مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد شانزدهم، ویژه‌نامه ۲، ۱۳۸۸
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

گزارش کوتاه علمی

GIS ابزاری کارآمد در تعیین سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت خطر زمین‌لغزش

جمال مصفایی[1]* و مجید اونق[2]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[2]استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۱۶

چکیده

زمین‌لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه‌ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را به همراه دارد. بنابراین، باید مناطق حساس را شناسایی و با اولویت‌بندی این مناطق، سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت خطر زمین‌لغزش را ارایه نمود و تا حدی از خطر وقوع و خسارت زمین‌لغزش‌ها کاست. در این مقاله خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره در سطح تفصیلی و مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ در بخشی از آب‌خیز الموت پهنه‌بندی، و براساس دو پارامتر خطر زمین‌لغزش و وجود یا نبود تاسیسات، اولویت‌بندی قسمت‌های مختلف منطقه برای اعمال برنامه مدیریتی مشخص شده است. به این منظور، ابتدا نقشه پراکنش زمین‌لغزش آب‌خیز الموت رود با تفسیر استریوسکوپی عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی تهیه شد. سپس، با مرور منابع عواملی را که می‌توانند در زمین‌لغزش مؤثر باشند استخراج، و از بین آنها، ۸ عامل زمین‌شناسی، شیب، جهت، ارتفاع، فاصله از گسل، کاربری زمین، میزان بارش و شتاب زمین‌لرزه به‌عنوان عوامل مؤثر زمین‌لغزش در آب‌خیز الموت انتخاب گردید. نتایج به‌دست آمده از روش گام به گام نشان داد که ۵ عامل زمین‌شناسی، میزان شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از گسل و کاربری اراضی ارتباط معنی‌داری را با زمین‌لغزش‌های منطقه دارند که ضریب تعیین بین این عوامل به‌عنوان متغیرهای مستقل و لگاریتم مساحت لغزش به‌عنوان متغیر وابسته ۶۰/۷ درصد بوده است. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با معادله یادشده در ۶ طبقه تهیه گردید و براساس آزمون کای‌اسکوئر مشخص شد که تفاوت معنی‌داری بین مساحت مورد انتظار و مساحت واقعی طبقات خطر زمین‌لغزش ($P<0/01$) وجود دارد. نتایج بیانگر آن است که ۴۲ درصد سطح آب‌خیز در طبقات خطر I و II قرار گرفته است و نیاز به برنامه مدیریتی خاصی ندارد. ۴۷ درصد سطح آب‌خیز در طبقات خطر III و IV قرار می‌گیرد که سیاست مدیریت در این مناطق حفظ وضعیت موجود می‌باشد. حدود ۱۰ درصد سطح آب‌خیز نیز در طبقات خطر V و VI قرار می‌گیرد که با توجه به وجود و یا نبود تاسیسات به‌ترتیب باید از دو سیاست کنترل خطر و اجتناب از خطر استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر، مدیریت زمین‌لغزش، رگرسیون چندمتغیره، آب‌خیز الموت

مقدمه

زمین‌لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه‌ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را در مناطق کوهستانی، پرباران و لرزه‌خیز به همراه دارد. حرکت‌های توده‌ای نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوزه‌های آب‌خیز دارند. اثرات مخرب پدیده زمین‌لغزش در مناطق لرزه‌خیز

* مسئول مکاتبه: j_mosaffaie@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

و دارای سازندهای رسوبی حساس به لغزش از جمله آب‌خیز الموت به وضوح قابل مشاهده می‌باشد (دو زمین‌لغزش بزرگ شمس‌کلایه و آلوبن از این میان قابل اشاره‌اند). از آنجا که پیش‌بینی زمان وقوع زمین‌لغزش‌ها بسیار مشکل است، بنابراین شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش و پهنه‌بندی این مناطق براساس پتانسیل خطر وقوع، دارای اهمیت است. در برنامه‌های توسعه حوضه آب‌خیز باید تا حد امکان از مناطق با پتانسیل نسبی بالای خطر زمین‌لغزش دوری جست و یا در صورت اجبار، تا حد امکان تمهیدات لازم را در نظر گرفت. با پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش می‌توان مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای لغزش را شناسایی نمود و با ارایه راه‌حل‌ها، روش‌های کنترل، و مدیریت مناسب تا حدی از وقوع زمین‌لغزش‌ها جلوگیری و یا از خسارات ناشی از وقوع آنها کاست. از آنجا که عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش متعدد می‌باشد بنابراین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] برای تهیه نقشه واحدهای همگن و نقشه پهنه‌بندی خطر اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. مدل‌های مختلفی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش ارایه شده است. در مدل‌های آماری چندمتغیره، تحلیل هم‌زمان اثر تعدادی متغیر مستقل بر متغیر وابسته فضایی فراهم می‌گردد و از آنجا که پدیده‌های طبیعی نظیر زمین‌لغزش، ناشی از عملکرد هم‌زمان و با اثر متفاوت چند متغیر می‌باشند بنابراین استفاده از مدل‌های آماری چندمتغیره مناسب می‌باشد.

نیک‌اندیش و میرصانعی (۱۹۹۷)، با بررسی اعمال مدیریتی انجام شده برروی زمین‌لغزش‌های ایران و سایر کشورهای توسعه‌یافته نتیجه گرفتند که روش‌های درمانی اساس برنامه‌های مدیریت خطر زمین‌لغزش را در ایران تشکیل داده و برای مقابله با این پدیده بیشتر از روش‌های مکانیکی استفاده شده، اما در کشورهایی نظیر آمریکا و ژاپن برای کاهش خطر زمین‌لغزش بیشتر از شیوه‌های پیشگیری استفاده شده است. در نتیجه، در این کشورها چارچوب مدیریت خطر زمین‌لغزش را قوانین و دستورالعمل‌های کاربری اراضی و آموزش به عموم تشکیل می‌دهد. آنها در نهایت نیز یک برنامه مدیریتی را که از دو بخش اصلی ابزار مدیریت و شیوه مدیریت تشکیل شده، برای مقابله با خطر زمین‌لغزش در ایران ارایه کرده‌اند.

