

اصلاح روش آنبالاگان برای پهنه‌بندی خطر لغزش‌ها در مناطق بیابانی ساحلی

محمد رضا مهدوی فر*

^۱پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۵

چکیده

در این بررسی سعی شده است با استفاده از روش ارائه شده توسط Anbalagan (1992) و تغییر عوامل و وزن اختصاص داده شده به آنها، روشی نوین برای پهنه‌بندی خطر لغزش در مناطق بیابانی ساحلی (که دارای شرایطی خاص از نظر عوامل زمین‌لغزش هستند) تدوین شود. به این منظور، بخشی از ارتفاعات مشرف بر روستای عسلویه (استان بوشهر) با روش پیشنهادی پهنه‌بندی شده و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به شرایط مشابه منطقه مورد بررسی با بخش وسیعی از مناطق جنوبی ایران، روش ارائه شده می‌تواند الگویی مناسب برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌های مناطق یادشده در مقیاس متوسط به شمار رود.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی خطر، زمین‌لغزش، لغزش، مناطق بیابانی ساحلی

*نویسنده مسئول: محمد رضا مهدوی فر

۱- مقدمه

از نظر آب و هوایی، ایران به شش ناحیه و ۱۲ زیر ناحیه قابل تقسیم است (شکل ۱، حیدری، ۱۳۷۸): مرطوب و معتدل - خزری (A1: خیلی مرطوب و معتدل، A2: مرطوب و معتدل)؛ نیمه خشک (B1: نیمه خشک سرد، B2: نیمه خشک گرم)؛ زاگرس (C1: نیمه مرطوب معتدل، C2: کوهستانی سرد، C3: نیمه کوهستانی سرد)؛ بیابانی خیلی گرم - ساحلی (D)؛ بیابانی معتدل تا خیلی گرم - داخلی (E1: بیابانی معتدل، E2: بیابانی شدید و خیلی گرم)؛ بیابانی نیمه گرم تا گرم (F1: بیابانی نیمه گرم داخلی، F2: بیابان گرم: ساحلی) (شکل ۱). این بررسی برای ارائه الگوی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مناطق بیابانی ساحلی (منطقه f2 و D) انجام گرفته است. یکی از مشکلاتی که برای توسعه پروژه‌های عمرانی (مانند جاده، پل و راه‌آهن) در این مناطق وجود دارد، بالا بودن پتانسیل رخداد زمین‌لغزش (بوژه لغزش‌ها و ریزش‌های سنگی) است. رخنمون سازندهای حساس به لغزش (مانند مارن‌های نئوژن) و نحوه توالی آنها با لایه‌های مقاوم (مانند آهک‌ها) به دلیل شرایط فرسایشی حاکم بر این گونه مناطق، دلیل عمده افزایش پتانسیل این پدیده به شمار می‌رود. در این بررسی افزون‌بر تفکیک لغزش‌های انتقالی و چرخشی (که در این مقاله از آنها به عنوان لغزش نام برده شده است) از دیگر انواع زمین‌لغزش‌ها (مانند ریزش، افتان، بهمین و جریان)، سعی شده است روشی برای پهنه‌بندی خطر آنها در مناطق بیابانی در مقیاس متوسط (مقیاس ۱:۵۰،۰۰۰ تا ۱:۱۰،۰۰۰) بیان شود.

۲- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش آنبالاگان

Anbalagan (1992) روشی کمی را برای محاسبه خطر زمین‌لغزش در منطقه‌ای از هیمالایا ارائه نموده است. در این روش در محدوده‌های همگن از نظر شیب و جهت شیب (واحدهای دامنه‌ای)، پارامترهای سنگ‌شناسی، عوارض ساختاری، ریخت‌شناسی شیب، ارتفاع نسبی، کاربری، پوشش گیاهی و شرایط آب زیرزمینی برداشت می‌شوند. ملاک امتیازدهی به گونه‌ای است که بیشترین امتیاز برای کلاس‌های سنگ‌شناسی ۲، ویژگی‌های ساختاری ۲، ریخت‌شناسی و شیب ۲، ارتفاع نسبی ۱، کاربری و پوشش گیاهی ۲ و شرایط آب زیرزمینی ۱ است، بنابراین بیشترین مقدار خطر به دست آمده که با جمع جبری مقادیر هر یک از گروه‌های یاد شده محاسبه می‌شود ۱۰ و کمترین آن صفر خواهد بود. روش آنبالاگان توسط دیگر پژوهشگران مانند Turrini et al. (1994) در ایتالیا و Abolmasod & Stojkov (1994) در صربستان با انجام تصحیحات محلی به کار گرفته شده است. این روش در ایران

نیز توسط مهدوی فر و منتظر القائم (۱۳۸۲) در البرز مرکزی در مقیاس ۱:۵۰،۰۰۰ و ارومیه‌ای و امینی (۱۳۷۷) در مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است.

۳- روش بررسی

منطقه مورد بررسی به مساحت ۹/۱ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی "۴۱' ۳۰' ۵۲° تا "۲۱' ۲۱' ۳۴' ۵۲° خاوری و عرض‌های جغرافیایی "۱۲' ۳۲' ۲۷° تا "۵۱' ۳۵' ۲۷° شمالی قرار گرفته است. جاده اصلی بوشهر- بندرعباس از مرکز آن عبور نموده و مهم‌ترین راه دسترسی زمینی محدوده به شمار می‌رود. از مهم‌ترین آبادی‌های نزدیک منطقه می‌توان به نخل تقی و عسلویه در خاور و جنوب خاور و آبادی شیرینو در باختر اشاره کرد (شکل ۲).

۳-۱. واحدبندی منطقه

روش‌های گوناگونی برای واحدبندی وجود دارند (Gee, 1992) که در این بررسی روش واحدبندی دامنه‌ای انتخاب شده است. در این روش منطقه مورد بررسی به واحدهایی تقسیم می‌شود که مقدار و جهت شیب در آنها کم و بیش ثابت بوده و هر یک نماینده دامنه‌ای جداگانه هستند. برتری واحدبندی دامنه‌ای در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش این است که پایداری دامنه برای هر دامنه جداگانه ارزیابی می‌شود. برای به دست آوردن واحدهای دامنه‌ای، از روی هم‌اندازی دو نقشه شیب (شکل ۳) و جهت شیب (شکل ۴) در GIS استفاده شده است. به این ترتیب ۱۰۶۰ واحد به دست آمده است (شکل ۵).

