



پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله

مراتبی (مطالعه موردی: حوضه کسمت)

سلمان سوری^{۱*}، سیامک بهاروند^۲، رضا احمیدیان مقدم^۳ و مریم دهبان^۳

۱) کارشناس ارشد، زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، خرم‌آباد، soorisalman@yahoo.com

۲) استادیار، زمین‌شناسی ساختمانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد

۳) دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۱/۳/۱۱؛ دریافت اصلاح شده: ۹۲/۴/۳؛ پذیرش: ۹۲/۴/۸؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۲/۶/۱۵

چکیده

این تحقیق با هدف پهنه‌بندی خطر نسبی ناپایداری دامنه‌ای و وقوع زمین‌لغزش در حوضه کسمت با مساحت ۲۷ کیلومترمربع، در ۵۰ کیلومتری جنوب شرق شهر خرم‌آباد انجام شد. به منظور بررسی پایداری دامنه‌ها در این حوضه، ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی، نقاط مستعد لغزش شناسایی و نقشه پراکنش زمین‌لغزش تهیه گردید. با قطع نقشه‌های عوامل موثر بر لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها، تأثیر هر یک از عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، جاده و آبراهه بر ناپایداری شیب‌ها در محیط نرم افزار GIS (Geographic Information System -) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process, AHP) تعیین گردید. بر اساس نتایج پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش تحلیل سلسله مراتبی، به ترتیب ۰/۰۵، ۱۲/۶۴، ۲۸/۵۶، ۳۱/۳۵ و ۲۷/۴ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: ناپایداری دامنه‌ای، حوضه کسمت، ArcGIS، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، روش تحلیل سلسله مراتبی.

۱- مقدمه

شریان‌های حیاتی مانند راهها، لوله‌های انتقال گاز، آب، خطوط انتقال نیرو، جنگل‌ها و مراتع، زمین‌های کشاورزی و معادن شود. برای ارزیابی و تعیین خطر زمین‌لغزش، مهمترین مرحله، شناسایی و بررسی زمین‌لغزش‌های به وقوع پیوسته و مطالعه عوامل ایجاد کننده آنها می‌باشد (عنایتی‌مقدم و همکاران ۱۳۹۰). با تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، می‌توان مناطق حساس به زمین‌لغزش را شناسایی و در مورد برنامه‌های مورد نظر تصمیم‌گیری نمود. مدل‌های مختلفی برای

حرکت توده‌ای، حرکت حجم عظیمی از توده‌های خاک، سنگ یا مجموع آنها، به طرف پایین شیب، تحت تأثیر نیروی ثقل می‌باشد (مقیم و همکاران ۱۳۸۷). این پدیده از جمله بلایای طبیعی است که همه ساله زیانهای جانی و مالی بسیاری را در کشورهای مختلف بدنبال دارد. این پدیده طبیعی می‌تواند باعث خسارت و تخریب انواع سازه‌های مهندسی و ساخت‌های بشری از جمله مناطق مسکونی،

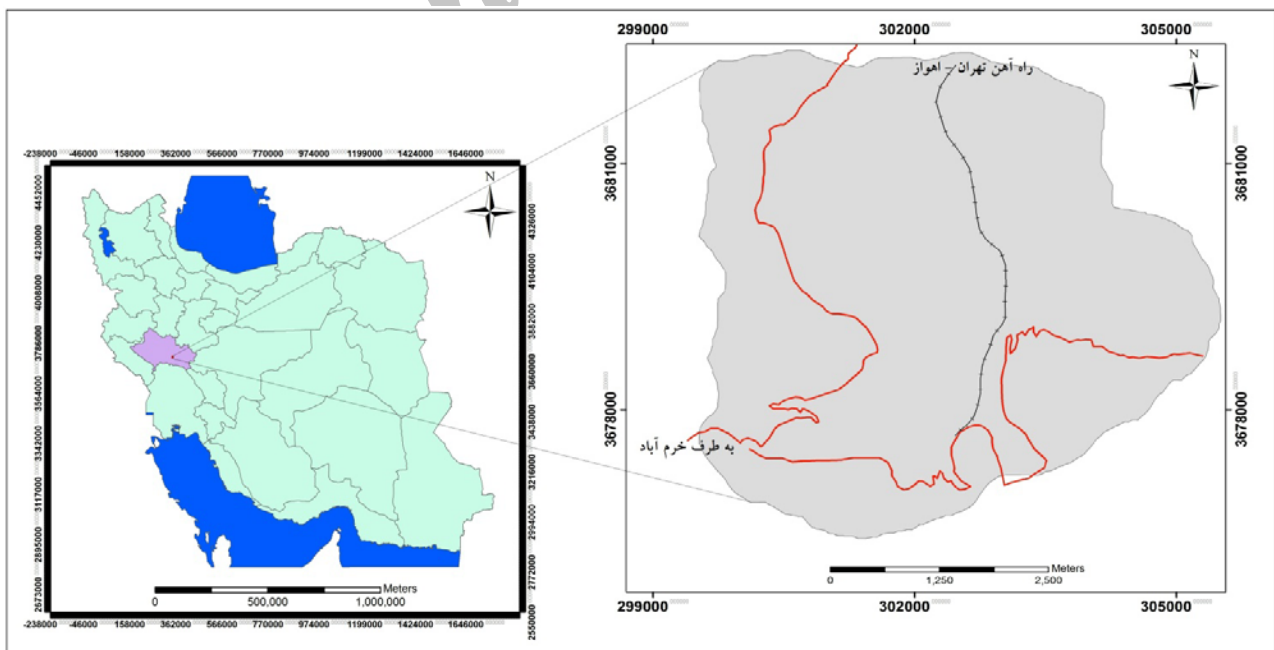
(Pourghasemi et al. 2012). پهنه‌بندی زمین‌لغزش در مرکز اسلونی توسط کوماک (Komac 2006)، تهیه نقشه حساسیت لغزش در غرب دریای سیاه ترکیه توسط ارکانوگلو و همکاران (Ercanoglu et al. 2008)، تهیه نقشه خطر لغزش در ترازون ترکیه توسط یالکین و همکاران (Yalcin et al. 2011)، تهیه نقشه خطر لغزش در مالزی توسط مزوچی و همکاران (Mezughli et al. 2012) و تهیه نقشه خطر لغزش در ترکیه توسط ریز (Reis et al. 2012) اشاره نمود.

