Archive of SID

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۰، سال ۵، پاییز ۱۳۹۸، صص ۱۴۰-۱۲۱
Hydrogeomorphology,Vol.5, No.20, Fall 2019, pp (121-140)

شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در حوضه‌ی سرپل‌ذهاب

میر اسدالله حجازی*[1] زهرا زنگنه تبار[2]، زهرا زمانی[3]

۱- دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۱۳

چکیده

زمین لغزش‌ها به عنوان یکی از مخاطرات ژئومورفولوژی محسوب می‌شوند که می‌توانند با خسارات زیادی همراه باشند. این مخاطره همزمان با دست‌کاری انسان درسیستم‌های طبیعی در دهه‌های اخیر شتاب فزاینده‌ای داشته است. اهمیت زمین لغزش‌ها سبب شده است تا در این تحقیق به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در حوضه‌ی سرپل‌ذهاب پرداخته شود. در این تحقیق به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از سه مدل منطق فازی، OWA و WLC برای پهنه‌بندی و همچنین از مدل تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به لایه‌ها استفاده شده است. روش کار به این صورت است که ابتدا لایه‌های اطلاعاتی تهیه و بر اساس نظر کارشناسان و با استفاده از مدل AHP وزن‌دهی شده است و سپس وزن بدست آمده بر روی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده است و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از سه روش منطق فازی، OWA و WLC با هم تلفیق شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که به دلیل به وجود مناطق پرشیب و همچنین فراهم بودن سایر پارامترها، حوضه‌ی مورد مطالعه دارای پتانسیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای بخصوص لغزش است و همین امر سبب شده است تا بخش عمده‌ای از مناطق شرقی حوضه در طبقه با پتانسیل زیاد و خیلی زیاد وقوع زمین لغزش قرار گیرد. مقایسه‌ی روش‌های پتانسیل‌سنجی بیانگر این است که در هر سه روش مناطق شرقی دارای بالاترین و مناطق غربی دارای کم‌ترین پتانسیل جهت وقوع زمین لغزش هستند.

کلمات کلیدی: سرپل‌ذهاب، زمین لغزش، منطق فازی، OWA و WLC.

* (نویسنده‌ی مسئول) E-mail:s_hejazi@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

زمین لغزش‌ها به عنوان یکی از فرایندهای دامنه‌ای محسوب می‌شوند که نتیجه فرآیندهای مکانی ـ زمانی به هم پیوسته شامل فرایندهای هیدرولوژیک (بارش، تبخیر و آب‌های زیرزمینی)، وزن پوشش گیاهی، مقاومت ریشه، وضعیت خاک، سنگ مادر، توپوگرافی وفعالیت‌های انسانی هستند (ویو[1]، ۱۹۹۵). عوامل متعددی مانند شرایط زمین‌شناسی، شرایط آب‌شناختی، وضعیت پستی و بلندی، ریخت‌شناسی، آب و هوا و هوازدگی بر پایداری یک دامنه تأثیر گذاشته و می‌توانند باعث ایجاد لغزش شوند (گارفی و برونو[2]، ۲۰۰۷). حرکات لغزشی، از مهم‌ترین و گسترده‌ترین مخاطرات مناطق کوهستانی است که حیطه‌ی فعالیت آن‌ها از تپه‌های ملایم تا کوهستان‌های شیب‌دار است (گروبر و همکاران[3]، ۲۰۰۹). این حرکات در زمره‌ی پر خسارات‌ترین آن‌ها هستند که همزمان با دست‌کاری بشر در سیستم‌های طبیعی در دهه‌های اخیر شتاب فزاینده‌ای یافته است (امامی و غیومیان، ۱۳۸۲). به‌گونه‌ای که از آن به‌عنوان یکی از فرایندهای ژئومورفیک عمده در چشم‌انداز مناطق کوهستانی یاد می‌شود (هاتانجی و موریواکی[4]، ۲۰۰۹). زمین‌لغزش‌ها در ایران از مهمترین بلایای طبیعی بوده که هر ساله نقش تخریب مراتع، فرسایش و غیره داشته‌اند و همچنین خسارت‌ها و مشکلاتی مانند افزایش هزینه احداث جاده، افزایش هزینه نگهداری و تعمیرات، اختلال در ترابری و بالا بردن خسارات به ماشین‌های مورد استفاده و... را برای راه‌ها به‌وجود می‌آورد (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶)؛ از آنجایی‌که پیش‌بینی زمان دقیق حرکات توده‌ای کار بسیار مشکلی است از این‌رو شناسایی این مناطق بسیار حائز اهمیت است (مصفایی و همکاران، ۱۳۸۸). بر همین اساس در تحقیق حاضر سعی بر آن شده است تا مناطق مستعد زمین لغزش در حوضه‌ی سرپل ذهاب شناسایی شود. محدوده‌ی مورد مطالعه در یک منطقه‌ی کوهستانی قرار دارد و از کانون‌های

1- Wu
2- Garfi & Bruno
3- Gruber
4- Hattanji & Moriwaki

www.SID.ir

Archive of SID

زلزله محسوب می‌شود به همین دلیل می‌توان گفت که منطقه ناآرام محسوب می‌شود و در معرض انواع مخاطرات طبیعی بخصوص زمین لغزش قرار دارد. در تحقیق حاضر، به منظور شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش در محدوده‌ی مطالعاتی با استفاده از سه مدل منطق فازی، OWA و WLC برای پهنه‌بنـدی و همچنین از مدل تـحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به لایه‌ها استفاده شده است.