۳-۲. عوامل در نظر گرفته شده

با توجه به ویژگی‌های مناطق بیابانی، سنگ‌شناسی، ساختار، مقدار شیب، جهت شیب، ارتفاع نسبی، زیرشویی توسط رودخانه، و توالی لایه‌های سخت و سست به عنوان عوامل اصلی در ایجاد زمین‌لغزش تعیین و برای ارزیابی خطر زمین‌لغزش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. عوامل در نظر گرفته شده برای رخداد زمین‌لغزش با استفاده از عوامل در نظر گرفته شده توسط Anbalagan (1992) و همچنین قضاوت کارشناسی انتخاب شده است. با توجه به اختلاف شرایط طبیعی مناطق بیابانی با منطقه مورد بررسی آنبالاگان (که منطقه‌ای جنگلی و پر باران است) عوامل زیرشویی توسط رودخانه و توالی لایه‌های سخت و سست به جای کاربری اراضی و وضعیت آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. زیر گروه‌ها و امتیازات در نظر گرفته شده برای ارزیابی پایداری دامنه‌ها در جدول ۱ و بیشترین وزن در نظر گرفته شده برای

تا شیب ۲۵ درجه افزایش و پس از آن شروع به کاهش می‌نماید. در نتیجه نحوه وزن‌دهی به شیب در این بررسی به نحوی تغییر نموده است که این ارتباط در پهنه‌بندی منعکس شود.

– **ارتفاع نسبی:** منظور از ارتفاع نسبی، اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقاط در یک واحد دامنه‌ای است. واحدهای دامنه‌ای بر مبنای این عامل در سه دسته قرار گرفته‌اند (جدول ۱).

– **زیرشویی توسط رودخانه:** زیرشویی توسط رودخانه عاملی است که از طرفی موجب فرسایش تکیه‌گاه دامنه‌ها و از طرفی دیگر موجب افزایش شیب و در نهایت برهم زدن تعادل دامنه و حرکت آن به سمت پایین می‌شود. از مجموع ۲۵۹۰ لغزش ثبت شده در بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور، زیرشویی نقش اساسی در وقوع ۹۶۵ مورد (۳۷ درصد) را داشته است (میرصانعی و کاردان، ۱۳۷۸). چگونگی در نظر گرفتن این عامل در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش‌های گوناگون انجام می‌گیرد. برخی فاصله از آبراهه (Mathew et al., 2007)، برخی تراکم آبراهه (حائری و سمیعی، ۱۳۷۶) و برخی وجود یا عدم وجود آن را در واحدها (Neaupane & Piantanakulchai, 2006) در نظر گرفته‌اند.

در منطقه عسلویه رودخانه دائمی وجود ندارد اما آبراهه‌های فصلی متعددی موجود است که در کف آنها بلوک‌های بزرگ جابه‌جا شده است (شکل ۹). اندازه بلوک‌ها و میزان جابه‌جایی آنها از منشأ، بیانگر حجم و قدرت بالای آب در هنگام انتقال بلوک‌ها است. با توجه به این شواهد، وجود آبراهه در پای دامنه به عنوان عاملی مؤثر در حرکت دامنه‌ای در نظر گرفته شده است. بدیهی است آبراهه‌های اصلی و فرعی به علت اختلاف در توانایی دبی عبوری تأثیر یکسانی در ناپایداری نخواهند داشت (جدول ۱).

– **توالی لایه‌های سخت و سست:** وجود لایه‌های سست و شکل‌پذیر با نفوذپذیری کم مانند مارن‌های نوزن در زیر سازندهای متشکل از سنگ‌شناسی‌های سخت مانند آهک در بسیاری از اوقات نقشی اساسی در ایجاد زمین‌لغزش‌ها دارند. در بیشتر موارد، لایه‌های سست از رس‌ها تشکیل شده‌اند که نوعی سنگ‌شناسی با نفوذپذیری کم به شمار می‌رود. جلوگیری از نفوذ آب به لایه‌های پایین موجب افزایش فشار منفذی، حرکت آب در سطح بین دو لایه، شسته شدن ذرات و کاهش مقاومت سطح تماس بین دو لایه و در نتیجه حرکت لایه‌های بالایی می‌شود. از مجموع ۲۵۹۰ لغزش ثبت شده در بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور، تناوب لایه‌ها نقش اساسی در وقوع نزدیک به ۳۷۰ مورد (۱۴ درصد) داشته است (میرصانعی و کاردان، ۱۳۷۸). مجموعه موارد بالا موجب شده است، که عامل توالی لایه‌های سخت و سست در واحدهای دامنه‌ای به ۶ نحوه مختلف در این بررسی در نظر گرفته شود (جدول ۱). لازم به یادآوری است مبنای سخت و سست بودن سازندها، گروه‌های معرفی شده در عامل سنگ‌شناسی بوده است.

۳-۳. پهنه‌بندی خطر لغزش در منطقه عسلویه

برای محاسبه خطر در هر یک از واحدهای دامنه‌ای ابتدا ویژگی‌های آنها از نظر دارا بودن عوامل مختلف لغزش محاسبه و در جدولی جداگانه به صورت بانک اطلاعاتی آورده شده است. برای وزن‌دهی به پارامترهای زمین‌لغزش روش‌های متنوعی وجود دارد که می‌توان آنها را در دو دسته روش‌های آماری (روش بینا) و قضاوت کارشناسی (کور) قرار داد (Gee, 1992). روش‌های آماری به طور معمول هنگامی استفاده می‌شود که تعداد زیادی زمین‌لغزش در منطقه موجود باشد؛ در این حالت می‌توان ضرایب تأثیر هر پارامتر را با استفاده از آنها استخراج نمود. در مناطقی که تعداد زمین‌لغزش‌های رخ داده کم باشد از روش قضاوت مهندسی به منظور وزن‌دهی استفاده می‌شود.

هر یک از عوامل در جدول ۲ آورده شده است. در ادامه شرح هر یک از عوامل آورده شده است.

