲۰۰-۱۰۰	۱۷۴۶۵	۲۶/۸۸	۷	۲۶/۹۲	۱/۰۰
۳۰۰-۲۰۰	۱۰۸۵۶	۱۶/۷۱	۴	۱۴/۸۱	۰/۸۹
۴۰۰-۳۰۰	۵۷۹۹	۸/۹۳	۱	۳/۸۵	۰/۴۳
>۴۰۰	۵۵۴۲	۸/۵۳	۰	۰	۰

جدول ۸ Frequency ratio مربوط به عامل فاصله از جاده

کلاس	تعداد پیکسل های فاقد لغزش	درصد پیکسل های فاقد لغزش	تعداد پیکسل های لغزشی	درصد پیکسل های لغزشی	Frequency ratio
۱۰۰-۰	۳۴۵۱	۵/۳۱	۷	۲۰/۹۳	۴/۸۸
۲۰۰-۱۰۰	۲۷۱۷	۴/۱۸	۶	۲۳/۰۷	۵/۵۲
۳۰۰-۲۰۰	۲۴۸۸	۳/۸۳	۲	۷/۷۰	۲/۰۱
۴۰۰-۳۰۰	۲۵۱۲	۳/۸۷	۱	۳/۸۵	۰/۹۹۵
۵۰۰-۴۰۰	۲۱۳۵	۳/۲۹	۱	۳/۸۵	۱/۱۷
>۵۰۰	۵۱۶۶۶	۷۹/۵۲	۱۰	۳۸/۴۶	۰/۴۸۵



شکل ۲ نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه آبخیز صفارود

منابع

- ۱- احمدی، ح.، محمد خان، ش.، فیض نیا، س.، و قدوسی، ج.، ۱۳۸۴. ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده-ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP) مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸: ۱۴-۳.

- ۲- باقریان، ر.، گودرزی، م. و غیومیان، ج.، ۱۳۸۴. بررسی خسارات اقتصادی-اجتماعی زمین لغزش (مطالعه موردی: زمین لغزش های امامزاده علی هراز و باریکان طالقان). نشریه علمی-پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۲، ۱۳۸۴.
- ۳- شادفر، ص.، یمانی، م. و نمکی، م.، ۱۳۸۴. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح و LNRE در حوزه چالکروود. مجله آب و آبخیز، ۳: ۶۸-۶۲.
- فاطمی عقدا، س.م.، غیومیان، ج. و اشقلی فراهانی، ع.، ۱۳۸۲. ارزیابی کارایی روش های آماری در تعیین پتانسیل خطر زمین لغزش، مجله علوم زمین، ۱۱ (۴۷-۴۸)، ۲۸-۴۷.
- ۴- کرم، ا.ع.، ۱۳۸۳. کاربرد مدل ترکیب خطی وزین (WLC) در پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش، مطالعه موردی؛ منطقه سرخون در استان چهار محال بختیاری، مجله جغرافیا و توسعه، ۱۳۱-۱۴۶.
- ۵- محمدی، م.، مرادی، ح. ر.، پورقاسمی، ح. ر. و داودی، م.، ۱۳۸۶. بررسی ناپایداری دامنه‌های طبیعی و کاربرد آن در آمایش سرزمین با استفاده از GIS. مجموعه مقالات اولین همایش ملی جغرافیا و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، ۲۰ و ۲۱ خرداد، ۹۱-۹۲.
- ۶- مددی، م.، ۱۳۸۵. بررسی علل وقوع زمین لغزش لپاسر (در دامنه‌های مشرف به شهر رامسر)، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها، زمستان ۱۳۸۵، ۱۴۵۴-۱۴۶۲.
- ۷- مهدویفر، م. ر.، ۱۳۷۶. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه خورش رستم (جنوب غربی شهرستان خلخال)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۴ ص.

- 8- Atkinson, P.M. and Massari, R. 1998. Generalized linear modelling of susceptibility to landsliding in the central Appennines, Italy. *Comput Geosci*, 24(4): 373-385.
- 9- Can, T., Nefeslioglu, H.A., Gokceoglu, C., Sonmez, H, and Duman, T.Y. 2005. Susceptibility assessment of shallow earthflows triggered by heavy rainfall at three subcatchments by logistic regression analyses. *Geomorphology*, 72: 250-271.
- 10- Dai, F.C. and Lee, C.F. 2001. Terrain-based mapping of landslide susceptibility using a geographical information systems: a case study. *Can Geotech J.*, 38: 911-923.
- 11- Donati, L. and Turrini, M.C. 2002. An objective method to rank the importance of the parameters predisposing to landslides with the GIS methodology: application to an area of the Appennines (Valnerina; Perugia, Italy). *Eng Geol*, 63: 277-289.
- 12- Ercanoglu, M. and Gokceoglu, C. 2002. Assessment of landslide susceptibility for a landslide-prone area (north of Yenice, NW Turkey) by fuzzy approach. *Environ Geol*, 41: 720-730.
- 13- Gomez, H. and Kavzoglu, T. 2005. Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabanosa River Basin, Venezuela. *Eng Geol*, 78: 11-27.
- 14- Jibson, W.R., Edwin, L.H. and John, A.M. 2000. A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps. *Eng Geol*, 58: 271-289.
- 15- Koehorst, B.A.N. , O. Kjekstad, D. Patel, Z. Lubkowski, J.G. Knoeff, G.J. Akkerman, 2005, Workpackage 6 Determination of Socio-Economic Impact of Natural Disasters, Assessing socio-economic Impact in Europe, PP.173.
- 16- Komac, M. A. 2006. Landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in per alpine Sloveni. *Geomorphology*, 74, pp. 17-28.
- 17- Lee, S. 2005. Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data. *Int J Remote Sens*, 26:1477-1491.
- 18- Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 50, 847-855.
- 19- Lee, S. and Dan, N.T. 2005. Probabilistic landslide susceptibility mapping in the Lai Chau province of Vietnam: focus on the relationship between tectonic fractures and landslides. *Environ Geol*, 48: 778-787.
- 20- Remendo, J., A. Gonzales, J. Teran, A. Cendrero, A. Fabbri and C. Chung, 2003. Validation of landslide susceptibility maps, examples and applications from a case study in northern Spain, *Natural Hazard*, 437-449.

Landslide Probabilistic hazard mapping by using GIS

H.R. Pourghasemi^{1*}, H.R. Moradi² and M. Mohammadi¹

Abstract

The aim of this research is landslide probabilistic hazard mapping by using GIS in Safarood watershed. In order to landslide hazard zoning in area frequency ratio model used. At the first landslide location identified by using aerial photography and field studies. Afterward for landslide hazard susceptibility information layers such as: slope, aspect, elevation, lithology, landuse, distance of road, distance of drainage and distance of fault recognized effective parameters on landslide hazard in area and digitized in ILWIS software environment. Then appointment relation between each parameter and occurrence landslide by using frequency ratio model and provided landslide hazard map in study area. Results showed that 43.27% of study area located in high and very high zonings.

Key words: Landslide zoning, Frequency ratio, GIS, Safarood watershed

^{1*} M.Sc. Students, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University.
[Email:hm_porghasemi@yahoo.com](mailto:hm_porghasemi@yahoo.com)

²Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University.