۲- ویژگی‌های موضعه

استان لرستان به دلیل خصوصیات متنوع زمین‌شناسی نظیر لیتولوژی، تکتونیک، لرزه‌خیزی و شرایط خاص آب و هوایی، از جمله مناطق دارای پتانسیل لغزش است. قرار گرفتن بر روی کمربند زلزله خیز آلپ - هیمالیا، عبور گسل بزرگ زاگرس، تناوب لایه‌های سخت آهکی و لایه‌های سست ماری-شیلی در یال تاقدیس‌های بزرگ، شرایط ناپایداری را در بخش‌های مختلفی از دامنه‌های طبیعی این استان ایجاد کرده است (فرهادی نژاد و همکاران ۱۳۸۹). حوضه آبریز کسمت با مساحتی در حدود ۲۷ کیلومتر مربع، در ۵۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر خرم‌آباد در استان لرستان واقع شده است (تصویر ۱). بلندترین نقطه ارتفاعی این حوضه حدود ۱۹۱۰ متر و پست‌ترین نقطه حدود ۹۷۰ متر از سطح آزاد دریا ارتفاع دارد. از دیدگاه زمین‌ساختی، محدوده‌ی مورد مطالعه در پهنه زاگرس چین‌خورده قرار دارد.

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش ارائه شده است که کارآیی هر کدام از آنها در مناطق مختلف متفاوت است. در این تحقیق به منظور تهیه نقشه پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در حوضه کسمت، از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی ای‌اچ‌پی (Analytical Hierarchy process, AHP)، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم کرده و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارا می‌باشد. این روش گزینه‌های مختلفی را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارا می‌باشد. روش تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبه را تسهیل نموده و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد (از مزایای این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره است) (Saaty 1977؛ احمدی و همکاران ۱۳۸۴). این روش در سال‌های اخیر کاربرد زیادی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش داشته است که در این زمینه می‌توان به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه چرداول ایلام توسط کریمی و همکاران (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی مخاطرات زمین در حوضه یدک طویل توسط زمانی (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه چلاو آمل توسط امیراحمدی و همکاران (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی زمین‌لغزش در شهرستان اردل توسط رنجبر و روغنی (۱۳۸۸)، تهیه نقشه استعداد لغزش در حوضه هراز توسط پورقاسمی و همکاران



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه کسمت

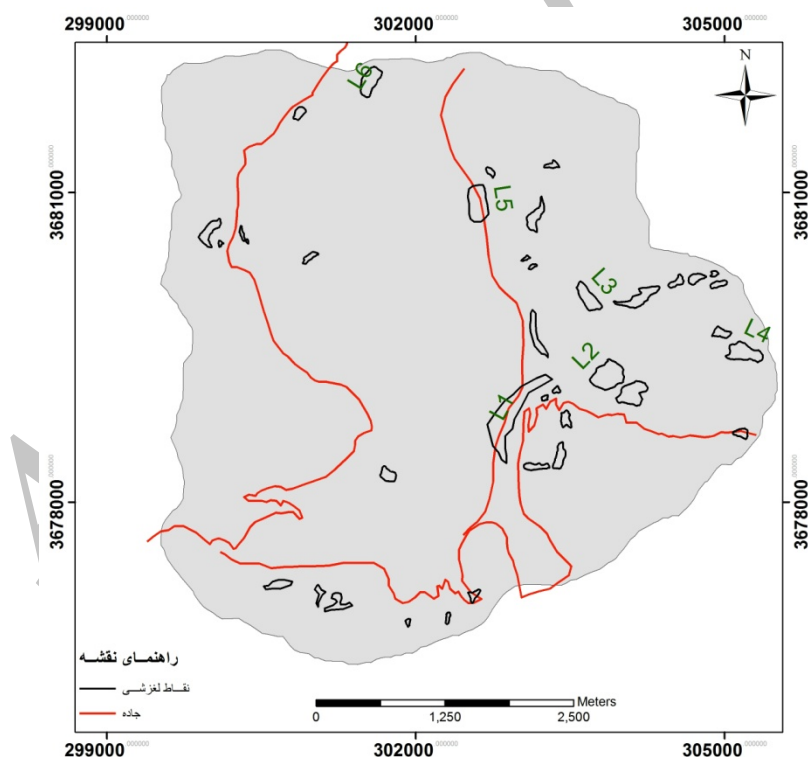
۳- بررسی عوامل موثر بر زمین لغزش‌های موفه کسمت