در مورد حرکات دامنه‌ای بخصوص لغزش‌ها مطالعات زیادی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است. از جمله تحقیقات داخلی می‌توان به یمانی و همکارن (۱۳۹۲) اشاره کرد که به تعیین پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در مسیر آزادراه خرم‌آباد-پل زال پرداختند. در این تحقیق از روش منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که ضمن اینکه این مدل کارایی مناسبی جهت تشخیص مناطق مستعد لغزش دارد، در کنار عامل شیب و سنگ‌شناسی به‌عنوان عوامل اصلی رخداد لغزش، احداث جاده وقوع لغزش‌ها را تشدید نموده است. همچنین اصغری کلجاهی و همکاران (۱۳۹۵) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه غرب شهرستان خوی پرداختند. در این تحقیق از روش آنبالاگان استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که حدود ۵/۶ درصد از منطقه در پهنه با خطر بسیار بالا و ۲۳ درصد از منطقه در پهنه با خطر بالا قرار دارد. عرب عامری و همکاران (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی استعداد اراضی نسبت به‌وقوع زمین‌لغزش در حوضه‌ی سرخون کارون پرداختند. در این تحقیق از روش‌های دمپسترشیفر نسبت فراوانی استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که اصلی‌ترین عوامل در بروز زمین‌لغزش‌های این منطقه بر اساس مشاهدات میدانی و نظرات کارشناسی شامل لیتولوژی، فاصـله از جاده و ارتفاع به ترتیب با کسب امتیازات (۱۸۱/.، ۱۶۳/. و ۱۴۵/.) می‌باشند. حسنی و همکاران (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در جاده‌ی کن - سولقان پرداختند. در این تحقیق با استفاده از سیستم منطق فازی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است

www.SID.ir

Archive of SID

که در میان عملگرهای اعمال شده در این پژوهش مشاهده عملگر اشتراک فازی در میان سایر عملگرهای فازی استفاده شده در این پژوهش مناسب‌تر بوده است.

در زمینه‌ی تحقیقات خارجی نیز لی[1] (۲۰۰۷) با استفاده از منطق فازی به بررسی مناطق مستعد زمین‌لغزش در منطقه‌ی گانجنانگ کره پرداخته‌است. در این پژوهش ابتدا از روش FR به‌منظور ارزیابی زمین‌لغزش در منطقه استفاده و سپس با استفاده ترکیب عملگرهای عضویت فازی و روش نسبت فراوانی، مناطق مستعد زمین‌لغزش تعیین شده است. پس از تطبیق نقشه‌ی تولید شده با نقشه‌ی پراکنش زمین‌لغزش‌ها به‌همراه بازدید میدانی، عملگرگامای ۹/. به‌عنوان بهترین عملگر بادرجه اطمینان ۸۴ درصد معرفی شده است. همچنین وانگ و همکاران[2] (۲۰۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش وزن‌دهی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه‌ی ساحل جنوبی چین پرداختند و در نهایت پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی و تلفیق لایه‌ها بر مبنای وزن به‌دست‌آمده نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه را تهیه کرده‌اند. تازیک و همکاران[3] (۲۰۱۴)، به ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی، نسبت فرکانس و تحلیل سلسله‌مراتبی در حوضه‌ی دوزین پرداختند. نتایج نشان داد که ترکیب سه مدل ذکر شده در حساسیت زمین‌لغزش منطقه‌ی مورد مطالعه یک روش نسبتاً خوب می‌باشد و با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی حدود۵۱ درصد از زمین‌لغزش مربوط به مناطق حساسیت بالا و بسیار بالا است. دلاسرنا و همکاران[4] (۲۰۱۶) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و تکنیک GIS در مناطق کوچک مقیاس معدن سوریگائوری شمالی، فیلیپین پرداختند. در این مطالعه چندلایه از عوامل لغزش یعنی شیب، تراکم زهکشی، هوازدگی، سنگ‌شناسی، پایداری زمین، نوع خاک و پوشش گیاهی در نظر گرفته شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که دو معیار شیب و جابجایی عمودی عامل اصلی در لغزش‌های منطقه است.

1- Lee
2- Wang et al.,
3- Tazik et al.,
4- delaCerna et al.,

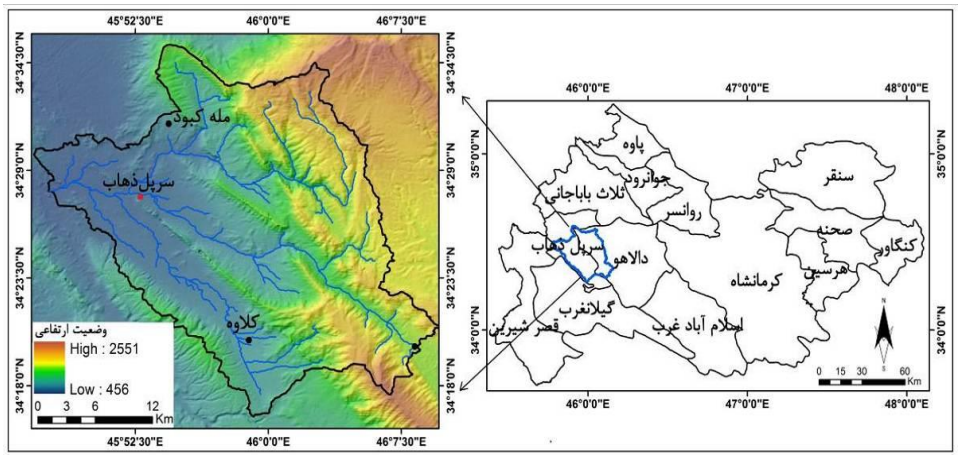
www.SID.ir

Archive of SID

۲- مواد و روش

- محدوده‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مطالعاتی تحقیق حاضر شامل حوضه سرپل ذهاب می‌باشد. حوضه‌ی مورد نظر از نظر تقسیمات سیاسی در غرب استان کرمانشاه و بین دو شهرستان سرپل ذهاب و دالاهو قرار دارد (شکل ۱). حوضه‌ی مورد مطالعه زیرحوضه الوند محسوب می‌شود که از ارتفاعات غربی شهرستان دالاهو سرچشمه می‌گیرد و با عبور از شهر سرپل ذهاب وارد رودخانه‌ی اصلی حوضه‌ی الوند می‌شود.