– **سنگ‌شناسی:** فرسایش‌پذیری یا پاسخ سنگ‌ها به فرایند هوازدگی و فرسایش مهم‌ترین عوامل در تعیین وزن برای انواع سنگ‌شناسی‌ها هستند (Anbalagan, 1992). سنگ‌هایی از نوع کوارتزیت، آهک و گرانیت غیرهوازده به طور عموم سخت و توده‌ای و مقاوم‌تر بوده و شیب‌های تندی را تشکیل می‌دهند. در مقابل، سنگ‌های رسوبی و تخریبی در برابر فرسایش و هوازدگی آسیب‌پذیرتر هستند. در مواد خاکی، نوع و سن، عوامل عمده‌ای در تعیین وزن‌ها بوده‌اند. آبرفت‌های قدیمی‌تر عموماً تراکم خوب و مقاومت برشی زیادی دارند. مصالح جوان مانند واریزه‌ها عموماً سست بوده و مقاومت برشی پایینی دارند.

بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی‌های زمین‌شناسی ۱۶ سازند در منطقه مورد بررسی شناسایی شده است. سازندهای یادشده در سه گروه رده‌بندی شده‌اند که گروه ۱ مقاوم‌ترین و گروه ۳ سست‌ترین سازندها را تشکیل می‌دهند (شکل ۶). برای اعمال میزان هوازدگی از ضریب تصحیح (C) استفاده شده است. میزان هوازدگی با بازدیدهای صحرایی برای سازندهای مختلف تعیین و در نقشه هوازدگی (شکل ۷) منعکس شده است. چگونگی تشخیص میزان هوازدگی در جدول ۱ آمده است. ضریب تصحیح هوازدگی باید در امتیاز سنگ تازه ضرب شود تا امتیاز نهایی سنگ‌شناسی تعیین شود.

– **ساختار:** در این ارتباط سه عامل ارزیابی می‌شوند: میزان تطابق جهت شیب ناپیوستگی یا راستای خط تقاطع دو ناپیوستگی و جهت شیب دامنه؛ تفاوت مقدار شیب ناپیوستگی یا میل خط تقاطع دو ناپیوستگی و شیب دامنه؛ و مقدار شیب ناپیوستگی یا میل خط تقاطع دو ناپیوستگی. در شیب‌های پوشیده از خاک، ستری برای برآورد شده پوشش خاکی مبنای تعیین وزن است؛ در اینجا منظور از ناپیوستگی، دو نوع خاص از ناپیوستگی‌های منظم ساختاری شامل لایه‌بندی و درزه است؛ از این روش‌سختگی با توجه به مقیاس بررسی‌های جزو ناپیوستگی ساختاری، در نظر گرفته نشده است. برای بررسی این عامل در ابتدا ایستگاه‌هایی برای برداشت موقعیت ناپیوستگی‌ها تعیین (شکل ۸) و سپس ویژگی‌های ساختاری هر واحد دامنه‌ای با استفاده از ویژگی‌های برداشت شده در ایستگاه درون یا نزدیک آن تهیه شده است. چنانچه یک دسته ناپیوستگی در واحد دامنه‌ای موجود باشد شیب و امتداد آن، و اگر دو دسته ناپیوستگی موجود باشد راستا و میل خط حاصل از برخورد آنها ملاک قرار گرفته است. همان گونه که در شکل ۸ دیده می‌شود به دلیل توپوگرافی خشن کوه‌های واقع شده در منطقه، محل ایستگاه‌ها به دره‌ها و مناطق کم شیب محدود شده است. برای تعمیم ویژگی‌های برداشت شده به دیگر مناطق از بررسی عکس هوایی به همراه شباهت‌های سنگ‌شناسی و امتدادهای ساختارهای مهم مانند گسل‌ها استفاده شده است.

– **زاویه شیب دامنه:** زاویه شیب از عوامل اصلی گسیختگی دامنه‌ها به شمار رفته و به دو صورت طبیعی و مصنوعی تغییر می‌نماید. عوامل اصلی مؤثر در افزایش زاویه شیب دامنه‌ها عبارتند از: برخاستگی و فرونشست زمین به سبب فعالیت‌های زمین‌ساختی؛ فرسایش؛ خاکریزی و خاک‌برداری و ایجاد ترانشه برای احداث راه و تأسیسات. این عامل وضعیت تعادل مواد سازنده دامنه را بر هم زده و موجب بالا رفتن تنش‌ها می‌شود (حائری و سمیعی، ۱۳۷۶)؛ بر اساس جدول ۱، شیب به ۶ گروه تقسیم شده است (شکل ۳).

در روش آنبالگان فرض شده است رابطه افزایش پتانسیل لغزش با میزان شیب دامنه به صورت خطی است؛ در حالی که نتایج بسیاری از مطالعات (مانند Keefer, 1993 و Carrara et al., 1997) نشان می‌دهد وقوع لغزش با میزان شیب رابطه مستقیم ندارد، به این صورت که خطر لغزش (نه دیگر انواع زمین‌لغزش)

دو عامل یادشده تأثیر زیادی در وقوع زمین لغزش در منطقه مورد بررسی داشته‌اند. با استفاده از لغزش‌های ثبت شده از روی عکس‌های هوایی و بررسی‌های صحرایی، دقت نقشه به دست آمده (شکل ۱۱) مورد ارزیابی قرار گرفته است. این کار توسط روی هم اندازی نقشه فهرست لغزش‌ها و نقشه پهنه‌بندی صورت گرفته است. در این حالت نسبت تراکم (DR) (Density Ratio) (نسبت درصد سطح زمین لغزش‌های رخ داده در هر زیر گروه خطر به درصد مساحت زیر گروه) برای هر زیر گروه محاسبه و مقایسه شده است. جدول ۴ نتیجه این تحلیل را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است نسبت تراکم از خطر خیلی کم به سمت خطر زیاد افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده این است که در درجات بالای خطر، لغزش‌های بیشتری رخ داده است. برای مقایسه روش تدوین شده در این بررسی با روش آنبالاگان منطقه مورد بررسی با روش یاد شده نیز پهنه‌بندی و نسبت تراکم گروه‌های خطر برای آن روش نیز محاسبه شده است. جدول ۵ نشان‌دهنده نتیجه این عملیات است. برای مقایسه این دو روش از پارامتری به نام QS (Quality Sum) (Gee, 1992) استفاده شده است؛ نقشه‌ای که مقدار QS آن بیشتر باشد نتیجه بهتری از نظر پهنه‌بندی ارائه داده است. QS با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$QS = \sum_{i=1}^n ((DR_i - 1)^2 \times \%A) \quad (1)$$

که در آن DR نسبت تراکم، %A درصد مساحت زیر گروه و n تعداد زیر گروه‌های خطر هستند. همان‌گونه که در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است مقدار این پارامتر برای روش تدوین شده در این بررسی ۰/۵۴۷ و برای روش آنبالاگان ۰/۴۵۵ است که نشان‌دهنده عملکرد بهتر روش پیشنهادی در منطقه است.