در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، علاوه بر تهیه نقشه پراکنش لغزش‌های حوضه (تصویر ۲)، ۸ عامل بررسی و نقش آنها بر لغزش‌های منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. در جدول ۱ و تصویر ۲، مهمترین لغزش‌های منطقه ارائه شده‌اند. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه کسمت با ۶ لایه شیب، جهت‌شیب، طبقات ارتفاعی، زمین‌شناسی (لیتولوژی)، فاصله از جاده و رودخانه انجام شد (با توجه

به تأثیر بسیار کم عوامل کاربری اراضی و فاصله از گسل، در پهنه‌بندی نهایی از این عوامل استفاده نشد). پس از تهیه نقشه، برای بررسی ارتباط عوامل تأثیر گذار بر وقوع زمین‌لغزش در حوضه کسمت نقشه هر عامل با نقشه نقاط لغزشی منطقه قطع داده شد. در نهایت، پراکندگی این نقاط نسبت به عوامل موثر بر خطر زمین‌لغزش در محیط نرم افزار Arc GIS مورد بررسی قرار گرفت (تصاویر ۳ تا ۸).

جدول ۱- بررسی مهم‌ترین لغزش‌های حوضه کسمت

ردیف	مساحت (متر مربع)	مهمترین عوامل موثر بر لغزش
L1	۱۳۴۶۲۴/۹۰۹	شیب، رودخانه و جاده
L2	۶۳۶۰۵/۰۲۸	شیب و زمین‌شناسی
L3	۳۲۶۴۴/۳۸۷	زمین‌شناسی، شیب و جهت شیب
L4	۴۲۶۹۳/۲۳۵	شیب و جهت شیب
L5	۵۷۲۰۹/۰۵۸	جاده، رودخانه و ارتفاع
L6	۳۵۸۱۵/۹	شیب و جاده



تصویر ۲- نقشه پراکنش زمین‌لغزش در حوضه کسمت

۳-۱- میزان شیب دامنه

شیب یکی از عوامل اصلی ایجاد زمین‌لغزش در مناطق مختلف می‌باشد. با افزایش زاویه شیب، مقدار مولفه برشی نیرو که در جهت لغزش عمل می‌کند افزایش و در نتیجه ضریب اطمینان دامنه در برابر

گسیختگی کاهش می‌یابد (Hoek & Bray 1981; باقری مهرورز و همکاران ۱۳۸۸). برای تهیه نقشه شیب، از مدل رقومی ارتفاعی که از خطوط تراز نقشه توپوگرافی منطقه در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه - گردیده استفاده شد. نقشه شیب برای منطقه مورد مطالعه در ۴ کلاس

کنترل درجه و نوع فرسایش نقش بسزایی دارد (Ayalew et al. 2005). نقشه طبقات ارتفاعی، از کلاس بندی نقشه یا لایه مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM, digital elevation map) تهیه می‌شود. برای بیان ارتباط بین عامل ارتفاع و زمین‌لغزش‌های رخ داده در منطقه و با توجه به هیستوگرام فراوانی تجمعی، نقشه طبقات ارتفاعی در ۵ کلاس (۱E) ۹۷۰-۱۲۰۰، (۲E) ۱۲۰۰-۱۴۰۰، (۳E) ۱۴۰۰-۱۶۰۰، (۴E) ۱۶۰۰-۱۸۰۰ و بیشتر از ۱۸۰۰ (۵E) متر، تهیه گردید (تصویر ۶).

۳-۵- نقشه فاصله از رودخانه

به منظور تهیه نقشه حریم فاصله از رودخانه (برای تعیین ارتباط میان خطر زمین‌لغزش و حریم فاصله از آبراه‌ها)، ابتدا شبکه رودخانه‌ها بر اساس نقشه توپوگرافی مشخص و در محیط نرم‌افزار GIS رقومی گردید. در ادامه، نقشه به ۵ کلاس با فواصل ۱۰۰-۰ (۱R)، ۲۰۰-۱۰۰ (۲R)، ۳۰۰-۲۰۰ (۳R)، ۴۰۰-۳۰۰ (۴R) و بیشتر از ۴۰۰ متر (۵R) تهیه گردید (تصویر ۷).

۳-۶- فاصله از جاده

جاده سازی غیر اصولی یکی دیگر از عوامل مهم در ایجاد لغزش بشمار می‌آید. به منظور تهیه نقشه فاصله از جاده، شبکه جاده از روی نقشه توپوگرافی استخراج و در محیط نرم‌افزار Arc GIS رقومی گردید. سپس نقشه مورد نظر با فواصل ۱۰۰-۰ (۱R)، ۲۰۰-۱۰۰ (۲R)، ۳۰۰-۲۰۰ (۳R)، ۴۰۰-۳۰۰ (۴R) و بیش از ۴۰۰ متر (۵R) تقسیم شد (تصویر ۸).

۱۵-۰ (۱S)، ۳۰-۱۵ (۲S)، ۴۵-۳۰ (۳S) و بیشتر از ۴۵ (۴S) درجه تهیه گردید (تصویر ۳).