شکل (۱) نقشه‌ی موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig (1) Location map of the study area

هدف از تحقیق حاضر پتانسیل‌سنجی مناطق مستعد لغزش در حوضه‌ی سرپل ذهاب است. با توجه به هدف از تحقیق از ۸ معیار فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، نوع لیتولوژی، نوع کاربری اراضی، ارتفاع، شیب و جهت شیب استفاده شده است که بنابر نظر کارشناسان و با توجه به ویژگی‌های منطقه انتخاب شده است. روش کار به این صورت است که پس از تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی در محیط ARCGIS، لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار IDRISI شده است و کار پهنه‌بندی در این نرم‌افزار صورت گرفته است. پس از

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه و وارد کردن اطلاعات، لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق فازی استاندارسازی شده‌اند و بعد از طریق مدل AHP لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دهی شده‌اند و سپس با استفاده از سه روش منطق فازی، OWA و WLC باهم تلفیق شده‌اند. در ادامه روش‌های پهنه‌بندی مورد استفاده در تحقیق حاضر تشریح شده است:

با توجه به اینکه یکی از اهداف تحقیق صحت سنجی و مقایسه‌ی نتایج بدست آمده است از سه روش برای پهنه بندی استفاده شده است. ابتدا وزن بدست آمده با استفاده از مدل AHP (بر اساس نظر کارشناسان) بر روی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده است. سپس لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل منطق فازی باهم تلفیق و ترکیب شده‌اند. منطق فازی را اولین بار لطفی‌زاده در رساله‌ای به نام الگوریتم‌های فازی معرفی کرد. در نظریه‌ی کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموع هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک پیروی می‌کند. ولی تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را گسترش می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به‌این‌ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد (کاسکو[1]، ۱۹۹۲). مدل منطق فازی دارای عملگرهای مختلفی است که پس از مقایسه‌ی عملگرهای مختلف در نهایت از عملگر گامای ۹/. به دلیل تطابق بیش‌تر با واقعیت زمین استفاده شده است. پس از استفاده از روش منطق فازی، از روش روش ترکیب خطی وزنی (WLC) استفاده شده است که یکی از رایج‌ترین تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره محسوب می‌شود که روش وزن‌دهی جمع‌پذیر یا و روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود (رسولی و همکاران، ۱۳۹۱). آخرین روشی که به منظور پهنه‌بندی و در نهایت پتانسیل‌سنجی مناطق مستعد لغزش زمین‌لغزش استفاده شده روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترکیبی (OWA) است. در روش OWA می‌توان دامنه‌ی وسیعی از نتایج را به‌دست آورد، به طوری که این روش منجر به درجه‌بندی پیوسته سناریوهای بین عملگر اشتراک (خطر ناسازگاری ریسک‌ناپذیری) و عملگر اجتماع (ریسک

1- Kosko

www.SID.ir

Archive of SID

پذیری) می‌شود که عملگر اشتراک (AND) ریسک پایین را نشان می‌دهد و عملگر اجتماع (OR) ریسک بالا را در تصمیم‌گیری نشان می‌دهد (رهنما و همکاران، ۱۳۹۱).

۳- بحث و نتایج

با توجه به اهدافی که در تحقیق حاضر مد نظر است، معیارهای مورد نظر تعریف شده است. معیارهای مذکور شامل معیارهای زمین‌شناسی (لیتولوژی و گسل)، معیارهای ژئومورفولوژیکی (ارتفاع، شیب، جهت شیب و رودخانه) و معیارهای انسانی (کاربری اراضی و راه ارتباطی) می‌باشد. در ادامه به تشریح هر کدام از این معیارهای پرداخته شده است.

- معیارهای زمین‌شناسی

معیارهای زمین‌شناسی تحقیق حاضر شامل نوع لیتولوژی و فاصله از خطوط گسلی است. نوع لیتولوژی تأثیر مستقیمی در وقوع لغزش دارد، مناطقی که از سنگ‌های رسوبی تشکیل شده است میزان لغزش بیش‌تری نسبت به مناطقی که از سنگ‌های آذرین تشکیل شده است دارد. بنابراین با توجه به میزان لغزش‌پذیری نوع سازند حوضه‌ی مورد مطالعه ارزش-گذاری شده است و سازندهایی که لغزش‌پذیری بیش‌تری دارند ارزش نزدیک به ۱ و همچنین مناطقی که مقاومت بیش‌تری در برابر لغزش دارند ارزش نزدیک به صفر دارند. همچنین با توجه به تأثیرگذاری خطوط گسلی در ناپایداری دامنه‌ها، خطوط گسلی به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در نظر گرفته شده است. لایه خطوط گسلی نیز با توجه به میزان تأثیرگذاری که بر وقوع لغزش دارد ارزش‌گذاری شده است به طوری که مناطق نزدیک به خطوط گسلی ارزش نزدیک به ۱ و مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر دارند.

- معیارهای ژئومورفولوژیکی

حوضه‌ی مورد مطالعه در بین ارتفاع ۲۵۵۱ تا ۴۵۶ متری از سطح دریا قرار دارد. اختلاف ارتفاع زیاد سبب اختلاف دما بین مناطق غربی و شرقی حوضه شده است به طوری که ارتفاعات شرقی دارای میانگین دمای کم‌تر، بارش و یخبندان بیش‌تری نسبت به مناطق