۵- نتیجه‌گیری

روش به کار گرفته شده در این بررسی به منظور پهنه‌بندی خطر لغزش‌های پیوسته در مناطق بیابانی ساحلی تدوین شده است. تفاوت این روش با روش مورد استفاده توسط آنبالاگان در تغییر نوع پارامترهای ورودی، تغییر روش وزن‌دهی به عوامل ساختاری و در نظر گرفتن واحدهایی با شیب کمتر از ۵ درجه به عنوان واحدهایی با درجه خطر خیلی کم است. نتایج حاصل از مقایسه دو نقشه پهنه‌بندی خطر تهیه شده به وسیله روش آنبالاگان و روش تدوین شده در این بررسی در منطقه مورد بررسی بیانگر نتیجه مطلوب‌تر روش تدوین شده در مناطق بیابانی است.

سیاسگذاری

این بررسی بخشی از یک پروژه ارتباط با صنعت انجام شده در پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله برای شرکت مدیریت توسعه صنایع پتروشیمی بوده است. در این پژوهش از راهنمایی‌ها و همکاری‌های ارزنده آقایان دکتر محمد کاظم جعفری، و دکتر محمد کشاورز بخشایش بهره برده شده است. خانم‌ها معصومه رخشنده و شراره بانکی و آقایان سید امید روانفر، محسن کریمی آشتیانی و پیران ویسه در عملیات GIS و عملیات صحرایی همکاری بی‌دریغی نموده‌اند.

در این بررسی نقشه فهرست زمین لغزش‌ها با استفاده از بررسی عکس‌های هوایی و بازدید صحرایی تهیه شده است (شکل ۱۰). همان‌گونه که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، تعداد زمین لغزش‌ها در منطقه کم بوده و نمی‌تواند اعتبار لازم را برای تعیین وزن نقشه‌ها یا امتیاز زیرگروه‌های مربوطه فراهم نماید. لذا استفاده از روش‌های آماری در این بررسی امکان‌پذیر نبوده است؛ به همین دلیل با استفاده از روش دوم (قضاوت مهندسی) نسبت به وزن‌دهی به پارامترها به شرح مندرج در جدول ۱ اقدام شده است. در این وزن‌دهی سعی شده است با در نظر گرفتن شرایط منطقه، وزن‌های ارائه شده تا حد امکان شبیه وزن‌های پیشنهاد شده توسط (Anbalagan, 1992) باشد.

پس از وزن‌دهی به پارامترها، با جمع نمودن ستون‌های مربوط به وزن شش عامل سنگ‌شناسی، ساختار، شیب، ارتفاع نسبی، زیرشویی توسط آبراهه‌ها و توالی لایه‌های سخت و سست، امتیاز نهایی برای پهنه‌بندی به دست آمده است. به منظور تقسیم‌بندی درجات مختلف خطر از روی امتیاز نهایی از جدول ۳ استفاده شده است. در نهایت با استفاده از نتایج به دست آمده، نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش تهیه شده است (شکل ۱۱).

۴- بحث

روش پیشنهادی در این بررسی از نظر کلی شبیه روش (Anbalagan, 1992) است؛ با این تفاوت عمده که در روش پیشنهادی به جای دو عامل کاربری اراضی و وضعیت آب زیرزمینی، از عوامل زیرشویی توسط رودخانه و توالی لایه‌های سخت و سست استفاده شده است. همچنین شیوه وزن‌دهی به شیب و ناپیوستگی تغییرات قابل ملاحظه‌ای نسبت به روش آنبالاگان داشته است.

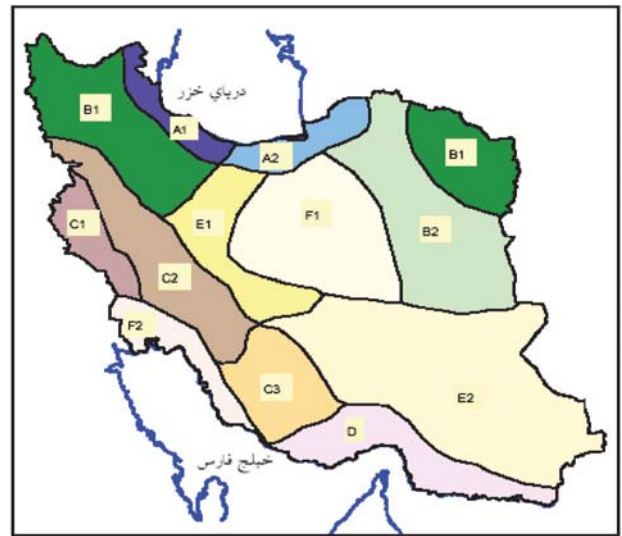
روش آنبالاگان روشی ساده بوده و پارامترهای مورد نیاز برای آن به راحتی قابل برداشت است؛ نوع واحدبندی (واحدبندی دامنه‌ای) جزو دقیق‌ترین واحدبندی‌های رایج است؛ بسیاری از بخش‌های وقت‌گیر آن مانند تهیه نقشه شیب و واحدهای دامنه‌ای توسط GIS قابل انجام است؛ و در نهایت برای مناطق سنگی با سطوح ناپیوستگی مشخص روشی کم‌ویش دقیق و قابل اعتماد است. اما از سویی دارای محدودیت‌هایی نیز است که در این بررسی سعی در حذف آنها بویژه با هدف پهنه‌بندی خطر لغزش‌ها در مناطق بیابانی شده است؛ موارد زیر را می‌توان به عنوان وجوه تمایز روش ارائه شده در این بررسی با روش آنبالاگان برشمرد:

۱- با توجه به احتمال ضعیف رخداد لغزش در شیب‌های کمتر از ۵ درجه، به واحدهای مربوطه بدون توجه به دیگر ویژگی‌ها، خطر کم تعلق گرفته است؛
 ۲- مطابق با نتایج بسیاری از بررسی‌ها، خطر لغزش با میزان شیب رابطه مستقیم نداشته و تا شیب ۲۵ درجه افزایش می‌یابد اما پس از آن شروع به کاهش می‌نماید بنابراین در این بررسی، وزن‌دهی به شیب دامنه به صورت غیرخطی انجام گرفته است؛
 ۳- هنگامی که شیب ناپیوستگی خلاف جهت دامنه باشد عامل ساختار، تأثیر زیادی در افزایش یا کاهش پتانسیل لغزش نخواهد داشت. در نتیجه در این بررسی به کل عامل ساختار در واحدهایی که شیب ناپیوستگی در آنها خلاف جهت شیب دامنه است، بدون توجه به دیگر ویژگی‌ها، وزن کم تعلق گرفته است؛