۳-۲- زمین‌شناسی منطقه

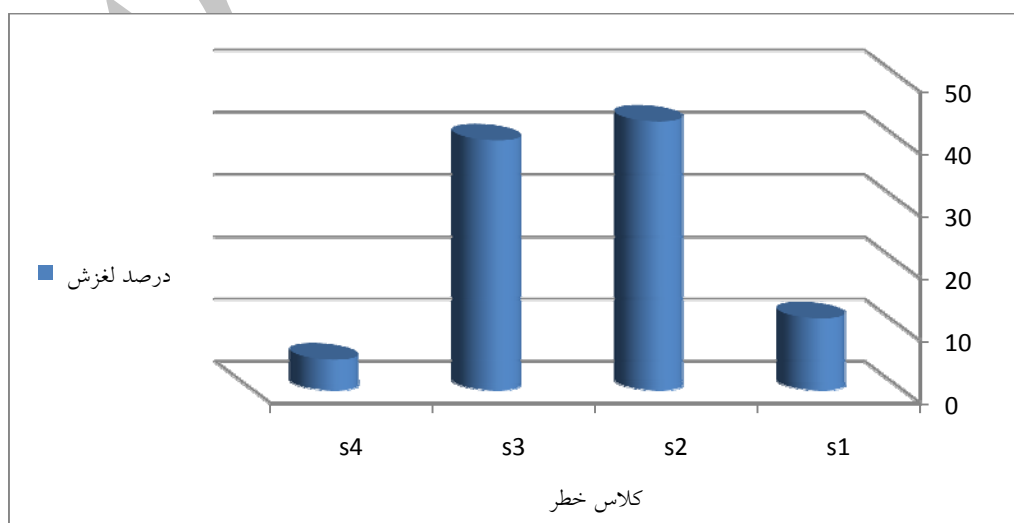
لیتولوژی و زمین‌شناسی منطقه از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در وقوع زمین‌لغزش می‌باشند. لیتولوژی نوع سنگ، درجه هوازدگی، نوع و مقدار ماده پرکننده را در بر می‌گیرد که هر کدام از این عوامل نقش بسزایی را در مکانیسم پایداری شیب‌ها دارند. واحدهای سنگ‌شناسی حوضه کسمت بر اساس جنس و سن به ترتیب از قدیم به جدید شامل سازندهای گروه فارس (گچساران، میشان، آغاچاری) (۱G)، سازندهای پابده و گورپی (۲G) و سازند بختیاری (۳G) می‌باشند (تصویر ۴).

۳-۳- جهت شیب

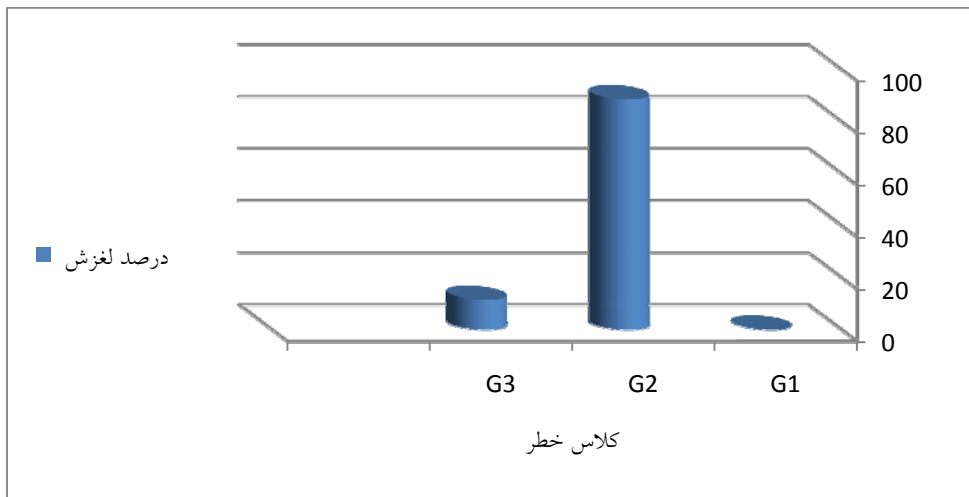
جهت شیب، یکی از عوامل تأثیرگذار در تهیه نقشه حساسیت به خطر زمین‌لغزش می‌باشد. جهت شیب نشان دهنده تأثیر متفاوت نور آفتاب (تشعشعات خورشید)، بادهای گرم و خشک و بارش در جهت‌های مختلف می‌باشد. در این تحقیق به منظور بررسی ارتباط بین جهت شیب و لغزش‌های رخ داده، نقشه جهت شیب به ۴ کلاس ۹۰-۰ (۱A)، ۱۸۰-۹۰ (۲A)، ۲۷۰-۱۸۰ (۳A) و ۳۶۰-۲۷۰ (۴A) طبقه‌بندی گردید (تصویر ۵).

۳-۴- طبقات ارتفاعی

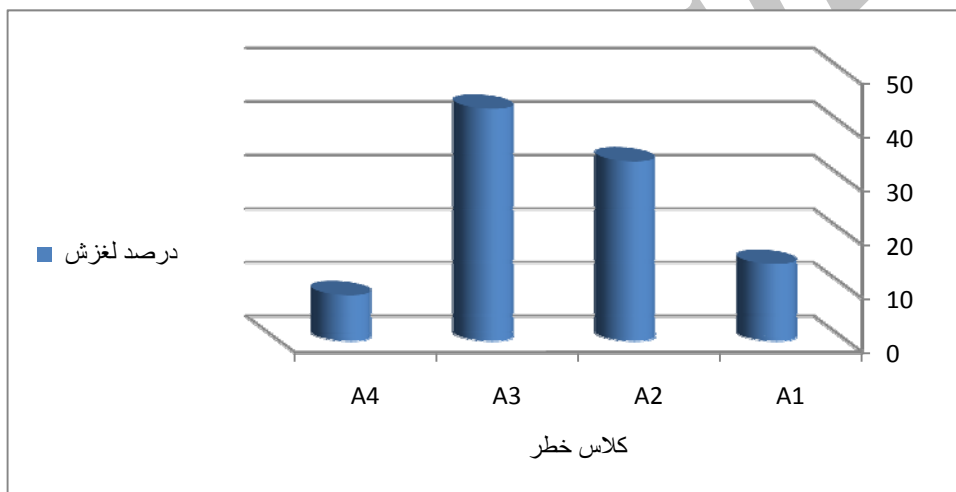
ارتفاع یکی دیگر از عوامل موثر بر خطر زمین‌لغزش می‌باشد، زیرا در