www.SID.ir

Archive of SID

غربی است که همه این موارد تأثیر مستقیمی بر میزان لغزش‌پذیری حوضه دارد و با توجه به این تأثیرگذاری، لایه‌ی وضعیت ارتفاعی حوضه ارزش‌گذاری شده است که مناطق مرتفع ارزش نزدیک به ۱ و مناطق کم ارتفاع‌تر ارزش نزدیک به صفر دارند. از نظر وضعیت شیب نیز، مناطق شرقی شیب بیش‌تری نسبت به مناطق غربی دارد و بخش عمده‌ای از مناطق پر شیب در مناطق شرقی واقع شده است. شیب از عوامل بسیار مهم در وقوع زمین لغزش‌ها بوده است که در صورت مهیا بودن سایر شرایط، توده لغزشی در اثر نیروی ثقل به‌طرف پایین دامنه حرکت خواهد کرد بنابراین در ارزش‌گذاری لایه شیب، به مناطق پرشیب ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم شیب ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین با توجه به اینکه دامنه‌های شمالی انرژی کم‌تری از دامنه‌های جنوبی دریافت می‌کنند، میزان رطوبت در این دامنــه‌ها بیش‌تر از سایر دامنــه‌ها است و با توجه به اینکه وجود رطوبت می‌تواند تشدیدکننده‌ی لغزش باشد، جهات شیب نیز به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در نظر گرفته شده است و مناطق شمالی ارزش بیش‌تری نسبت به مناطق جنوبی حوضه دارد. آخرین پارامتر ژئومورفولوژیکی رودخانه است. رودخانه‌ها نقش مهمی در برش پای شیب دارند و مانند جاده‌های ارتباطی در ناپایداری شیب دامنه تأثیرگذار هستند و مناطق نزدیک به آبراهه‌ها داری پتانسیل بالاتری جهت حرکات دامنه‌ای هستند و بر این اساس مناطق نزدیک به رودخانه ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

- معیارهای انسانی

یکی از عوامل تأثیرگذار بر حرکات دامنه‌ای بخصوص لغزش‌ها، دخالت عوامل انسانی از جمله راه سازی است. راه‌های ارتباطی در ایجاد و توسعه‌ی حرکات دامنه‌ای نقش مهمی دارند و حرکات دامنه‌ای یکی از مشکلات و چالش‌های پیش‌روی فعالیت‌های عمرانی در مناطق کوهستانی است (رجایی، ۱۳۸۲). تأثیر راه‌های ارتباطی به‌خصوص در مناطقی که دارای لیتولوژی سستی هستند بسیار تأثیرگذار است. معیار انسانی دیگر نوع کاربری اراضی است. کاربری اراضی می‌تواند در تشدید و یا کاهش حرکات دامنه‌ای مؤثر باشد به‌طوری‌که

www.SID.ir

Archive of SID

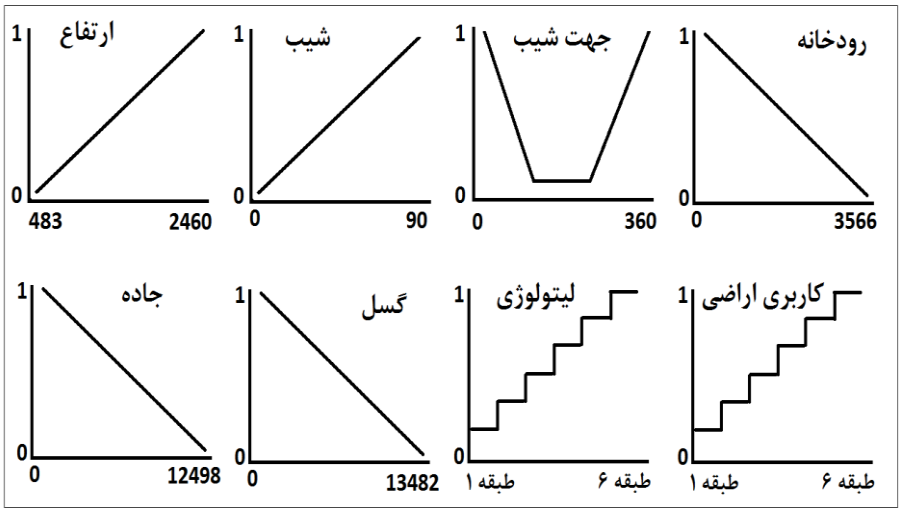
مناطقی که دارای پوشش‌گیاهی متراکم باشند میزان لغزش، کم‌تر از مناطق بدون پوشش خواهد بـود. همچنین ممکن است بعضی از کاربـری‌های غیراصولی خـصوصاً در منـاطق پرشیب سبب تشدید حرکات دامنه‌ای شود. مطابق موارد مذکور در ارزش‌گذاری معیارهای انسانی مناطق نزدیک به راه ارتباطی و مناطق داری پوشش کم ارزش نزدیک به ۱ دارند.

- استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی

پس از تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی به منظور ارزش‌گذاری و استفاده از آن‌ها در مدل‌ها، این لایه‌ها استانداردسازی شده‌اند. استانداردسازی برحسب اهداف مورد نظر و ویژگی‌های منطقه صورت گرفته است و به هر لایه ارزشی بین صفر تا ۱ داده شده است. برای لایه‌های اطلاعاتی فاصله از رودخانه، جاده و گسل با توجه به اینکه با افزایش فاصله از آن‌ها احتمال وقوع زمین لغزش کم‌تر خواهد بود، به مناطق نزدیک ارزش ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه ارتفاع و شیب، به مناطق پرشیب و مرتفع ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم شیب و کم ارتفاع ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه جهت شیب، به جهات شمالی ارزش نزدیک به ۱ و به جهات جنوبی ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین برای لایه‌های لیتولوژی و کاربری اراضی از نظرات کارشناسان مربوطه استفاده شده و به طبقاتی که در آن‌ها احتمال وقوع لغزش است ارزش نزدیک به ۱ داده شده است و به طبقاتی که احتمال وقوع لغزش در آن‌ها کم‌تر است ارزش نزدیک به صفر داده شده است. در شکل (۲) نوع توابع عضویت فازی لایه‌های اطلاعاتی و در شکل (۳) لایه‌های استانداردسازی شده نشان داده شده است.