وونگ و هو[2] (۲۰۰۰) علت توسعه سیستم مدیریت خطر زمین‌لغزش در هنگ‌کنگ را مشکلات ناشی از بارش‌های شدید فصلی دانسته‌اند. آنها نتیجه گرفتند که مدیریت نقش زیادی در افزایش ایمنی دامنه داشته و دست‌یابی به توسعه پایدار را آسان می‌نماید. آنها همچنین علت موفقیت هنگ‌کنگ در برنامه‌های مدیریت خطر زمین‌لغزش را مدیریت براساس ارزیابی کمی خطر معرفی نموده و نمونه‌هایی از ارزیابی کمی خطر را ارایه کرده‌اند تا چگونگی اعمال استراتژی‌های مختلف مدیریتی برای مناطق با خطر متفاوت را نشان دهند.

ژو و همکاران (۲۰۰۲) رابطه مکانی بین زمین‌لغزش‌ها و عوامل مؤثر بر آنها را جهت دست‌یابی به الگوی مکانی زمین‌لغزش‌ها و فاکتورهای عامل در جزیره لانتوآ بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بیشتر لغزش‌ها در شیب‌های ۴۰-۲۵ درجه، اراضی مرتعی لخت و مناطق نزدیک به گسل‌های جزیره رخ داده‌اند.

اشقلی‌فراهانی (۲۰۰۱) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در منطقه رودبار استان گیلان با استفاده از ٦ عامل و ٦ مدل، در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ انجام داد و نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی از دقت بیش‌تری برای منطقه برخوردار است و روش‌های فازی نیز به‌دلیل قطعیت نداشتن در داده‌ها، نتایج قابل‌قبولی را ارایه نموده‌اند.

کرمی و همکاران (۲۰۰۷)، ارزیابی و پهنه‌بندی حرکات توده‌ای مواد را در حوضه اوجان انجام دادند و با تعیین مناطق پرخطر و کم‌خطر مدیران اجرایی را به‌سوی مدیریت صحیح کاربری زمین سوق داده‌اند. به این ترتیب، توسعه بخش‌های مسکونی، کشاورزی، صنعتی و غیره را در اراضی دور از مخاطرات ژئومورفولوژیکی تا حدودی امکان‌پذیر کرده‌اند.

1- Geographic Information System (GIS)

2- Wong & Ho

Archive of SID

www.SID.ir

شارما و همکاران (۲۰۰۹) برای اجرای عملیات کنترل زمین‌لغزش در قسمت‌های حساس منطقه سیکیم هیمالیا، از ۷ پارامتر و زمین‌لغزش‌های موجود منطقه در محیط GIS استفاده نمودند و نقشه پهنه‌بندی خطر را در ۳ طبقه تهیه کردند. آنها برای بررسی صحت نقشه، نقشه زمین‌لغزش‌های موجود را با نقشه طبقات خطر انطباق داده و نتیجه گرفتند که به‌ترتیب ۱۱، ۳۲ و ۵۷ درصد از زمین‌لغزش‌ها در طبقات کم، متوسط و بالای خطر زمین‌لغزش روی داده است و در نتیجه صحت نقشه خطر زمین‌لغزش را تأیید کردند.

افجه‌نصرآبادی و همکاران (۲۰۰۹) کارآیی دو مدل آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح را برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه شصت‌کلاته گرگان با استفاده از GIS ارزیابی نمودند. آنها ابتدا نقشه ۷ عامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، بارش، زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه و گسل و همچنین نقشه زمین‌لغزش‌های موجود را در محیط GIS تهیه کردند. سپس با استفاده از قابلیت‌های این سیستم این لایه‌ها را با هم تطابق و نرخ هر عامل را در هر لغزش مشخص نمودند و در نهایت نتیجه گرفتند که مدل ارزش اطلاعاتی از کارآیی بیشتری برای منطقه برخوردار است.

مصفائی و همکاران (۲۰۱۰) کارآیی ٤ مدل تجربی و آماری موراوارسون اصلاح‌شده، تراکم سطح غیروزنی، تراکم سطح وزنی و رگرسیون چندمتغیره را در آب‌خیز الموت با استفاده از شاخص جمع مطلوبیت مقایسه و در پایان نتیجه گرفته‌اند که مدل رگرسیون چندمتغیره از کارآیی بیشتری برای حوضه مورد مطالعه برخوردار می‌باشد و بر همین اساس از این مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در این پژوهش استفاده گردید.

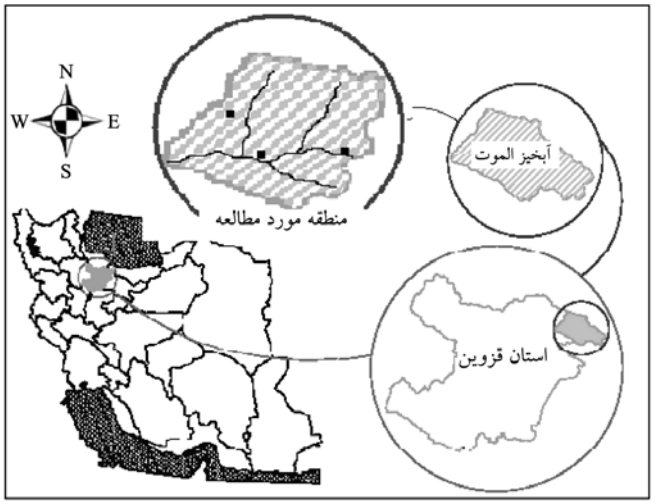
با توجه به مرور منابع مشخص می‌گردد که تاکنون پژوهش‌های زیادی در مورد پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و تعیین عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش‌ها صورت گرفته است ولی در مورد ارایه برنامه‌های مدیریتی برای مناطق دارای پتانسیل خطر زمین‌لغزش کارهای زیادی انجام نشده است. هدف از انجام این پژوهش شناسایی مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای لغزش و تعیین سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف مدیریتی برای مناطق مختلف آب‌خیز الموت است. از اهداف دیگر این پژوهش تعیین عوامل دارای بیش‌ترین ارتباط با زمین‌لغزش‌های منطقه و شناسایی مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای لغزش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) بخشی از آب‌خیز الموت رود (حدود ٥٤ درصد) است که با وسعت ۳۹۰۰۰ هکتار بین مختصات ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ٤۱ دقیقه طول شرقی و ۳٦ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳٦ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع متوسط حوضه ۲۳۸٦ متر، شیب متوسط برابر ٤۲ درصد، جهت غالب منطقه جنوب‌غربی، متوسط بارش سالانه ٤۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد (ایستگاه باغ‌کلایه) می‌باشد. سطح حوزه که به‌طور عمده از کوه‌های با پوشش مرتعی تشکیل شده، به‌صورت یک ناودیس مرکب است که دو گسل اصلی خشچال و الموت رود به‌ترتیب در قسمت‌های شمالی و جنوبی آن قرار گرفته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی آب‌خیز الموت رود در ایران و استان قزوین.