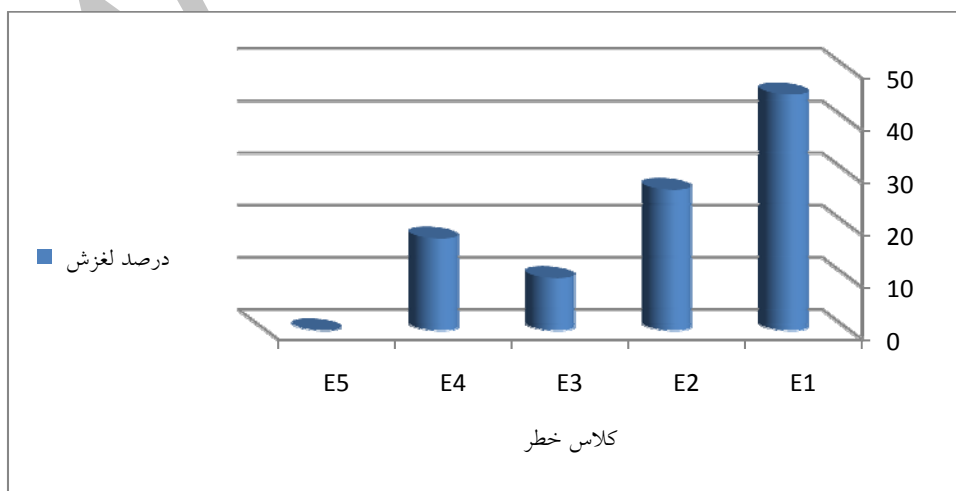
تصویر ۳- هیستوگرام تراکم زمین‌لغزش در طبقات شیب



تصویر ۴- هیستوگرام تراکم زمین‌لغزش در طبقات زمین شناسی



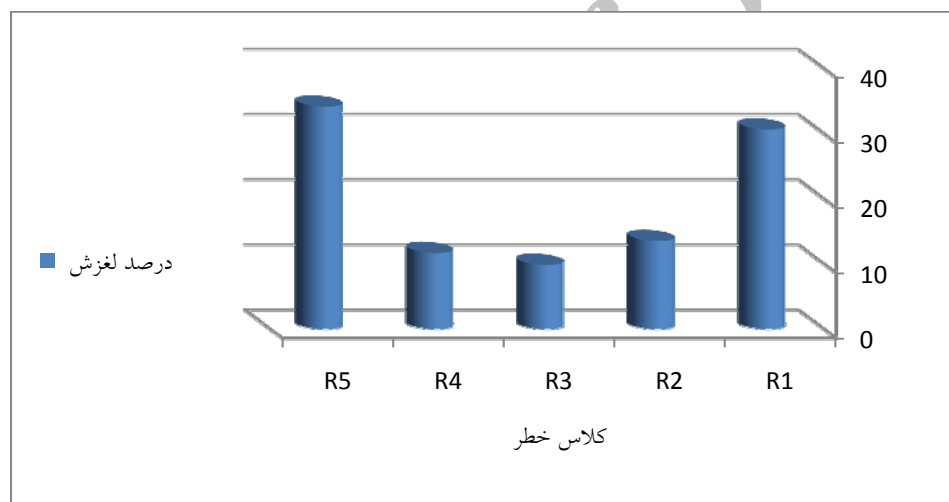
تصویر ۵- هیستوگرام تراکم زمین‌لغزش در طبقات جهت شیب



تصویر ۶- هیستوگرام تراکم زمین‌لغزش در طبقات ارتفاعی



تصویر ۷- هیستوگرام تراکم زمین‌لغزش در طبقات فاصله از رودخانه



تصویر ۸- هیستوگرام تراکم زمین‌لغزش در طبقات فاصله از جاده

۴- روش کار

گرفتن خصوصیات محدوده مطالعاتی، فاکتورهای مناسب تعیین و وزن

دهی می‌شوند.

در تحلیل سلسله مراتبی، ابتدا به منظور اولویت‌بندی عوامل مختلف و تبدیل آنها به مقادیر کمی، از قضاوت‌های شفاهی (نظر کارشناسی) بر مبنای مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود، به طوری که تصمیم گیرنده اولویت یک عامل را نسبت به عوامل دیگر بر اساس جدول ۲ در نظر گرفته و این قضاوت‌ها را به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل می‌نماید (قدسی پور ۱۳۸۷). سپس نتایج این مقایسه‌ها برای محاسبه شاخص ناسازگاری، به نرم افزار Expert Choice وارد می‌شوند. اگر

در این پژوهش، برای اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع لغزش، از روش تحلیل سلسله مراتبی ای‌اچ‌پی (AHP) که یکی از مدل‌های چند معیاره تصمیم گیری است، استفاده شد. تحلیل سلسله مراتبی، یک روش نیمه کیفی در مطالعه زمین لغزش است که شامل یک ماتریس وزن دهی بر مبنای مقایسه‌ی زوجی بین عوامل بوده و میزان مشارکت هر یک از عوامل را در وقوع زمین‌لغزش مشخص می‌کند (Ayalew et al. 2005). از مزایای این روش آن است که با استفاده از تجربه و دانش کارشناسان متخصص در زمینه کاربرد مورد نظر و با در نظر

شاخص محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد، نتایج قابل قبول بوده و در غیر

$$x = \frac{A_i}{A_{i \max}} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، X : وزن نسبی کلاس‌های هر یک از عوامل موثر بر لغزش، A_i : تعداد لغزش در هر کلاس و $A_i \max$: حداکثر تعداد لغزش در کلاس‌های هر عامل می‌باشند.

$$M = \sum a_i x_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، M : ضریب خطر، a_i : وزن به دست آمده برای هر عامل با استفاده از نرم افزار Expert Choice و بر مبنای قضاوت کارشناسی و X_i : وزن نسبی کلاس‌های هر یک از عوامل موثر بر لغزش می‌باشند.