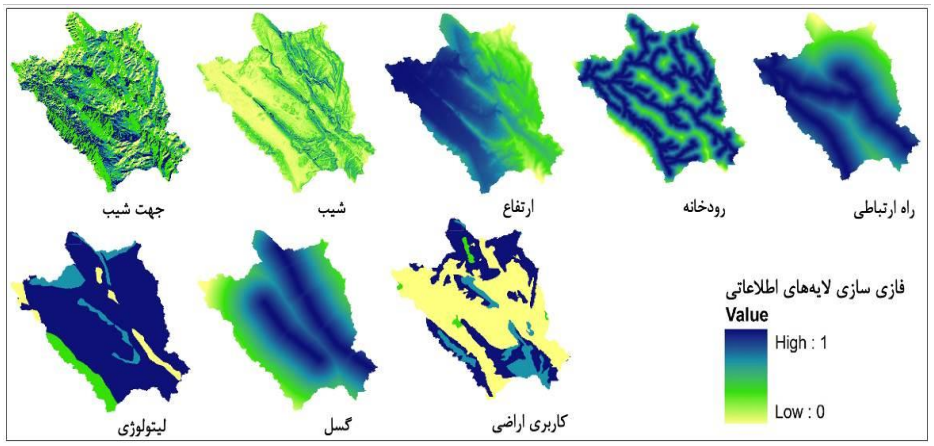
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲) نوع توابع عضویت فازی لایه‌های اطلاعاتی

Fig (2) Type of fuzzy membership functions of the information layers



شکل (۳) نقشه‌ی استانداردسازی شده لایه‌های اطلاعاتی

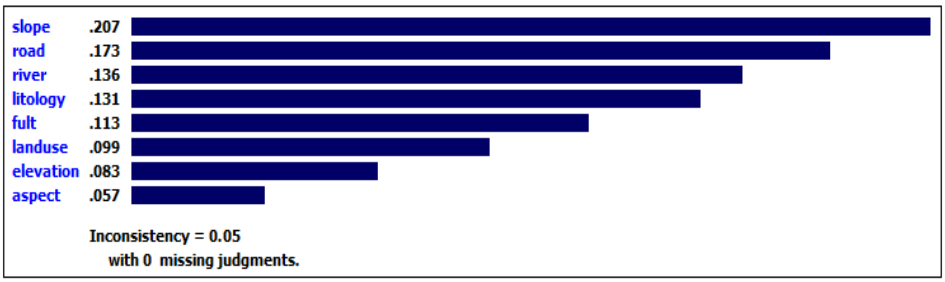
Fig (3) Standardized map of information layers

www.SID.ir

Archive of SID

- وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی

پس از بدست آوردن لایه‌های اطلاعاتی برای وزن‌دهی به آن‌ها از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. برای این منظور پس از تشکیل ساختار و ماتریس مقایسه‌ای شامل ۸ سطر و ۸ ستون، از طریق پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر، برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شده است. امتیازدهی و مقایسه‌ی زوجی لایه‌های اطلاعاتی برحسب اهمیت هر کدام از آن‌ها در وقوع زمین لغزش و با توجه به وضعیت منطقه صورت گرفته است. پس مقایسه‌ی زوجی معیارها، برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Expert Choise استفاده شده و پس از تشکیل سوپرماتریس‌ها، وزن‌ها یا ارزش‌های هر معیار نسبت به هدف پژوهش به‌دست آمده است (شکل ۴). وزن‌های نهایی برای هر یک از معیارها در محیط نرم‌افزار Expert Choise محاسبه و وارد جداول توصیفی هریک ازلایه‌های مربوطه در نرم‌افزار Arc GIS شده است.



شکل (۴) ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی بر اساس مدل AHP
Fig (4) Valuation of information layers based on AHP model

- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از منطق فازی

در محیط GIS بر روی شبکه‌ی مرجع محدوده‌ی مورد مطالعه تمامی فاکتورها از شکل برداری به رستری تبدیل شدند. سپس وزن به‌دست آمده در نرم‌افزار ARC GIS با استفاده از دستور Raster calculator در لایه‌های رستری ضرب شده و با استفاده از منطق فازی این نقشه‌های شبکه شده در محدوده‌ی مورد مطالعه با هم تلفیق شدند. جهت تعدیل

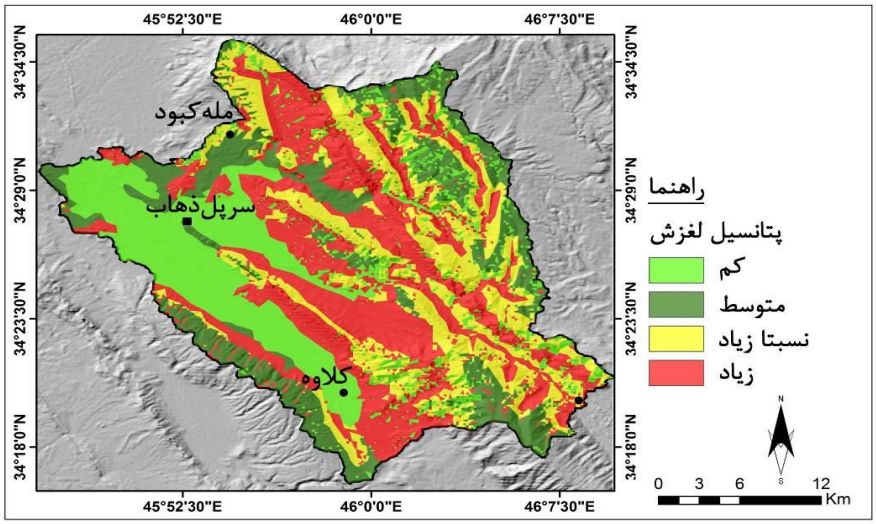
www.SID.ir

Archive of SID

حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و همچنین حساسیت خیلی کم فازی جمع، از عملگر فازی گاما استفاده شده است (رابطه‌ی ۱).

$$\mu = (\mu\, fuzzy\ sum)^{y} \times (\mu\, fuzzy\ product)^{1-y} \qquad (۱)$$

برای عملگر گاما پس از تلفیق و ارزیابی هرکدام در نهایت از گامای ۹/. استفاده شد. لذا پس از همپوشانی لایه‌ها مناطق مستعد وقوع لغزش براساس گامای فازی ۹/. استخراج شد (شکل ۵).