۴- با توجه به شرایط طبیعی مناطق بیابانی، پارامترهای ورودی نیز نسبت به روش آنبالاگان تغییر کرده‌اند؛ در این روش بر عواملی که رخداد لغزش را در این مناطق کنترل می‌کنند، تأکید شده است. از آن جایی که در مناطق بیابانی پوشش گیاهی زیادی وجود ندارد، عامل کاربری حذف شده است. همچنین به علت خشک بودن بیشتر دامنه‌ها و محدودیت‌هایی که در ارزیابی آب زیرزمینی وجود دارد، این عامل نیز در نظر گرفته نشده است. در عوض دو عامل توالی لایه‌های سخت و سست و زیرشویی توسط رودخانه در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به بررسی‌های انجام شده هر

جدول ۱- وزن دهی به عوامل برای پهنه‌بندی خطر لغزش‌ها (تغییر یافته 1992, Anbalagan)

| عامل | زیرگروه | امتیاز | ملاحظات |
|--------------------------------|---------|--------|--|
| سنگ‌شناسی | گروه ۱ | | وزن کلی واحدهایی که شیب آنها کمتر از ۵ درجه است بدون توجه به دیگر ویژگی‌های صفا است. |
| | گروه ۲ | ۰/۲ | کوارتزیت و آمک |
| | گروه ۳ | ۰/۳ | گرانیت و گابرو |
| | گروه ۴ | ۰/۴ | گیس |
| | گروه ۵ | ۱/۰ | سنگ‌های رسوبی خوب |
| | گروه ۶ | ۱/۰ | سیانی شده، ماسه‌سنگ همراه با لایه‌های اندکی از رس سنگ |
| | گروه ۷ | ۱/۳ | سنگ‌های رسوبی با سیمان شدگی ضعیف، ماسه‌سنگ همراه با لایه‌های اندکی از شیل و مارن |
| | گروه ۸ | ۱/۳ | سنگ‌های رسوبی با سیمان شدگی ضعیف، ماسه‌سنگ همراه با لایه‌های اندکی از شیل و مارن |
| | گروه ۹ | ۱/۳ | سنگ‌های رسوبی با سیمان شدگی ضعیف، ماسه‌سنگ همراه با لایه‌های اندکی از شیل و مارن |
| | گروه ۱۰ | ۱/۳ | سنگ‌های رسوبی با سیمان شدگی ضعیف، ماسه‌سنگ همراه با لایه‌های اندکی از شیل و مارن |
| ساختر | گروه ۱ | ۱/۲ | اسلیت و فیلیت |
| | گروه ۲ | ۱/۳ | شیل با میان لایه‌های رسی و سنگ‌های غیر رسی |
| | گروه ۳ | ۱/۸ | شیل، فیلیت و شیلت به شدت هوازده |
| | گروه ۴ | ۰/۸ | آبرفت‌های قدیمی سخت شده |
| | گروه ۵ | ۱/۰ | خاک رسی |
| | گروه ۶ | ۱/۴ | خاک ماسه‌ای |
| | گروه ۷ | ۱/۲ | وارزده متشکل از قطعات سنگی و با خاک‌های رسی و ماسه‌ای (متراکم قدیمی) و وارزده‌های سست جدید |
| | گروه ۸ | ۲/۰ | خاک رسی |
| | گروه ۹ | ۲/۰ | خاک ماسه‌ای |
| | گروه ۱۰ | ۲/۰ | خاک رسی |
| تفاوت شیب ناپوستگی و شیب دامنه | گروه ۱ | ۰/۲۰ | I: بیش از ۳۰ درجه |
| | گروه ۲ | ۰/۲۵ | II: ۲۱-۳۰ |
| | گروه ۳ | ۰/۳۰ | III: ۱۱-۲۰ |
| | گروه ۴ | ۰/۴۰ | IV: ۶-۱۰ |
| | گروه ۵ | ۰/۵۰ | V: کمتر از ۵ |
| | گروه ۶ | ۰/۳۰ | I: بیش از ۱۰ درجه |
| | گروه ۷ | ۰/۵۰ | II: ۱۰-۰ |
| | گروه ۸ | ۰/۸۰ | III: ۰ |
| | گروه ۹ | ۰/۸۰ | IV: (-۱۰)-۰ |
| | گروه ۱۰ | ۱/۰ | V: کمتر از (-۱۰) |



شکل ۱- پهنه‌بندی مناطق اقلیمی ایران (حیدری، ۱۳۷۸)

جدول ۱- ادامه

| عامل | زیرگروه | امتیاز | ملاحظات |
|--|--------------------|---|--|
| شیب ناپوستگی صفحه‌ای (βj/βi) گوه‌ای (βi) | I: کمتر از ۱۵ درجه | ۰/۲ | ۳) شیب ناپوستگی (βj/βi) |
| | II: ۱۶-۲۵ | ۰/۲۵ | |
| | III: ۲۶-۳۵ | ۰/۳۰ | |
| | IV: ۳۶-۴۵ | ۰/۴۰ | |
| | V: بیش از ۴۵ | ۰/۵۰ | |
| | کمتر از ۵ متر | ۰/۶۵ | |
| | ۶ تا ۱۰ متر | ۰/۸۵ | |
| | ۱۱ تا ۱۵ متر | ۱/۳۰ | ۴) توالی لایه‌های سخت و سست |
| | ۱۶ تا ۲۰ متر | ۲/۰ | الف: شیب لایه‌بندی کمتر از شیب دامنه |
| | بیش از ۲۰ متر | ۱/۲۰ | I: لایه‌های سخت روی لایه‌های سست |
| مقدار شیب دامنه | I: بیش از ۴۵ درجه | ۰/۵ | |
| | II: ۳۶-۴۵ | ۰/۸ | |
| | III: ۲۶-۳۵ | ۱/۲ | II: لایه‌های سخت روی لایه‌های سخت |
| | IV: ۱۶-۲۵ | ۲ | |
| | V: ۵-۱۵ | ۱/۷ | |
| | VI: کمتر از ۵ درجه | - | |
| | کمتر از ۱۰۰ متر | ۰/۳ | III: توالی لایه‌های سخت و سست |
| | ۱۰۱ تا ۳۰۰ متر | ۰/۶ | |
| | بیش از ۳۰۰ متر | ۱/۰ | IV: دامنه از یک تپه سنگ‌شناسی تشکیل شده |
| | آبراهه‌های اصلی | ۰/۷۵ | |
| آبراهه‌های فرعی | ۰/۵ | | |
| هر دو | ۱ | | |
| بدون آبراهه | ۰/۲۵ | ب: شیب لایه‌بندی کم و بیش برابر شیب دامنه | |
| توالی لایه‌های سخت و سست | I | ۲ | ۷) گسترش لایه‌های سخت و سست در جهت شیب دامنه |
| | II | ۰/۵ | |
| | III | ۱/۵ | |
| | IV | ۱/۰ | ب: شیب لایه‌بندی بیش از شیب دامنه و یا جهت آن دو مخالف است |
| | V | ۰ | |
| | VI | ۰ | |
| | VI | ۱/۰ | |
| | VI | ۰ | |
| | VI | ۰ | |
| | VI | ۰ | |