این صورت باید دوباره در وزن‌دهی تجدید نظر شود. پس از به دست آوردن وزن هر یک از عوامل موثر بر لغزش بر اساس قضاوت کارشناسی، برای محاسبه وزن کلاس‌های هر یک از این عوامل، از تراکم سطح دو سوم از لغزش‌ها (یک سوم دیگر لغزش‌ها برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود) در کلاس مورد نظر استفاده می‌شود. وزن کلاس‌های این عوامل بر اساس رابطه (۱) به دست می‌آید. پس از ضرب وزن هر یک از عوامل موثر بر لغزش در وزن کلاس‌های آن عامل، وزن نهایی بر اساس رابطه (۲) برای منطقه مورد مطالعه به دست می‌آید. به کمک رابطه (۲) می‌توان ضریب خطر یا حساسیت منطقه را

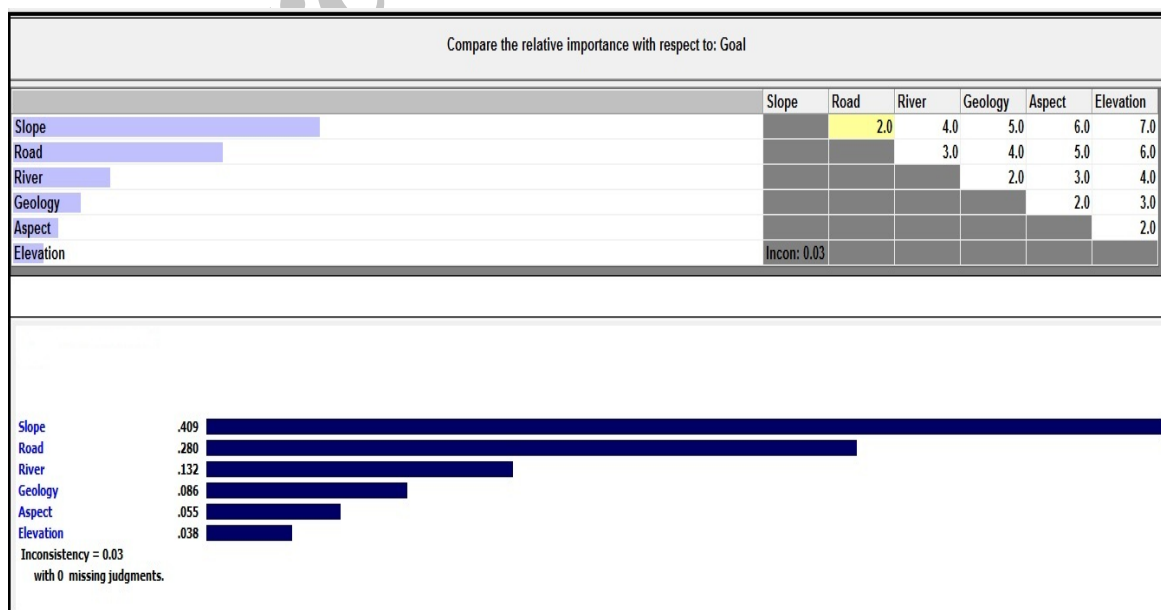
جدول ۲- طبقه‌بندی اولویت مقادیر وزن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسی

مقدار عددی وزن‌ها	توصیف زبانی اولویت طبقات
۹	کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب تر
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب تر یا کمی مهم تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸، ۶، ۴، ۲	اولویت بین فواصل

شدند (تصویر ۹). سپس نتایج این مقایسه‌ها برای محاسبه ضریب ناسازگاری به نرم افزار Expert Choice داده شد. نتایج نشان داد که مقایسه عوامل به درستی صورت گرفته است. عوامل پس از محاسبه وزن توسط نرم‌افزار، اولویت‌بندی شدند (تصویر ۹).

۵- بحث و نتایج

در این تحقیق برای اولویت‌بندی عوامل و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش AHP، بر اساس مقادیری که برای مقایسه این عوامل در جدول ۲ آمده است، کلیه عوامل دو به دو با هم مقایسه



تصویر ۹- اولویت‌بندی عوامل موثر بر خطر زمین‌لغزش در حوضه کسمت بر اساس قضاوت کارشناسی

اولویت نسبی عوامل به ترتیب شامل عامل شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، زمین‌شناسی، جهت شیب و ارتفاع می‌باشد. بعد از محاسبه وزن عوامل موثر بر خطر لغزش در حوضه کسمت، امتیاز یا وزن کلاس‌های هر یک از این عوامل بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید (جدول ۳). در ادامه، برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش در حوضه، با جایگذاری a_1 تا a_6 (وزن به دست آمده هر عامل از

$$M=0.409 x_1+0.280 x_2+0.132 x_3+0.086 x_4+0.055 x_5+0.038 x_6 \quad \text{رابطه (۳)}$$