شکل (۵) نقشه‌ی مناطق وقوع لغزش بر اساس مدل تلفیقی منطق فازی و AHP

Fig(5) Map of landslide region based on the fuzzy logic and AHP integration model

-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل میانگین‌گیری وزن‌دار ترکیبی (OWA): عملگر OWA با استفاده از رابطه‌ی (۲) قابل استنتاج است (طالعی و همکاران، ۱۳۹۳):

$$\text{OWAt:} \sum {}^{n}_{j} = 1 \left(\frac{wjuj}{\sum_{j=1}^{n} wjij}\right) zij \qquad (۲)$$

در این معادله $Zij \geq \ldots \geq zi1$ به‌طریق ارزش‌های یک معیار (xij) به دست می‌آید. vj وزن ترتیبی و wj وزن معیار است.

www.SID.ir

Archive of SID

وزن‌های ترتیبی جهت ترکیب معیارهای وزن‌دار استفاده می‌شوند که در آن‌ها وزن‌ها به موقعیت مکانی پیکسل‌های لایه‌ها اختصاص می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، تمام پیکسل‌هایی که در یک موقعیت در چند نقشه قرار گرفته‌اند، وزن‌های ترتیبی یکسانی را می‌پذیرند. با استفاده از کمیت‌سنج‌های مفهومی فازی می‌توان وزن‌های ترتیبی ساخت. کمیت‌سنج‌های مفهومی به دو دسته مطلق و نسبی تقسیم می‌شوند. عباراتی مانند (حداقل ۴) و (حدود ۵) جزء کمیت سنج‌های نسبی با عباراتی نظیر با عبارتی نظیر اکثراً، اغلب، تعداد زیادی، نیمی، اندکی و حداقل یکی مشخص می‌شوند. کمیت‌سنج‌ها، استراتژی‌های تصمیم‌گیری مختلفی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهند، به‌طوری‌که با تغییر پارامتر a می‌توان مجموعه‌ای از نتایج ارزیابی را برای هدف تصمیم‌گیری به‌دست آورد. به‌عبارت‌دیگر، کاهش مقدار a باعث افزایش خوش‌بینی تصمیم‌گیرنده و افزایش مقدار a باعث کاهش خوش‌بینی شده و بدبینی تصمیم‌گیرنده را افزایش می‌دهد (طالع‌جنکانلو و همکاران، ۱۳۹۴). در این تحقیق از کمیت‌سنج نسبی منظم افزایش استفاده شده است (جدول ۱). پس از محاسبه وزن‌های ترتیبی و وزن‌های به‌دست‌آمده از طریق مدل AHP نقشه‌ی تلفیق پارامترها بر اساس مدل OWA به‌دست‌آمده است (شکل ۶).

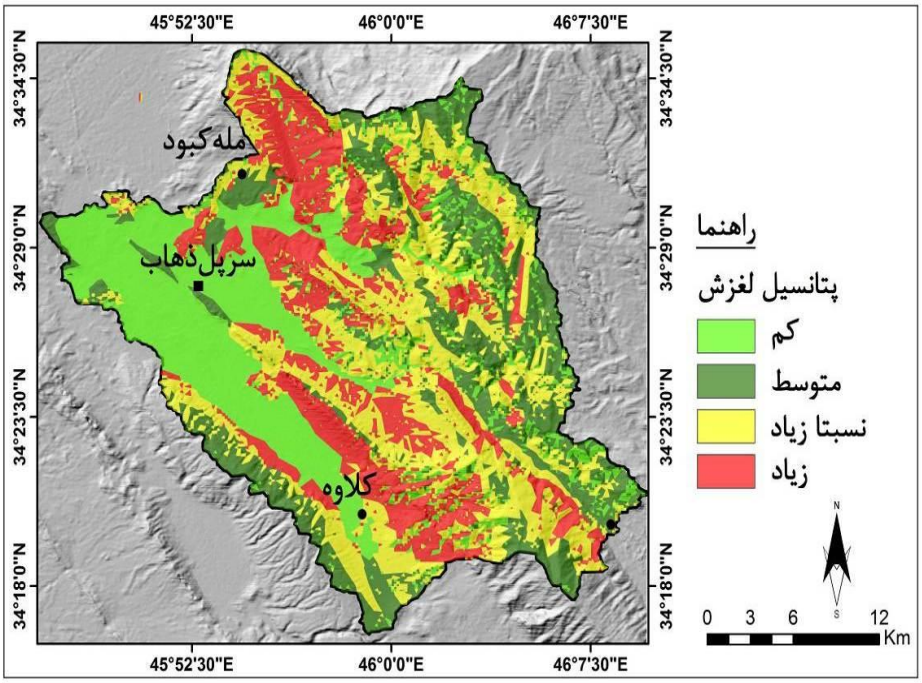
جدول (۱) کمیت‌سنج‌ها متناظر و پارامتر α

Table (1) the corresponding quantifiers and parameter α

کمیت‌سنج زبانی Q	حداقل یکی	کمی	بعضی	نیمی	بسیاری	اکثراً	بسیار زیاد	همه
α	./۰۰۱	./۱	/۵.	۱	۲	۵	۱۰	۱۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۶) نقشه‌ی مناطق وقوع لغزش بر اساس مدل تلفیقی OWA و AHP

Fig (6) map of landslide areas based on the OWA and AHP combination model

-تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC):