برای تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش آب‌خیز، ابتدا با تفسیر استریوسکوپی ٤١ قطعه عکس هوایی در مقیاس ١/٤٠٠٠٠ (مربوط به سال‌های ١٣٧٩ و ١٣٨٠) و ٥٢ قطعه عکس هوایی در مقیاس ١/٢٠٠٠٠ (مربوط به سال ١٣٤٦)، محدوده تمامی زمین‌لغزش‌های موجود مشخص گردید. سپس، طی عملیات گسترده میدانی لغزش‌های تشخیصی از روی عکس‌های هوایی بازدید شد و محدوده لغزش بر روی عکس‌های هوایی تصحیح گردید. در مرحله بعد، عکس‌های هوایی در محیط نرم‌افزار Arc GIS زمین مرجع[1] شد و بعد از رقومی نمودن[2] محدوده لغزش‌ها، نقشه پراکنش زمین‌لغزش منطقه تهیه گردید.

در مرحله بعد، با استفاده از منابع و پژوهش‌ها، همه عواملی که به‌صورتی در زمین‌لغزش مؤثر می‌باشند استخراج و با بررسی این عوامل در منطقه مورد مطالعه، عوامل هشت‌گانه زمین‌شناسی، میزان شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، میزان بارش و طبقات هم‌شتاب زمین‌لرزه به‌عنوان عوامل مؤثر زمین‌لغزش در آب‌خیز الموت انتخاب گردید که روش تهیه نقشه هر یک از این عوامل به‌شرح زیر می‌باشد:

زمین‌شناسی: براساس نقشه‌های ١/١٠٠٠٠٠ سازمان زمین‌شناسی کشور، ٢٩ واحد سنگ‌شناسی در آب‌خیز الموت رود وجود دارد که جهت تحلیل ساده‌تر، با استفاده از طبقه‌بندی مدل حائری- سمیعی و براساس حساسیت نسبت به لغزش، به ٧ طبقه تقسیم گردید (حائری و سمیعی، ١٩٩٨).

شیب: ابتدا مدل رقومی ارتفاع[3] حوضه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ١/٢٥٠٠٠ در محیط نرم‌افزار Arc GIS با ابعاد سلول ٢٠ متر تهیه و سپس نقشه شیب از روی آن با ٦ طبقه استخراج شد.

جهت: نقشه جهت‌های اصلی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با ٤ طبقه استخراج گردید.

فاصله از گسل: ابتدا نقشه خطی گسل‌های منطقه از نقشه زمین‌شناسی استخراج و بعد با استفاده از GIS نقشه فاصله از گسل تهیه شد. سپس، این نقشه با استفاده از نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها به ٥ طبقه کلاسه‌بندی گردید.

ارتفاع: ارتفاع نیز هم‌چون شیب دامنه همبستگی بالایی با زمین‌لغزش دارد. جهت به‌دست آوردن نقشه طبقات ارتفاعی، مدل رقومی ارتفاع حوضه براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی به ٦ طبقه کلاسه‌بندی گردید.

کاربری زمین: برای تهیه نقشه واحدهای کاربری زمین، از نقشه کاربری تهیه شده توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (٨٠-٧٩) استفاده شد.

1- Georefrencing
2- Digitizing

3- Digital Elevation Model (DEM)

Archive of SID

www.SID.ir

بارش: ابتدا ۵ ایستگاه باغ‌کلایه، یا رفیع، اوانک، حیله‌رود و محمدآباد انتخاب و میانگین بارش سالانه و ارتفاع آنها به‌دست آمد. معادله گرادیان بارش از طریق همبستگی بین میزان بارش سالانه هر ایستگاه و ارتفاع ایستگاه‌ها محاسبه گردید (رابطه ۱). سپس، نقشه طبقات بارش با استفاده از این معادله و مدل رقومی ارتفاع منطقه و محاسبه میزان بارش برای هر پیکسل تهیه و به ٦ کلاس طبقه‌بندی شد. گرادیان بارش منطقه (ضریب همبستگی= ۰/۹۱):

$$P = ۰/۱۷٦\ h + ۲۰۹/۵ \qquad (۱)$$

که در آن، H: ارتفاع متوسط از سطح دریا به متر، P: متوسط بارش سالانه به میلی‌متر.

طبقات هم‌شتاب زمین‌لرزه: براساس گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور (بربریان و همکاران، ۱۹۹۳)، آب‌خیز الموت رود در ۳ پهنه هم‌شتاب ۰/۱٦–۰/۱۵ گرم، ۰/۱۷–۰/۱٦ گرم و ۰/۱۸–۰/۱۷ گرم قرار می‌گیرد.