جدول ۳- گروه‌بندی خطر لغزش بر اساس امتیاز نهایی (بر اساس 1992, Anbalagan)

| ناحیه | مقدار امتیاز نهایی | توصیف خطر |
|-------|--------------------|----------------|
| I | < ۳/۵ | خطر بسیار کم |
| II | ۵/۰-۳/۵ | خطر کم |
| III | ۶/۰-۵/۱ | خطر متوسط |
| IV | ۷/۵-۶/۱ | خطر زیاد |
| V | > ۷/۵ | خطر بسیار زیاد |

جدول ۲- بیشترین وزن در نظر گرفته شده به عوامل لغزش (تغییر یافته

(Anbalagan, 1992)

| ردیف | عامل | بیشترین وزن |
|------|--------------------------|-------------|
| ۱ | سنگ‌شناسی | ۲ |
| ۲ | ساختر | ۲ |
| ۳ | ریخت شناسی شیب | ۲ |
| ۴ | ارتفاع نسبی | ۱ |
| ۵ | زیرشویی توسط آبراهه | ۱ |
| ۶ | توالی لایه‌های سخت و سست | ۲ |
| ۱۰ | جمع | ۱۰ |

جدول ۴- درصد سطحی گروه‌های مختلف خطر در روش پیشنهادی در این بررسی

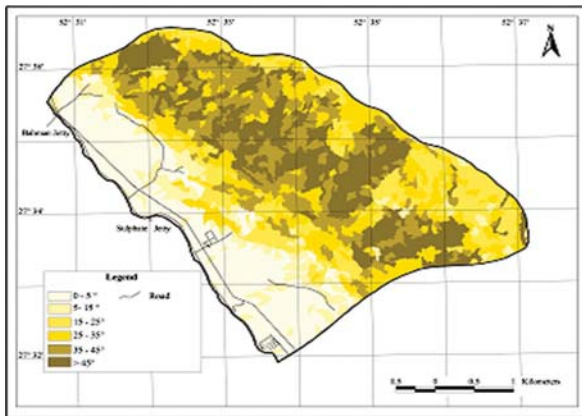
| درجه خطر | مساحت کل (هکتار) A | درصد مساحت A% | مساحت درگیر در لغزشی (هکتار) AL | درصد لغزش (L%) | نسبت تراکم (DR) | (DR-1) ² |
|----------|--------------------|---------------|---------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| خیلی کم | ۱۱۴۲ | ۲۳/۸۸ | ۰ | ۰/۰۰ | ۰ | ۰/۲۴۰ |
| کم | ۱۴۶۰ | ۲۹/۴۵ | ۵/۱۵ | ۲۱/۵۸ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۸۲ |
| متوسط | ۱۶۲۱ | ۳۴/۰۳ | ۴۲/۰۴ | ۱۰/۰۳ | ۱/۲۴ | ۰/۰۱۹ |
| زیاد | ۷۴۰ | ۱۵/۵۴ | ۸/۶۸ | ۳۶/۳۸ | ۲/۳۳ | ۰/۲۸۰ |
| جمع | ۴۷۶۳ | ۱۰۰/۰۰ | ۲۳/۸۶ | ۱۰۰ | =QS | ۰/۵۶۷ |



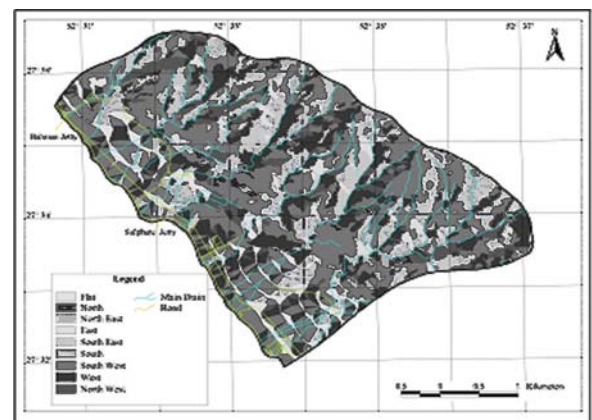
شکل ۲- موقعیت منطقه مورد بررسی

جدول ۵- درصد سطحی گروه‌های مختلف خطر (بر اساس روش (Anbalagan,1992)

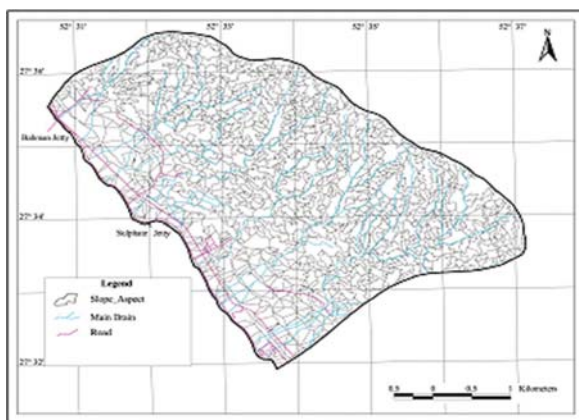
| درجه خطر | مساحت کل (هکتار) A | درصد مساحت A% | مساحت درگیر در لغزشی (هکتار) AL | درصد لغزش (L%) | نسبت تراکم (DR) | (DR-1) ² |
|----------|--------------------|---------------|---------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| خیلی کم | ۸۹۳ | ۱۸/۷۵ | ۰ | ۰/۰۰ | ۰ | ۰/۱۸۷ |
| کم | ۱۴۱۹ | ۲۹/۷۹ | ۴/۶۷ | ۱۹/۵۷ | ۰/۶۶ | ۰/۰۳۲ |
| متوسط | ۸۳۸ | ۱۷/۵۹ | ۴/۴۱ | ۱۸/۴۸ | ۱/۰۵ | ۰/۰۰ |
| زیاد | ۱۶۱۳ | ۳۳/۸۷ | ۱۶/۷۷ | ۶۱/۹۰ | ۱/۸۳ | ۰/۳۳۲ |
| جمع | ۴۷۶۳ | ۱۰۰/۰۰ | ۲۳/۸۵ | ۹۹/۹۶ | =QS | ۰/۴۵۵ |



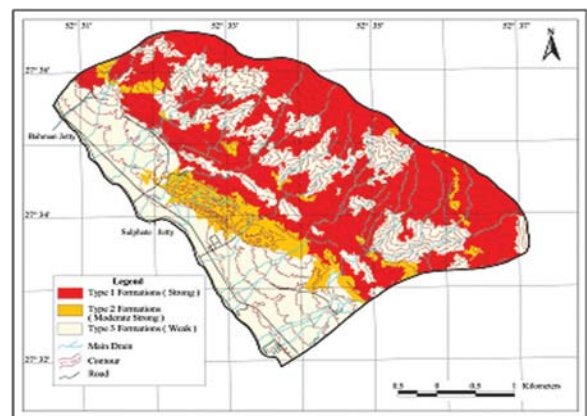
شکل ۳- نقشه شیب منطقه مورد بررسی



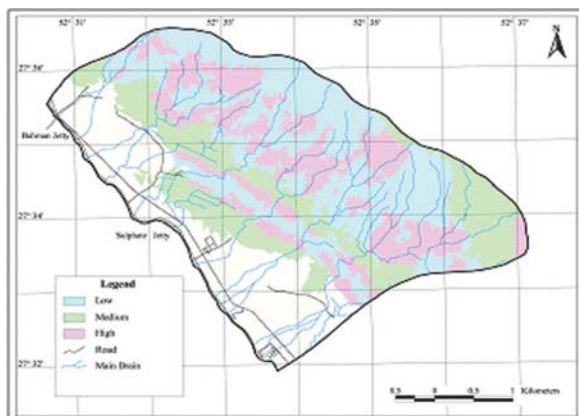
شکل ۴- نقشه جهت شیب منطقه مورد بررسی



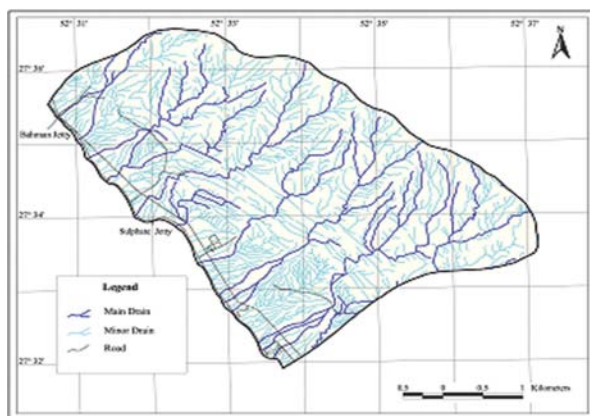
شکل ۵- نقشه واحدهای منطقه مورد بررسی



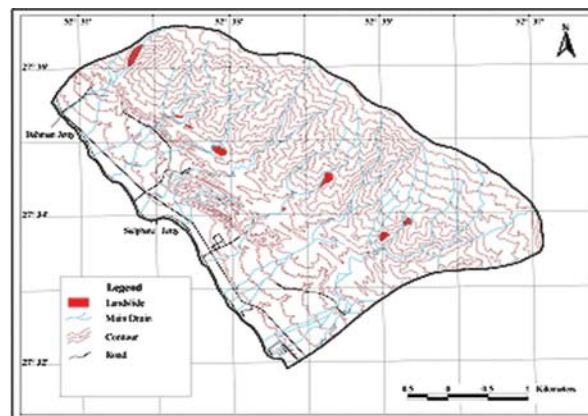
شکل ۶- نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد بررسی از نظر مقاومتی



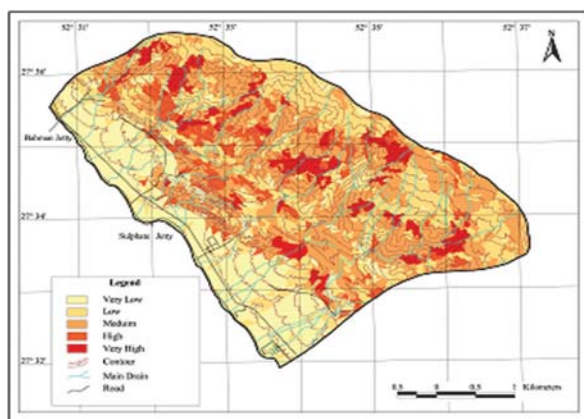
شکل ۷- نقشه میزان هوازدگی سازندهای منطقه



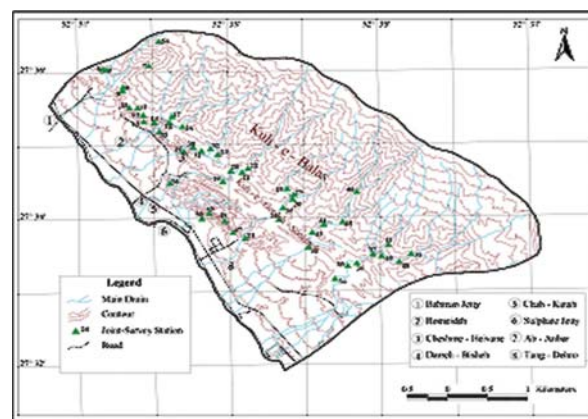
شکل ۹- نقشه آبراه‌های منطقه مورد بررسی



شکل ۸- نقشه موقعیت ایستگاه‌های برداشت ناپوستگی‌ها



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش‌های منطقه مورد بررسی



شکل ۱۰- نقشه فهرست زمین لغزش‌های منطقه

کتابنگاری

ارومیه‌ای، ع. و امینی‌زاده، م. ر.، ۱۳۷۷- ارزیابی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز هلیل‌رود، مجموعه مقالات دومین همایش ملی رانش زمین و راه‌های مقابله با خطرات آن، سندج. حائری، س. م. و سمیعی، الف. ح.، ۱۳۷۶- روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیب‌دار در برابر خطر زمین لغزش با تکیه بر بررسی‌های پهنه‌بندی استان مازندران، فصلنامه علمی و پژوهشی علوم زمین، سال ششم، شماره ۲۴ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی.