تکنیک WLC یکی از روش‌های ارزیابی چندمعیاره MCE است که مطابق رابطه‌ی (۳) محاسبه می‌شود (تقی‌زاده دیوا و همکاران، ۱۳۹۲):

$$S=\sum wtxi \qquad (۳)$$

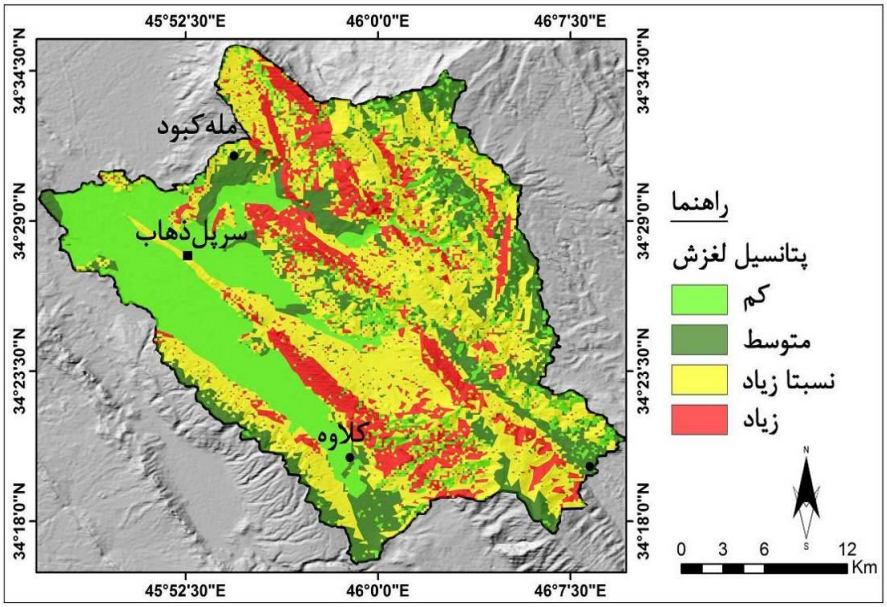
در این معادله S معرف، xi تناسب زمین، wi وزن فاکتور i ام و xi معرف محدودیت i ام است.

برای تهیه‌ی نقشه به روش ترکیب خطی وزنی پس از استانداردسازی لایه‌ها در نرم‌افزار IDRISI با اعمال وزن به دست آمده از طریق مدل AHP لایه‌های اطلاعاتی با هم تلفیق

www.SID.ir

Archive of SID

شده‌اند و در نهایت نقشه‌ی نهایی با استفاده از مدل WLC تهیه شده است (شکل ۷). در این پژوهش تکنیک با استفاده از تابع MCE انجام شده است.



شکل (۷) نقشه‌ی مناطق وقوع لغزش بر اساس مدل تلفیقی WLC و AHP

Fig (7) map of landslide areas based on the WLC and AHP combination model

- ارزیابی نتایج

در تحقیق حاضر به منظور پتانسیل‌سنجی زمین لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه از سه روش استفاده شده است. استفاده از این روش‌های به منظور صحت‌سنجی و مقایسه نتایج بدست آمده بوده است. نتایج بدست آمده بیانگر این است که مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در هر سه روش خیلی بهم نزدیک هستند. در واقع روند کلی پتانسیل لغزش در هر سه روش به این صورت است که پتانسیل وقوع زمین لغزش از مناطق شرقی به سمت مناطق غربی کاهش پیدا می‌کند و اختلاف موجود در بین نتایج نهایی بیش‌تر به صورت جزئی است. یکی از مهم‌ترین لغزش‌هایی که اخیرا در حوضه رخ داده است، لغزش مربوط

www.SID.ir

Archive of SID

به ارتفاعات مله‌کبود است که بعد از زلزله ۱۳۹۶/۰۸/۲۱ اتفاق افتاده است. این زمین‌لغزش یکی از بزرگ‌ترین زمین لغزش‌های ثبت شده در ایران است. ارتفاعات مله‌کبود در شمال حوضه‌ی مورد مطالعه قرار دارد و این منطقه در هر سه نقشه‌ی نهایی، در طبقه با پتانسیل زیاد قرار دارد. در شکل ۷ تصویر گوگل ارثی زمین‌لغزش مله کبود نشان داده شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در مورد زمین لغزش تحقیقات مختلفی صورت گرفته است و تحقیق حاضر با بهره‌گیری از تحقیقات قبلی به سرانجام رسیده است. بر خلاف تحقیقات قبلی که عمدتاً با استفاده از یک روش کار پتانسیل‌سنجی صورت گرفته است، در این تحقیق به منظور صحت‌سنجی نتایج و ارزیابی و مقایسه‌ی نتایج بدست آمده از سه روش استفاده شده است. نتایج تحقیق حاضر بیانگر این است که حوضه‌ی مورد مطالعه دارای پتانسیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای بخصوص لغزش است. در واقع وجود مناطق پرشیب و همچنین فراهم بودن سایر پارامترها سبب شده است تا بخش عمده‌ای از مناطق شرقی حوضه در طبقه نسبتاً زیاد و زیاد قرار گیرد. مقایسه‌ی روش‌های پتانسیل‌سنجی بیانگر این است که در هر سه روش مناطق شرقی دارای بالاترین و مناطق غربی دارای کم‌ترین پتانسیل جهت وقوع زمین لغزش هستند. در روش منطق فازی، طبقه پتانسیل زیاد با ۱۹۵ کیلومترمربع دارای بیش‌ترین وسعت است و همچنین طبقه پتانسیل متوسط با ۱۲۱ کیلومترمربع دارای کم‌ترین وسعت است که عمدتاً شامل مناطق غربی و خروجی حوضه می‌باشد. در روش OWA طبقه پتانسیل نسبتاً زیاد با ۲۱۰ کیلومترمربع دارای بیش‌ترین مساحت است که عمدتاً ارتفاعات مرکزی و شرقی حوضه را شامل می‌باشد. در این روش طبقه‌ی پتانسیل زیاد با ۱۱۶ کیلومترمربع دارای کم‌ترین میزان وضعیت است و عمدتاً شما مناطق پرشیب شمالی و مرکزی حوضه است. در روش WLC نیز طبقه‌ی پتانسیل نسبتاً زیاد با ۱۸۰ و طبقه‌ی پتانسیل زیاد با ۱۲۰ کیلومترمربع دارای بیش‌ترین و کم‌ترین وسعت هستند (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲) مساحت طبقات بر حسب کیلومترمربع
Table (2) Floor area per km^2