از آنجا که متغیرهای مورد استفاده در تحلیل خطر زمین‌لغزش، در مواردی کمی (شیب، بارش، شتاب زمین‌لرزه و فاصله از گسل) و در مواردی نیز کیفی (جهت شیب، سنگ‌شناسی و کاربری زمین) می‌باشند، بنابراین جهت استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره، باید متغیرهای ورودی به مدل (داده‌های عددی) آماده شوند. برای تعیین ارزش عددی طبقات مختلف عوامل کیفی از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی[1] و مقایسات زوجی استفاده گردید (قدسی‌پور، ۲۰۰۵) و براساس میزان سطح لغزش در طبقات مختلف عوامل کیفی، به طبقات امتیازدهی شد و پس از انجام مقایسات زوجی بین طبقات مختلف، وزن نسبی هر یک از طبقات محاسبه گردید. در مرحله بعد با تطبیق نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های موجود با نقشه واحدهای کاری (نقشه حاصل از تلفیق نقشه ۸ عامل)، طبقات هر یک از عوامل در هر زمین‌لغزش مشخص و با میانگین‌گیری وزنی آنها میزان تأثیر هر یک از عوامل هشت‌گانه در هر زمین‌لغزش مشخص شد. برای نرمال کردن داده‌های متغیر وابسته (سطح لغزش)، برروی آنها تبدیل لگاریتمی صورت گرفت و به این ترتیب ۸٤ مشاهده متشکل از ۱ متغیر وابسته و ۸ متغیر مستقل جهت تحلیل آماری زمین‌لغزش‌ها فراهم، و با استفاده از نرم‌افزار MINITAB و روش گام به گام (پیش‌رو و پس‌رو)[2] اقدام به تعیین مرتبط‌ترین عوامل گردید (مصداقی، ۲۰۰٤). با استفاده از عوامل مرتبط، به‌عنوان متغیرهای مستقل و لگاریتم مساحت لغزش‌ها به‌عنوان متغیر وابسته، اقدام به برازش بهترین معادله شد و در نهایت نقشه خطر زمین‌لغزش منطقه با استفاده از معادله یادشده تهیه و براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها طبقه‌بندی گردید.

برای تعیین میزان تفاوت بین مساحت مورد انتظار و مساحت واقعی طبقات خطر از آزمون کای‌اسکوئر استفاده شد. به این منظور، ابتدا سطح منطقه بر تعداد طبقه خطر تقسیم گردید تا احتمال مساحت هر کلاس خطر به‌صورت نظری به‌دست آید. سپس، مقدار واقعی مساحت هر طبقه خطر نیز از نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه شده به‌دست آمد. بعد با استفاده از آزمون کای‌اسکوئر، معنی‌دار بودن تفاوت بین مساحت مورد انتظار و مساحت واقعی طبقات خطر مورد آزمون قرار گرفت.

برای تعیین سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریتی برای کلاس‌های مختلف خطر، ابتدا نقشه عناصر در معرض خطر زمین‌لغزش منطقه شامل جاده‌ها و همه تاسیسات موجود، از نقشه توپوگرافی استخراج و برروی نقشه خطر زمین‌لغزش منطبق گردید تا میزان خطر و احتمال خسارت برای بخش‌های مختلف به‌صورت گرافیکی مشخص شود. با توجه به دو عامل میزان خطر و وجود یا نبود تاسیسات، سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف مدیریتی برای بخش‌های مختلف منطقه ارایه شد.

همچنین، براساس دو پارامتر خطر زمین‌لغزش و وجود یا نبود تاسیسات، اولویت‌بندی قسمت‌های مختلف

1- AHP

2- Stepwise (Forward and Backward)

Archive of SID

www.SID.ir

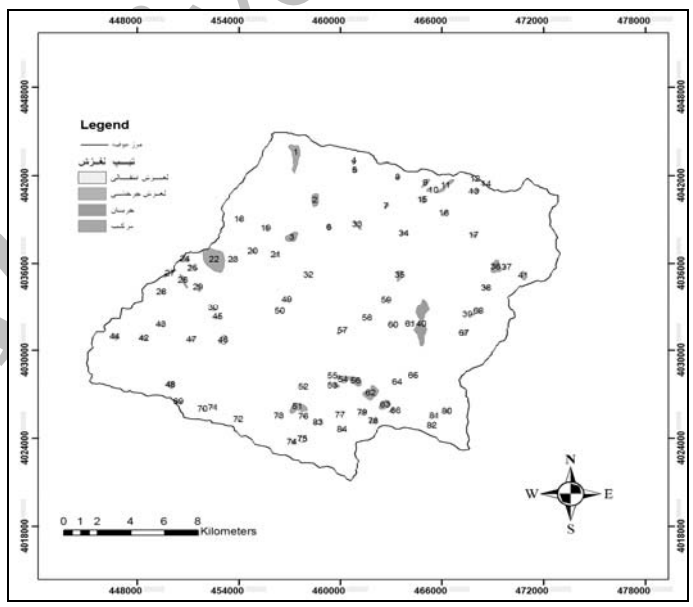
منطقه برای اعمال برنامه مدیریتی نیز مشخص گردید. به این منظور برای مناطقی که در آنجا تاسیساتی وجود دارد نمره ۱ و برای مناطقی که در آنجا تاسیسات خاصی وجود ندارد نمره ۰/۵ در نظر گرفته شد. از ضرب کلاس خطر در نمره وجود یا نبود تاسیسات، کلاس احتمال خسارت محاسبه، و اولویت بخش‌های مختلف آب‌خیز جهت انجام برنامه‌های مدیریتی مشخص گردید.

نتایج

مجموع سطح ۸٤ مورد لغزش برداشت شده ۱۰۵۰ هکتار می‌باشد که معادل ۲/۷ درصد سطح آب‌خیز است (شکل ۲). مساحت کوچک‌ترین لغزش برداشت شده ۰/٦۱ هکتار و مساحت بزرگ‌ترین لغزش (زمین‌لغزش شمس‌کلایه) معادل ۱۳۷ هکتار و میانگین مساحت هر لغزش ۱۲/۵ هکتار می‌باشد.

وزن هر یک از طبقات عوامل کیفی سنگ‌شناسی، کاربری زمین و جهت شیب با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و مقایسات زوجی محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱ ارایه شده است. نرخ ناسازگاری برای ماتریس مقایسات زوجی واحدهای زمین‌شناسی برابر ۰/۰٤ و برای واحدهای مختلف کاربری اراضی برابر ۰/۰۵ و برای واحدهای مختلف جهت شیب برابر ۰/۰۱ می‌باشد که قابل‌قبول است.