جدول ۳- امتیاز یا وزن مربوط به هر یک از کلاس‌های عوامل موثر بر خطر زمین‌لغزش در حوضه کسمت

فاصله از جاده		طبقات ارتفاعی		جهت شیب		فاصله از رودخانه		زمین‌شناسی		شیب	
کلاس	وزن	کلاس	وزن	کلاس	وزن	کلاس	وزن	کلاس	وزن	کلاس	وزن
۱R	۱۰۰	۱E	۱۰۰	۱A	۳۸	۱D	۶۰	۱G	۰	۱S	۲۰
۲R	۲۹	۲E	۵۵	۲A	۱۰۰	۲D	۶۱	۲G	۱۰۰	۲S	۱۰۰
۳R	۲۶	۳E	۹	۳A	۸۵	۳D	۱۵	۳G	۱۰	۳S	۹۷
۴R	۱۳	۴E	۵۱	۴A	۸	۴D	۲	-	-	۴S	۱۷
۵R	۶۳	۵E	۰	-	-	۵D	۱۰۰	-	-	-	-

برای ارزیابی نهایی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از این نقاط استفاده کرد.

برای ارزیابی نقشه تهیه شده بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی، از یک سوم نقاط لغزشی که در پهنه‌بندی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند استفاده شد. بدین منظور، با قطع نقشه این نقاط با نقشه خطر زمین‌لغزش، مقدار لغزش‌ها در طبقات مختلف خطر محاسبه (جدول ۴) و در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۴ میزان دقت مدل محاسبه شد.

$$P=\frac{KS}{S}=\frac{252944.96}{252944.96}=1 \quad \text{رابطه (۴)}$$

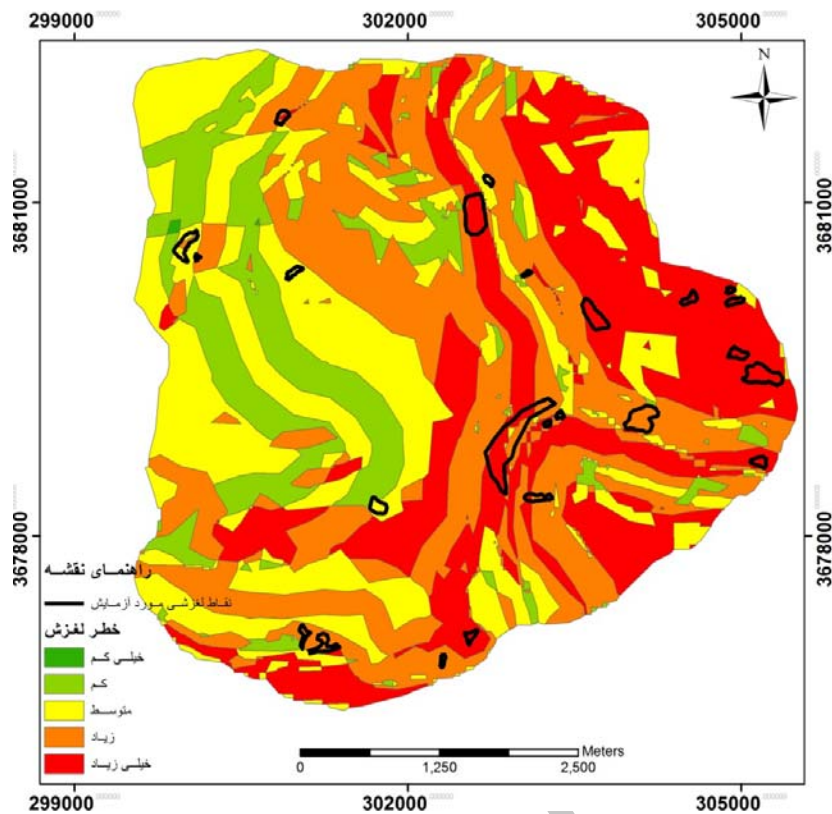
در این رابطه، P : احتمال تجربی، KS : مساحت لغزش یافته در رده‌های خطر متوسط به بالا و S : مساحت کل لغزش‌های منطقه است. هرچه احتمال تجربی مدل مورد استفاده به ۱ نزدیکتر باشد، برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه مناسب‌تر است. این مقدار در نقشه تهیه شده برابر با ۱ محاسبه شده است.

در ادامه، برای تهیه نقشه نهایی خطر زمین‌لغزش حوضه در محیط نرم افزار Arc GIS Desktop، نقشه‌های رستری (Raster calculator) با یکدیگر جمع شدند. بر اساس رابطه ۳ نیز تمام لایه‌ها را با یکدیگر جمع نموده که خروجی نهایی، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه می‌باشد (تصویر ۱۰).

به منظور پهنه‌بندی نقشه خطر زمین‌لغزش، نقشه خروجی به ۵ کلاس با امتیازات ۰-۲۰، (کلاس با خطر خیلی کم)، ۲۰-۴۰، (کلاس با خطر کم)، ۴۰-۶۰، (کلاس با خطر متوسط)، ۶۰-۸۰، (کلاس با خطر زیاد) و ۸۰-۱۰۰ (کلاس با خطر خیلی زیاد) طبقه‌بندی گردید. بر اساس نتایج، به ترتیب ۰/۰۵، ۱۲/۶۴، ۲۸/۵۶، ۳۱/۳۵ و ۲۷/۴ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

۴- ارزیابی مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی

با توجه به اینکه در این تحقیق از دو سوم نقاط لغزشی برای تعیین وزن کلاس‌های هر یک از عوامل موثر بر لغزش استفاده شد، نمی‌توان