روش	کم	متوسط	نسبتاً زیاد	زیاد
منطق فازی	۱۵۴	۱۲۱	۱۵۱	۱۹۵
OWA	۱۶۹	۱۲۶	۲۱۰	۱۱۶
WLC	۱۷۴	۱۴۷	۱۸۰	۱۲۰

آمارهای مذکور بیان‌کننده‌ی این است که حدود نیمی از وسعت حوضه دارای پتانسیل زیاد و نسبتاً زیاد جهت وقوع زمین‌لغزش است. با توجه به اینکه حوضه‌ی مورد مطالعه از نظر جمعیتی متراکم است و همچنین از نظر تکتونیکی نیز جزء مناطق فعال و در معرض زمین‌لرزه محسوب می‌شود، وقوع حرکات دامنه‌ای می‌تواند موجب خسارات‌های جانی و مالی زیادی به اهالی منطقه شود. بنابراین لازم است تا مسئولان در جهت پتانسیل‌سنجی حوضه و همچنین راهکارهای پیش‌گیری وقوع زمین لغزش اقدامات لازم را انجام دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- منابع

-Reference

Arab Ameri, A., Shirani, K., Rezaei, K. (2017). Landslide zoning of landslide occurrence by Dempestersiffer techniques and frequency ratio in Karun watershed. *Water and Soil Conservation Research Journal*, 24, 3.

AsghariKaljohi, E., Nemchi, F., Vaezi Hair, A. (2016), Zoning of Land Risk in the West Region of Khoy country Using the Anthology Method. *Geography and Planning Journal*, 56, 10-20.

DelaCerna, M.A. and Maravillas, E.A. (2016). An Application of Partitive Clustering Algorithm for Landslide Hazard Zonation. *In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* (Vol. 1).

Garfi, G., and Bruno, D.E. (2007). Fan morphodynamics and slope instability in the Mucone River Basin (Sila Massif, Southern Italy). *Signification of weathering and role of land use changes*, Catena, 50, 181-196.

Gruber, S. Huggel, C., Pike, R., (2009). Modeling mass movements and landslide susceptibility, *Developments in Soil Science*, 33, 527-550.

Hattanji, T., Moriwaki, H. (2009). Morphometric analysis of relic landslides using detailed landslide distribution maps: Implications for forecasting travel distance of future landslides, *Journal of Geomorphology*, 103, 447-454.

Hosni, S., Urmiaei, A., Maleki, Z. (2017). Landslide hazard zonation of Kang-Sulaghan road using fuzzy logic method, Journal of Geology and Environment, 11, 38.

Imami, S., Ghyomiyan, J. (2003). Research on Ground Sizing Mechanism on Sloping Variations (Case Study: Afsarabadlandslid). Proceedings of Third Conference on Engineering Geology and Environment of Iran, Bu-Ali Sina University, Hamedan, 126-113.

Kosko, B. (1992). Fuzzy systems as universal approximators Fuzzy Systems. IEEE International Conference on San Diego, CA.

Lee, S. (2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibi mapping, *Environmental Geology* 52, 615-623.

www.SID.ir

Archive of SID

Masafaee, J., Onagh, M., Mosadghie, M., Shariatmadari, J. (2009). Comparison of the Efficiency of Empirical and Statistical Models of Landslide Risk Deterioration, *Journal of Research on Protection of Abkhak*, No. 4.

Rahnama, M., Aqajani, H., Fatahi, M. (2012). Location of landfill by combining OWA and GIS in Mashhad, *Geography Magazine and Environmental hazards*, 3, 105-87.

Rajaei, A. (2003). Application of geomorphology in land management and environmental management, Second edition, Tehran, Gomes.

Rasouli, A., Mahmoud Zadeh, H., Yazdchi, S., Zarrinbal, M. (2012). Evaluation of Analytical Hierarchy Processes and Linear Weights Composition in Urban Waste Landfill Location (Case Study: Marand), *Journal of Geography and Urban and Regional Development*, 4, 41-52.

Shadfar, S., Yamani, M., Ghodousi, J., Ghiomani, J. (2005). Landslide hazard zonation using a hierarchical analytical method (Case study: Chalkarroud Tonekabon Basin), 75, 118-109.

Tale'i, M., Soleimani, H., FarajzadehAsl, M. (2013).

TalieJankanloo, A., Talei, M., Karimi, M. (2014). Estimating the suitability of residential land by FUZZY, OWA and TOPSIS. *Journal of Geotechnical Sciences and Technology*. 4(4), 45-29.

Taqizadeh-Davidova, S.A., Salman-Mahehini, A., Khorkhahzarkesh, M. (2013). Multivariate location of the site of landfill of wastes using a hybrid approach to hierarchical and fuzzy analysis (case study: urban areas). *Amayeh magazine Geographic Space*. Year 3, 10.

Tazik, E., Jahantab, Z., Bakhtiari, M., Rezaei, A. &Alavipanah, S.K. (2014). Landslide susceptibility mapping by combining the three methods Fuzzy Logic, Frequency Ratio and Analytical HierarchyProcess in Dozain basin. The International Archives of Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 40(2), 267.

Wang W., Zhang W., Xia Q. (2012). Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method, International Conference on Future Energy, *Environment, and Materials*.

Wu, W., and Sidle, R.C. (1995). A distributed slope stability model for steep forested basins, *Water Research*, 31, 2097-2110.

www.SID.ir

Archive of SID

Yamani, M., Shamsipour, A., Gurbi, A., Rahmati, M. (2013). Determination of the boundaries of landslide hazard zones along the Khorram Abad-Paul Zal motorway route with Analytical Hierarchical-Fuzzy Analytical Method. *Journal of Applied Geosciences Research* Year Fourteenth, No. 3.

www.SID.ir