از تلفیق ۸ لایه مختلف در محیط نرم‌افزار Arc GIS، نقشه واحدهای همگن مشتمل بر ۱٤۷۲۲ واحد حاصل شد که پس از قطع دادن آن با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مشخص گردید که در ۸۱۳ واحد همگن لغزش وجود دارد. سپس، مساحت طبقات مختلف هر عامل در هر یک از زمین‌لغزش‌های ثبت شده (در مجموع ۸٤ عدد زمین‌لغزش) محاسبه شد. برای تعیین مقدار عددی هر عامل در هر یک از زمین‌لغزش‌ها، میانگین وزنی طبقات مختلف هر عامل در هر زمین‌لغزش محاسبه گردید و به این ترتیب ۸٤ مشاهده متشکل از یک متغیر وابسته و ۸ متغیر مستقل جهت تحلیل آماری زمین‌لغزش‌ها فراهم شد.



شکل ۲- نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های آب‌خیز الموت رود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- وزن طبقات مختلف عوامل کیفی.

عامل کیفی	طبقات	وزن محاسبه شده
زمین‌شناسی	I,C,M_c	۰/٤۱۸
	TR_3J_2ssh, j_s, Ngm, E_kt_a, E_kt_m	۰/۲۳۹
	P_n, TR_e^{dl}, d_l, P_{ees}	۰/۱۲۷
	E_{60b}, E_{6ab}, M_s, k_v, Q_{1v}, C_m, E_b	۰/۰۸۷
	${}^{s}_{۲}Q, {}_{۱}Q, {}_{۲}Q, {}^{t}_{۲}Q$	۰/۰٦۲
	$gy1$, M_{msc}, M_{mg}	۰/۰٤۳
	${}^{ml۱}gy$, C_m, ${}^{ml۱}P_r$	۰/۰۲۳
کاربری زمین	اراضی بدون پوشش و رودخانه‌ها	۰/٤۱٦
	اراضی دیم	۰/۲۹۰
	مرتع ضعیف و متوسط	۰/۱۲۸
	باغ و مجتمع‌های درختی	۰/۰۸۲
	مرتع خوب	۰/۰٥٥
	جنگل و مرتع	۰/۰۲۹
جهت شیب	جنوب	۰/٦۲۷
	شرق	۰/۱۹۷
	شمال	۰/۱۳٤
	غرب	۰/۰٤۲

نتایج به‌دست آمده از روش گام به گام مشخص نمود که تنها ۵ عامل ارتفاع، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، کاربری زمین و شیب باید به مدل وارد شوند و عوامل جهت، شتاب زمین‌لرزه و بارش تأثیر چندانی برروی زمین‌لغزش‌های آب‌خیز ندارند. سپس، با استفاده از این ۵ عامل به‌عنوان متغیرهای مستقل و لگاریتم مساحت لغزش‌ها به‌عنوان متغیر وابسته، اقدام به تعیین بهترین معادله به‌صورت زیر گردید (رابطه ۲). ضریب تبیین این معادله برابر ۰/٦۰۷ است که در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

$$Y = ۳/٤ - ۰/۰۰۰۱۳۹F + ۰/۰۰۰٤۲۸H + ۰/۰۰۲۲۸L + ۰/۰۰۱۲٥U + ۰/۰۰٦٥۹S \quad (۲)$$

که در آن، Y: عدد خطر، F: فاصله از گسل، H: میزان ارتفاع، L: سنگ‌شناسی، U: کاربری زمین، S: میزان شیب است.

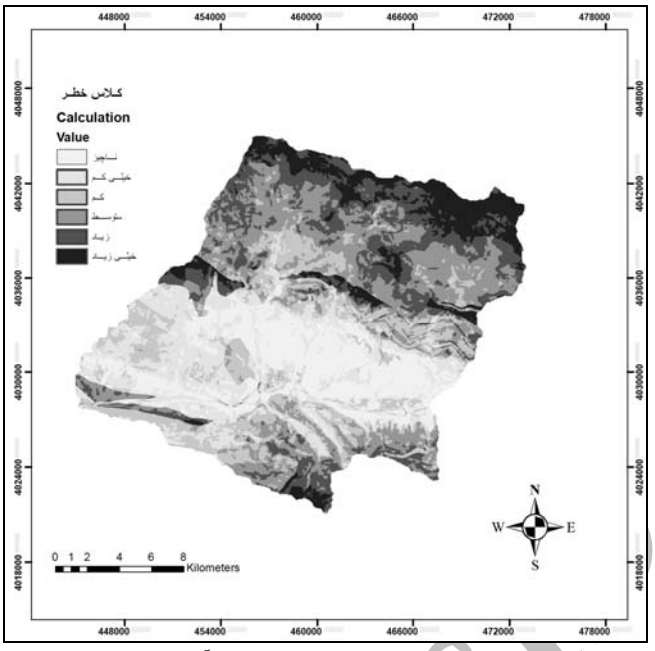
لازم به ذکر است از آنجا که سطح سلول‌ها برابر می‌باشد بنابراین Y بیانگر احتمال وقوع لغزش در هر سلول بوده و می‌تواند به‌عنوان احتمال خطر زمین‌لغزش در هر سلول فرض شود. سپس، با استفاده از این رابطه نقشه خطر زمین‌لغزش در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه و براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی سلول‌ها، در ٦ طبقه خطر شامل ناچیز، خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد طبقه‌بندی گردید (شکل ۳ و جدول ۲).

جدول ۲- درصد مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی خطر به روش رگرسیون چندمتغیره.