تصویر ۱۰- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه کسمت

جدول ۴- درصد لغزش در هر یک از کلاس‌های خطر نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه کسمت

کلاس خطر	درصد لغزش در هر کلاس
خیلی کم	۰
کم	۰
متوسط	۱۲/۸۲
زیاد	۵۸/۹۷
خیلی زیاد	۲۸/۲۱

۷- نتیجه‌گیری

لغزش، مناطق مختلف حوضه کسمت از لحاظ میزان ریسک خطرپذیری به پنج پهنه خطر خیلی کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد تقسیم شدند. نتایج نشان داد که ۰/۰۵، ۱۲/۶۴، ۲۸/۵۶، ۳۱/۳۵ و ۲۷/۴ درصد از مساحت منطقه به ترتیب در کلاس‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. لذا با توجه به وسعت زیاد مناطق با خطر لغزش بالا، پیشنهاد می‌شود هرگونه فعالیت عمرانی در این حوضه با بررسی‌های لازم صورت گیرد.

عوامل متعددی می‌توانند در وقوع زمین لغزش نقش داشته باشند. در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه، ۶ عامل مورد بررسی قرار گرفت. پس از تهیه نقشه، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، عوامل موثر بر زمین لغزش اولویت بندی شدند. بر اساس نتایج به دست آمده به ترتیب اولویت شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، زمین‌شناسی، جهت شیب و ارتفاع بیشترین تأثیر را بر لغزش‌های حوضه دارا می‌باشند. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین

مراجع

- Komac, M., 2006, "A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia", *Geomorphology*, Vol. 74 (1-4): 17-28.
- Mezoghi, T. H., Akhir, J. M., Rafek, A. G. & Abdullah, I., 2012, "Analytical hierarchy process method for mapping landslide susceptibility to an area along the E-W highway (Gerik-Jeli), Malaysia", *Asian Journal of Earth Sciences*, Vol. 5: 13-24.
- Pourghasemi, H.R., Pradhan, B. & C., Gokceoglu, 2012, "Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran", *Natural Hazards*, Vol. 63 (2): 965-996.
- Reis, S., Yalcin, A., Atasoy, M., Nisanci, R., Bayrak, T., Erduran, M., Sancar, C. & Ekercin, S., 2012, "Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey)", *Environmental Earth Sciences*, Vol. 66 (7): 2063-2073.
- Saaty, T., 1977, "A scaling method for priorities in hierarchical structures", *Journal of Mathematical Psychology*, Vol 15(3): 234-281.
- Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A.C. & Yomralioglu, T., 2011, "A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey", *Catena*, Vol. 85 (3): 274-287.
- احمدی، ح.، محمدخان، ش.، فیض نیا، س. و ج.، قدوسی، ۱۳۸۴، "ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)، مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان"، *مجله منابع طبیعی ایران*، جلد ۵۸ (۲): ۱۴-۳.
- امیراحمدی، ا.، کامرانی دلیر، ح. و م.، صادقی، ۱۳۸۹، "پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چلاو آمل)"، *فصلنامه جغرافیا*، سال ۸ (۲۷): ۲۰۳-۱۸۱.
- باقری مهرورز، ا.، ارومیه‌ای ع. و م.ر.، نیکودل، ۱۳۸۸، "پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در تاقدیس کنگان به روش آنبالاگان"، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان*، سال ۵ (۳): ۲۱۲-۲۰۶.
- رنجبر، م. و پ.، روغنی، ۱۳۸۸، "پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شهرستان اردل با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، *فصلنامه جغرافیای چشم انداز زاگرس*، سال ۱ (۲): ۳۰-۲۱.
- زمانی، ص.، ۱۳۹۰، "تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطرات زمین با تاکید بر زمین لغزش در حوضه بیدک طویل (شرق قوچان)"، *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد*، ۱۲۶ ص.
- عنایتی مقدم، ع.، قاضی فرد، ا.، صفایی، ه. و ک.، شیرانی، ۱۳۹۰، "ارزیابی عوامل و ارائه‌ی راهکار جهت تثبیت زمین‌لغزش در منطقه پادانای سمیرم"، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان*، سال ۷ (۱): ۵۲-۴۱.
- فرهادی نژاد، ط.، شریعت جعفری، م.، سوری، س. و ویسکرمی، ا.، ۱۳۸۹، "ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی خطر زمین لغزش در زیر حوضه سرخاب از واحدهای هیدروولوژیکی سد دز"، *مجله انجمن زمین‌شناسی ایران*، (۳): ۳۲-۲۳.
- قدسی پور، س.ح.، ۱۳۸۷، "فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، *انتشارات دانشگاه امیرکبیر*، ۲۲۰ ص.
- کریمی، ح.، نادری، ف.، مرشدی، ا. و م.، نیک سرشت، ۱۳۹۰، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز چرداول ایلام با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان*، سال ۷ (۴): ۳۳۲-۳۱۹.
- مقیمی، ا.، علوی پناه، س.ک. و ت.، جعفری، ۱۳۸۷، "ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ"، *نشریه پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۴: ۷۵-۵۳.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H. & Kanno, T., 2005, "Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications", *Engineering Geology*, Vol. 81 (4): 432-445.
- Ercanoglu, M., Kasmer, O. & Temiz, N., 2008, "Adaptation and comparison of expert opinion to analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping", *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 67 (4): 565-578.
- Hoek, E. & Bray, J. W., 1981, "Rock slope engineering", *Institution of Mining and Metallurgy, London*, 358 pp.