حیدری، ح.، ۱۳۷۸- تحلیل عناصر اقلیمی ایران به منظور ارائه یک الگوی طبقه‌بندی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا. مهدویفر، م. ر. و منتظرالقائم، س.، ۱۳۸۲- مطالعات پیش‌سازمان پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در جنوب البرز مرکزی. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، گزارش طرح تحقیقاتی برای کمیته فرعی- تخصصی مقابله با خطرات ناشی از زلزله و لغزش لایه‌های زمین.

میرصانعی، س. ر. و کاردان، ر.، ۱۳۷۸- نگرشی تحلیلی بر ویژگی‌های زمین لغزش‌های کشور، مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت معلم، ص ۲۴۷-۲۵۸.

References

- Abolmasod, B. & Stojkov, K., 1994- The influence of the landslide on urban planning in Belgrade city, Proc. of 7th. International Congress, International Association of Engineering Geology, Lisbon, Portugal, 3: 2161-2168.
- Anbalagan, R., 1992- Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. Engineering Geology, 32: 269-278.
- Carrara, A., Pugliese-Carratelli, E., & Merenda, L., 1977- Computer-based data bank and statistical analysis of slope instability phenomena. Z. Geomorph. N. F., 21(2): 187-222.
- Gee, M. D., 1992- Classification of landslide hazard zonation methods and a test of predictive capability. In: Bell D.H(ed.). Proc. 6th International Symposium on Landslides, Christchurch, New Zealand, 2: 947-952.
- Keefer, D. K., 1993- The susceptibility of rock slope to earthquake-induced failure, Ass. Engg. Geog. Bull., 30: 353-361.
- Mathew, J., Jha, V. K. , & Rawat, G. S., 2007- Weights of evidence modelling for landslide hazard zonation mapping in part of Bhagirathi valley, Uttarakhand, Current Science Online, <http://www.ias.ac.in/cursci/mar102007/628.pdf>
- Neaupane, K.M. & Piantanakulchai, M., 2006- Analytic network process model for landslide hazard zonation, Engineering Geology, 85(3-4): 281-294.
- Turrini, M. C., Semenza, P. & Abu Zeid, N., 1994- Landslide Hazard Zonation of the Alpage Area (Belluno, Northern Italy)", 7th. International Congress, International Association of Engineering Geology, Lisbon, Portugal, Vol.3, pp. 2181-2189.

Modification of Anbalagan Method for Slide Hazard Zonation in Coastal Desert Area

M. Mahdavi^{1*}

¹ International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.

Received: 2008 May 25

Accepted: 2009 January 14

Abstract

A new method is developed using modification of Anbalagan method (1992) for slide hazard zonation in coastal desert area. A region in the south of Iran is studied using the method, and the result is compared with the result of zonation using Anbalagan method. This comparison shows that the use of new method can provide better results for slide hazard zonation in coastal desert area in the middle scales.

Key words: Hazard Zonation, Landslide, Slide, Coastal Desert Area.

For Persian Version see pages 127 to 132

*Corresponding author: M. Mahdavi; E_mail: mahdavi@iiees.ac.ir

Petrogenesis of Chah Salar Granitoidic Pluton (SW of Neishabour)

M. Sadeghian^{1*}, H. Ghasemi¹ & Z. Farsi¹

Received: 2008 February 19

Accepted: 2009 January 26

Abstract

Chah Salar granitoidic pluton is located in the N of Chah-Salar village, SW of Neishabour, in the northern margin of structural Central Iran zone. This pluton intruded in Sabzevar ophiolitic Zone and based on the field observations, petrographical and geochemical classification diagrams, its lithological composition composed of diorite, quartzdiorite, granodiorite and alkali feldspar granite. Alkali feldspar granites as a much fractionated end-members of this rock association are intruded in this pluton in the form of dikes or apophyse shapes. Granitic pegmatites and their associated quartzolites are the most differentiated end-member of this rock association. Their subvolcanic equivalents such as pyroxene-bearing andesite, andesite, trachyandesite and dacite cut this pluton in the forms of dikes or domes. The studied rocks show variety of textures including granular, myrmekitic, graphic, porphyritic, microlitic porphyry and pilotaxitic. Except alkali feldspar granites which are highly fractionated, the other lithological compositions, on the variations diagrams of major, trace and rare earth elements versus SiO₂ or differentiation index show continuous compositional variations. This pluton has calc-alkaline and metaluminous nature and belongs to I-type granitoids. Also tectonic setting discrimination diagrams indicate that the Chah Salar granitoidic pluton belongs to volcanic arc granitoids (VAG) and Continental arc granitoids (CAG). Detailed investigations of field geology, petrography and geochemical characteristics indicate that magma-forming of this pluton is resulted from partial melting of subducted oceanic slab (metabasite) or metasomatized mantle wedge and then evolved by fractional crystallization, magma contamination or magma mixing.

Keywords: Petrogenesis, Granitoidic Pluton, Continental arc Granitoids, Fractional Crystallization, Chah Salar, Neishabour.

For Persian Version see pages 133 to 150

* Corresponding author: M. Sadeghian; E_mail: Sadeghianm1386@yahoo.com

Properties of Young Volcanic Rocks in southeast of Bijar

M. H. Razavi^{1*} & A. Sayyareh²

¹ Department of Geology, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran

² Department of Environmental Geology, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2008 September 02

Accepted: 2009 January 27

Abstract

In the south of Bijar, north east of Sanandaj in the Kordestan Province, and in the Sanandaj-Sirjan structural zone, young volcanic rocks are present. In this area, rocks with Cretaceous, Oligocene, Miocene and Pliocene ages are also observed. Based on field observations, volcanic activities occurred during two main stages. In the first stage, eruption of pyroclastic material made a volcanic cone and a crater. In the next stage, lava erupted. Volcanic rocks are a combination of trachyandesite, andesite, andesite-basalt and basalt. In the magma poor in silica, presence of olivine and analcime and lack of orthopyroxene and pyroxene are the evidence of alkaline type magma series. Petrographical evidences such as the existence of gneiss xenoliths and quartz xenocrysts with reaction rims are the results of