کلاس خطر	طبقات نقشه پهنه‌بندی	مساحت طبقات (ha)	درصد مساحت طبقات
۱	ناچیز	۷۰۲۰	۱۷/٦۹
۲	خیلی‌کم	۹۸٥۸	۲٤/۸٥
۳	کم	۹۳۳۲	۲۳/٥۲
٤	متوسط	۹٥٤٥	۲٤/۰٦
٥	زیاد	۳۸٦۲	۹/۷۳
٦	خیلی‌زیاد	٥۷	۰/۱٤

Archive of SID

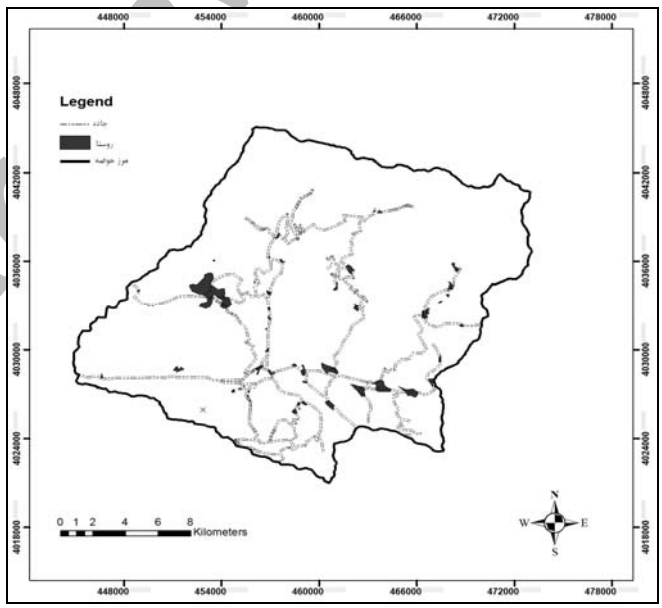
www.SID.ir



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش آب‌خیز الموت.

برای تعیین میزان تفاوت بین مساحت مورد انتظار و مساحت واقعی طبقات خطر از آزمون کای‌اسکوئر استفاده شد. مقدار کای‌اسکوئر محاسبه شده (۸۸۱۳) بیشتر از مقدار کای‌اسکوئر جدول در سطح اطمینان ۹۹ درصد (۲۰/۵۲) است. بنابراین، میزان تفاوت بین مساحت مورد انتظار و مساحت واقعی طبقات خطر مدل معنی‌دار ($P<0/01$) می‌باشد.

در منطقه مطالعاتی، بیشتر روستاها و تاسیسات در قسمت‌های میانی آبخیز قرار گرفته‌اند که کلیه این عناصر در معرض خطر زمین‌لغزش در شکل ٤ مشاهده می‌گردد.



شکل ٤- نقشه تاسیسات در معرض خطر زمین‌لغزش آب‌خیز الموت.

Archive of SID

www.SID.ir

در نهایت، با توجه به ۲ عامل میزان خطر و وجـود یـا نبود تاسیسات، سیاست‌ها و برنامه‌های مختلـف مـدیریتی برای بخش‌های مختلف منطقه ارایه شد (شکل ۵).

الف) مناطق با طبقه خطر I و II: این مناطق که بیشتر مناطق مسکونی آب‌خیز را نیز شامل می‌گردد (مانند روستاهای شهرک، شترخان، مدان، محمودآباد، باغدشت، باغ‌کلایه و جاده اصلی منطقه)، حدود ٤٢ درصد سطح آب‌خیز را دربرگرفته و بیشتر در قسمت‌های میانی آب‌خیز قرار گرفته‌اند. خطری از لحاظ زمین‌لغزش متوجه این مناطق نیست و نیاز به برنامه مدیریتی وجود ندارد و یا در اولویت‌های مدیریتی قرار نمی‌گیرد.

ب) مناطق با طبقه خطر III و IV: این مناطق که حدود ٤٧ درصد سطح آب‌خیز را شامل می‌شوند به‌صورت یـک نوار به‌نسبت باریک در بخش جنوبی و یک نوار به‌نـسبت پهن‌تر در بخش شمالی مناطق با طبقـه خطـر ۱ و ۲ قـرار گرفته‌اند. از مناطق مسکونی و تاسیساتی که در این طبقات خطر قرار می‌گیرند می‌توان به شهر معلم‌کلایه، روستاهای شمس‌کلایه، اندج، کوچنان، فیشان، و آفتابدر اشاره نمـود. سیاست مدیریتی این مناطق باید براساس حفـظ وضـعیت موجود باشد و بـه ایـن منظـور لازم اسـت فعالیـت همـه سازمان‌ها تحت زیر نظر دسـتور کـار خاصـی باشـد و در صورت امکان برنامه‌های توسعه این مناطق محـدود و بـه مناطق دیگری منتقل گردد. کاربری اراضی این مناطق باید براساس قابلیت اراضی باشد و از هرگونـه تغییـر کـاربری جلوگیری به‌عمل آید. در منـاطق مـسکونی واقـع در ایـن کلاس‌های خطر نیز باید سیستم آبیاری را از آبیاری سنتی غرقابی به آبیاری مـدرن تحـت فـشار تغییـر داد و طـرح ساماندهی فاضلاب شهری و روستایی را اجرا نمود.

ج) مناطق با طبقه خطر V و VI: این مناطق که حدود ۱۰ درصد سطح آب‌خیز را شامل می‌شوند به‌صورت نواری در بخش‌های شمالی، جنوبی و تا حدی مرکز آب‌خیز پراکنده می‌باشند. در این مناطق می‌توان براساس وجود یا نبود مناطق مسکونی به‌ترتیب از دو استراتژی کنترل خطر و اجتناب از خطر استفاده نمود:

۱- نحوه مدیریت در مناطق غیرمسکونی با طبقه خطـر V و VI: در این مناطق باید از سیاست اجتنـاب از خطـر پیروی نمود و فعالیت‌های عمرانی را تا حد ممکن محدود ساخت. بنابراین، سازمان‌هـای اجرایـی بایـد بـرای انجـام فعالیت‌های خود، از آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های خاصی پیروی نمود و حتی در صورت لزوم برنامـه‌هـای خـود را محدود نمود و یا به‌جای دیگری منتقل نمایند. همچنین، با اتخاذ تدابیری می‌توان از ایجاد توسعه‌های جدیـد در ایـن نواحی آب‌خیز ممانعت به‌عمل آورد.

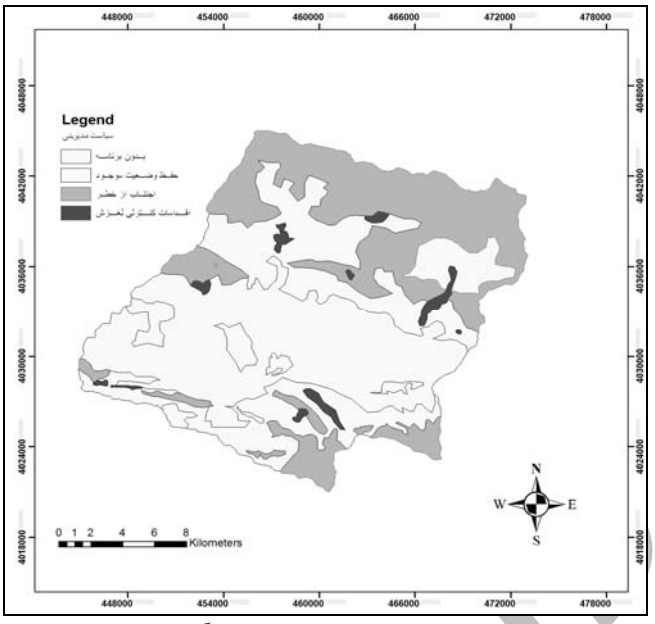
۲- نحوه مدیریت در مناطق مسکونی با طبقه خطر V و VI: از جمله مناطق مسکونی این طبقات خطر می‌توان به روستاهای هنیز، کلایه، آتـان، گازرخـان، خـشکه‌چـال، و تاسیسات سازمان انرژی اتمی ایران اشـاره نمـود. در ایـن مناطق که احتمال خسارات جانی و مالی نیـز وجـود دارد باید از سیاست کنترل لغزش استفاده نموده و خطـر زمـین لغزش را در این مناطق کاهش داد که به این منظور باید از هر گونه برنامه توسعه جلوگیری به‌عمل آید. با اسـتفاده از روش‌های مکانیکی و بیولـوژیکی نیـز مـی‌تـوان از خطـر وقوع زمین‌لغزش در این مناطق تا حدی کاست.

از آنجا کـه در ایـن منـاطق احتمـال خـسارات جـانی وجود دارد باید از سیستم‌هـای هـشداردهنده رفتارسـنجی دامنه نیز استفاده نمود.

برای تعیین اولویت برنامه مدیریت خطر زمـین‌لغـزش از دو پارامتر طبقه خطر و وجود تاسیسات استفاده شد که نتایج آن در جدول ٤ ارایه گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- نقشه برنامه مدیریت خطر زمین‌لغزش آب‌خیز الموت رود.

جدول ۳- برنامه مدیریت خطر زمین لغزش آبخیز الموت رود.

کلاس خطر	وجود یا نبود تاسیسات	درصد مساحت	تعداد پلی‌گون	سیاست مدیریتی	برنامه مدیریتی									
					زهکشی سطحی	احیا مراتع	باز کردن مسیر آبراهه	تغییر سیستم آبیاری	سامان‌دهی فاضلاب شهری	استفاده از سیستم هشداردهنده	اجرای برنامه‌های آموزشی	نصب تابلوهای هشداردهنده	عدم ارایه تسهیلات عمومی	اتخاذ سیاست‌های مالیاتی	افزایش هزینه بیمه	جلوگیری از تغییر کاربری
I و II	-	۳۳/۹	۳	بدون برنامه	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III و IV	-	۳۲/۱	۷	پیشگیری	x	x	x	x	x	-	x					x
V و VI	-	۳۱/۹	۹	اجتناب از خطر		x	x					x	x	x	x	
	x	۲	۱۱	کنترل لغزش	x	x	x	x	x	x	x	x				x

جدول ٤- اولویت برنامه مدیریت خطر زمین‌لغزش آب‌خیز الموت رود.

کلاس خطر	تاسیسات	کلاس خسارت	اولویت
I	۰/۵	۱۸	۹
	۱	۸	۸
II	۰/۵	۱۸	۸
	۱	۱۲	٦
III	۰/۵	۱۴	۷
	۱	۸	٤
IV	۰/۵	۱۲	٦
	۱	٦	۳
V	۰/۵	۱۰	۵
	۱	٤	۲
VI	۰/۵	۸	٤
	۱	۲	۱

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

شرایط طبیعی حوضه الموت رود مانند تکتونیک، ناهمواری‌ها، کاربری و زمین‌شناسی بستر مناسبی را برای وقوع زمین‌لغزش به‌وجود آورده که وقوع ۸٤ مورد زمین‌لغزش با وسعت حدود ۱۰۵۰ هکتار در سطح حوضه این موضوع را تأیید می‌نماید.

با انجام عمل گام به گام برروی لگاریتم سطح لغزش به‌عنوان متغیر وابسته و ۸ عامل مؤثر بر زمین‌لغزش منتخب در آب‌خیز الموت، ۳ عامل جهت شیب، میزان بارش و شتاب زمین‌لرزه به مدل وارد نشدند که نشان از همبستگی کم این ۳ عامل با لغزش‌های به‌وقوع پیوسته آب‌خیز الموت دارد. ۵ عامل باقی‌مانده در مدل، همبستگی مناسبی را با لغزش‌های منطقه دارند که این موضوع با نتایج احمدی و طالبی‌اسفندارانی (۲۰۰۲) در منطقه گله‌شور هم‌خوانی دارد. ضرایب مدل به‌دست آمده نشان‌دهنده این است که عوامل شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، ارتفاع و فاصله از گسل به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در لغزش‌های منطقه داشته‌اند که جی (۱۹۹۱) نیز در مورد تأثیر عوامل شیب، کاربری و زمین‌شناسی به نتایج مشابهی در این زمینه رسیده است. از آنجا که تأثیر عوامل جهت شیب، میزان بارش و شتاب زمین‌لرزه بر وقوع پدیده زمین‌لغزش انکارناپذیر است بنابراین علت این موضوع در آب‌خیز الموت را باید متأثر شدن این عوامل از ۵ عامل باقی‌مانده در مدل و تفوق تأثیر این ۵ عامل بر زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته در آب‌خیز الموت دانست.

در آب‌خیز الموت از چهار سیاست برای کاهش خسارات احتمالی زمین‌لغزش استفاده شده است که این سیاست‌ها با سیاست‌های پیشنهادی نیک‌اندیش و میرصانعی (۱۹۹۷) در یک راستا می‌باشد. در مناطق با طبقه خطر پایین نیاز به هیچ‌گونه عملیاتی نیست. در مناطق با طبقه خطر متوسط باید از سیاست حفظ وضعیت موجود پیروی نمود که برنامه‌های مدیریتی مربوط به این سیاست نیز ارایه شد. در مناطق با طبقه خطر بالا نیز با توجه به وجود یا نبود تاسیسات، به‌ترتیب باید از دو سیاست اقدامات کنترلی و اجتناب از خطر پیروی نمود که برنامه‌های مدیریتی این دو سیاست نیز در متن مقاله ارایه شد.

با توجه به اولویت‌بندی مناطق مختلف آب‌خیز الموت براساس ۲ عامل میزان خطر و وجود یا نبود تاسیسات، امکان برنامه‌ریزی سریع‌تر و بهتر مدیران برای اجرای پروژه‌های مدیریت خطر زمین‌لغزش فراهم گردیده است.

منابع

1.Afjei Nasrabadi, H., Shataei, Sh., Rafatnia, N., and Shariatjafari, M. 2009. Efficiency assessment of two statistical land slid hazard zonation models Models: valuing information and valuing area accumulation (Case study: Shastkalate forest, Gorgan). J. Agric. Sci. Natur. Resour. 15: 6. (In Persian)

2.Ahmadi, H., and Talebi Esfandarani, A. 2002. Evaluating of mass movement effective parameters. Iran, J. Natur. resources. (Case study: Ardal region). 54: 4. 323-330. (In Persian)

3.Ashgholi Farahani, A. 2001. Evaluation of natural slope unstability hazard in Rudbar using Fuzzy logic theory. M.Sc Thesis in engineering geology. mentor education university of tehran. Press, 142p. (In Persian)

4.Berberian, M., Ghorashi, M., Arzhangravesh, B., and Mohajer-Ashjai, A. 1993. Seismotectonic and earthquake-fault hazard investigations in the greater Qazvin region. Geological survey of iran (G.S.I). Press, 197p.

5.Gee, M.D. 1991. Classification of landslide hazard zonation methods and predictive capability. Landslides, 31: 947-958.

6.Ghodsipour, H. 2005. Analytic Hierarchy Process (AHP). Amir kabir Univ. Press, 220p. (In Persian)

7.Haeri, M., and Samiei, A. 1998. A new method for landslide hazard zonation based on zonation investigations in Mazandaran province. Journal of Earth. Sci. 6: 23-24. 1-15. (In Persian)

8.Karami, F., Bayati Khatibi, M., and Mokhtari, D. 2007. Evaluation and Zonation of mass movement in Oujan Basin. J. Geogr. and Dev. 5: 9. 107-123. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

9.Mesdaghi, M. 2004. Regression methods for research in agriculture and natural resources. Emam Reza Univ. Press, 290p. (In Persian)
10.Mosaffaie, J., Ownegh, M., Mesdaghi, M., and Shariatjafari, M. 2010. Efficiency comparison of statistical and empirical landslide hazard zonation models in Alamout watershed. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 16: 6. (In Persian)
11.Nikandish, N., and Mirsaneie, R. 1997. Landslide hazard management. The 2th conference on landslide. Tehran. International institute of earthquake engineering, Pp: 207-222. (In Persian)
12.Shariat Jafari, M. 1996. Landslide principles of natural slope stability. Sazeh, Press, 218p. (In Persian)
13.Wong, H.N., and Ho, K.S. 2000. Management of natural terrain landslide risk. Natural hazards, 14: 2. 11-22.
14.Zhou, C.H., Lee, C.F., Li, J., and Xu, Z.W. 2002. On the spatial relationship between landslides and causative factors on Lantua Island, Hong Kong. Geomorphology, 43: 197-207.

Archive of SID

www.SID.ir

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 16(Special issue 2), 2009
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

GIS an efficient tool for identifying policies and programs of landslide hazard management

[*]J. Mosaffaie[1] and M. Ownegh[2]
[1]Former M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Professor, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Landslide is one of natural hazards that makes numerous financial and life damages each year. Therefor we must detect susceptible areas, and with prioritizing of them, policies and programs of landslide hazard management will be offered in order to reduce landslid occurance hazard and damages. In this study, landslide hazard is zoned using multivariate regression model at a part of Alamout watershed in general level (1/50000 scale). Then, by two parameter including landslide hazard and installation existence, watershed was prioritized for use of management programs. So first landslide distribution map of area was prepared using study of air photos and field visitations. After reviewing available resources along with reviewing the benefit of experts, eight parameters including (lithology, slope, aspect, height, distance to foult, land use, rain and earthquake acceleration) were selected as landslide effective factors. AHP and pair comparing technique was used for quantitating of qualitative catagouries of land use, aspect, and lithology parameters. Results of stepwise method shows that there is high correlation bettwen five parameters including lithology, slope, height, distance to foult, land use, and occurred landslides. Determination coefficient between these parameters as constant variable and logharithm of landslide area as dependent variable was 60.7. Potential landslide hazard map was provided with this equation using geographic information system (GIS) and crossing layers in Arc gis software. Chi square test was used for comparing of difference between hazard classes of models. Results shows that measured chi square rate is meaningful at 99% of confidence interval, and there is suitable dissociation among landslide hazard classes. 42 percent of watershed area is located in hazard classes of I&II and dosnt need to any specific management program. About 47 percent of area is located in hazard classes of III & IV that maintain of existent condition is the policy of management in these areas. About 10 percent of area is located in hazard classes of V &VI that considering installation existence or not two policies including hazard control and avoiding of hazard must be used respectively.

Keywords: Hazard zonation; Landslide management; Multivariate regression; Alamout watershed

* Corresponding Author; Email: j_mosaffaie@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir