مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۱۷
تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۵
صفحات: ۱۸ - ۱

پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه ی موردی: حوضه ی آبخیر سد چم گردلان ایلام)

ذبیح اله رستمی[۱]، سید علی المدرسی[۲]*، علی اکبر جمالی[۳]

چکیده

موقعیت جغرافیایی حوزه سد ایلام بین حد فاصل '' ۳۶'۱۶°۴۶ تا'' ۳۲'۳۸°۴۶ طول شرقی و'' ۲۷'۲۳°۳۳ تا '' ۵۴'۳۸°۳۳ عرض شمالی واقع شده است. مساحت حوضه ۲۲۱/۴ کیلومتر مربع می‌باشد. بلندترین و کوتاه‌ترین نقطه‌ی حوضه ۲۴۰۰ متر و ۶۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد. در این پژوهش به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه‌ی آبخیز سد چم گردلان ایلام از طریق وزن‌دهی به معیارهای اصلی و با استفاده از توابع عضویت فازی در نرم افزار ArcGis و ایجاد بهترین تابع رابطه بین حضور و عدم حضور زمین لغزش و مجموعه‌ای از عوامل استفاده شده است. بدین منظور ابتدا لایه‌های مؤثر بر وقوع لغزش شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه‌ی آبراهه، فاصله از گسل و نقشه‌ی بارش تهیه گردید و برای تحلیل‌های فازی مورد استفاده قرار گرفت. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از اپراتورهای فازی (Gamma، And،Or،Sum،Product) صورت پذیرفت. بعد از مرحله‌ی فازی‌سازی و وزن‌دهی، معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه با استفاده از روش مذکور، از طریق عملگرهای گامای فازی با لانداهای۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۰/۹ نیز تهیه شد و با مقایسه‌ی نقشه‌های نهایی، مدل ایده‌آل برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در این محدوده انتخاب شد. نتایج نشان داد که ازمیان اپراتورها و عملگرهای فوق، عملگرگاما با لاندای ۰/۹ به دلیل فازی سازی مناسب هر معیار با استناد به نقشه‌های پراکنش زمین لغزش‌های رخ داده و نحوه‌ی تفکیک طبقات خطر، روش مناسب‌تری برای پهنه‌بندی زمین لغزش‌ها در این منطقه محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: منطق فازی، اپراتورهای فازی، تابع عضویت، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سد چم گردلان ایلام

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش ازدور و GIS واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد zabrostami_sm2008@yahoo.com
۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد(نویسنده مسئول) almodaresi@iauyazd.ac.ir
۳- دانشیار گروه GIS و آبخیزداری، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد jamaliaa@maybodiau.ac.ir

مقدمه

در اکثر فعّالیتهای عمرانی و به‌خصوص در امور سدسازی یکی از مشکلات عمده در هنگام اجرا و بهره‌برداری حرکات توده‌ای زمین می‌باشد. با توجّه به حساسیت سازه‌هایی مانند سدها، بررسی امکان وقوع لغزش‌ها یکی از مراحل اصلی در انتخاب موقعیت ساختگاه سد و مراحل اجرا و بهره‌برداری است. در سدسازی با توجّه به موقعیت قرارگیری پدیده-های لغزش نسبت به موقعیت سازه که ممکن است سبب پرشدن مخزن شود و عمر مفید سد کاهش یافته و یا عدم موفقیّت و یا حتی تخریب سازه سد را به دنبال دارد.

وقوع بلایا و سوانح طبیعی هر ساله در نقاط مختلف جهان و ایران خسارات جانی، مالی و زیست محیطی قابل توجّهی به بار می آورد. حرکات توده ای نیز نوع خاصی از سوانح طبیعی و فرمی از فرآیندهای دامنه ای هستند (کرم،۱۳۸۰) که زاییده‌ی شرایط ژئومورفولوژیک، هیدرولوژیک و زمین شناسی محل می‌باشند. این شرایط به همراه فرآیندهای ژئودینامیکی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فعّالیتهای انسانی، مقدار و شدّت بارندگی و زمین لرزه باعث شکل‌گیری این پدیده می‌گردند (سفیدگری،۱۳۸۱). بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای مانند بسیاری از موضوعات زمین شناسی محیطی[1] به دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع آن، بسیار پیچیده است. وجود عدم قطعیت که ناشی از مبهم بودن شرایط و مفاهیم مرتبط با پارامترهایی نظیر زمین شناسی، هیدرولوژیکی، تکتونیکی، پوشش گیاهی، بارندگی و فرسایش در بروز ناپایداری دامنه‌ای می‌باشد، لزوم استفاده از روش‌های دقیق و مناسب را در بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای، منطقی می‌نماید. این در حالی است که بسیاری از اطلاعات بالا به صورت محاوره‌ای بوده و از نوع اطلاعات غیردقیق می‌باشند. این گونه محدودیت‌ها دقیقاً ایده اساسی تئوری فازی می‌باشد (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۴). تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده در مقاله‌ای با عنوان "مجموعه‌های فازی" در مجله‌ی اطلاعات و کنترل ارائه گردید (تاناکا، ۱۳۸۳). تئوری فازی، شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده می‌کند و هدف از ارائه‌ی آن، ایجاد روشی نوین در بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره است (اشقلی فراهانی،۱۳۸۳). روش‌های مبتنی بر این نظریه همچنان در حال توسعه‌اند و هر سال با ارائه‌ی روش‌های جدیدتری بر مبنای مفاهیم نظریه‌ی مجموعه‌های فازی این امکان فراهم می‌شود تا به استدلال‌های غیر قطعی مبهم و نا معین ذهن انسان صورت‌بندی ریاضی بخشیده شود (شریعت جعفری،۱۳۸۶). سابقه‌ی استفاده از مدل‌های فازی در حل مسائل در زیرمجموعه‌ی علوم زمین به ویژه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، اندک و محدودند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: سوری و همکاران (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی در حوضه کشوری (نوژیان) واقع در استان لرستان پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل منطق فازی با عملگر گامای ۰/۹ روش کارآمدتری نسبت به دیگر عملگرهای منطق فازی و همچنین روش شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه خطر لغزش‌های حوضه مورد مطالعه می‌باشد. صفاری و همکاران، (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش واقع در جاده ارتباطی مریوان سنندج که با مقایسه نقشه‌های نهایی از دو مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی انجام داده‌اند به

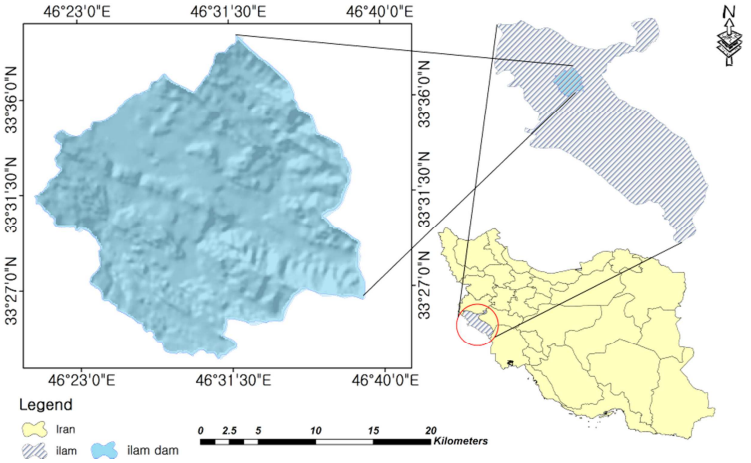
1- Geo Environment

این نتیجه دست یافته‌اند که مدل نسبت فراوانی به دلیل فازی‌سازی مناسب هر معیار برای پهنه‌بندی زمین لغزش‌ها در این جاده ارتباطی روش مناسب‌تری است. وونگ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تئوری فازی اقدام به ارزیابی حساسیت رانش زمین در اطراف استان گوئیژو چین کردند. آنها ابتدا شیب، سنگ شناسی، نزدیکی به خطوط تکتونیکی، آبراهه و بارش سالانه را به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع رانش زمین در منطقه مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از اطلاعات حاصل از این عوامل به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل فازی بر اساس تابع ذوزنقه‌ای روش کارآمدی برای پهنه‌بندی رانش زمین در این منطقه است. ژو و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از منطق فازی به پیش‌بینی خطر زمین لغزش در منطقه کایژیان واقع در چین پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که منطق فازی توانایی بالایی در پیش‌بینی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه را دارا می‌باشد. پورقاسمی و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از عملگرهای جبری فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی به تهیه نقشه پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که عملگر فازی گاما با مقدار λ=۰/۹۵ بهترین شکل نقشه حساسیت به زمین لغزش را در منطقه مورد مطالعه نشان داده است. بوی و همکاران (۲۰۱۲) به پیش‌بینی خطر زمین لغزش در استان هوابین ویتنام با استفاده از عملگرهای منطق فازی پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که تمام عملگرها نتایج معقولی ارائه دادند که از این میان عملگر جمع فازی کمترین دقّت و عملگر ضرب و گاما از بیشترین دقّت برخوردار بودند. جمالی(۱۳۸۸) در تحقیقی تحت عنوان کاربرد GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه‌بندی خطرزمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل مؤثر در ایجاد لغزش در حوضه‌ی آبخیز منشاد یزد به تهیه-ی نقشه‌ی پهنه‌بندی زمین لغزش منطقه مبادرت ورزید. ابتدا با مطالعات صحرایی و بررسی مطالعات انجام گرفته در این زمینه پارامترهای مؤثرانتخاب گردید سپس لایه‌های مربوط به هرکدام از این پارامترها در محیط GIS با استفاده از نرم افزار ARC GIS9.2 تهیه شد. هرلایه‌ی به‌دست آمده به‌صورت جداگانه با لایه‌ی توزیع مکانی لغزش‌های رخ داده قطع داده و ارجحیت کلاس‌های هر لایه نسبت به همدیگر محاسبه گردید و در مرحله نهایی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن پارامترها مشخص شد. مقایسه نتایج بدست آمده از این مدل با پراکندگی مکانی زمین لغزش در منطقه و نیز با نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی نشان داد که روش AHP، روش مناسبی برای پهنه بندی خطر لغزش در این حوضه می‌باشد، نقشه نهایی مشخص نمود که در ۵/۶۹٪ از سطح منطقه خطر لغزش کم و ۸/۱۰ هکتار از سطح منطقه که شامل ٪ ۲ مساحت منطقه است خطر لغزش زیاد می‌باشد. در چند دهه‌ی گذشته افزایش چشمگیری در حرکتهای توده‌ای که عمدتاً از نوع زمین لغزش می‌باشد، مشاهده می‌شود با توجّه به این که در حوضه‌ی آبخیز سد ایلام، اشکال مختلف حرکتهای توده‌ای شامل: لغزش، خزش و ریزش در اکثر نقاط حوضه بویژه در مسیر راه‌های ارتباطی به محل سد وجود دارد و از طرفی این منطقه یکی از مراکز تفریحی استان به لحاظ دریاچه‌ی سد و طبیعت زیبای منطقه می‌باشد و برنامه‌ی احداث پارک جنگلی سد ایلام نیز در دست اجرا می‌باشد و نیز حوضه‌ی فوق الذکر مهمترین منبع تأمین آب شرب شهر ایلام و روستاهای اطراف را تشکیل می‌دهد و با توجّه به اینکه روی سازندهای زمین شناسی سست و حساس قرار گرفته، لذا لزوم تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی حرکات توده‌ای منطقه و بررسی عوامل مؤثر بر آن به یک ضرورت تبدیل شده است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز چم گردلان در استان ایلام با موقعیت جغرافیایی" ۳۶'۱۶°۴۶ تا " ۳۲'۳۸°۴۶ طول شرقی و " ۲۷'۲۳°۳۳ تا " ۵۴'۳۸°۳۳ عرض شمالی واقع شده است (شکل۱). مساحت آن ۴۷۶/۵ کیلومتر مربع است. بلندترین و کوتاه‌ترین ارتفاع به ترتیب ۲۴۰۰ متر و ۶۴۰ متر می‌باشد.



شکل۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

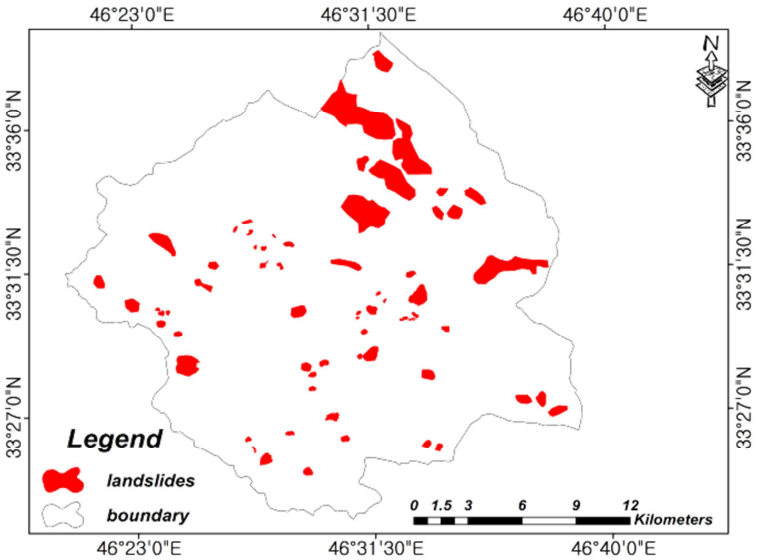
حوضه‌ی مورد مطالعه در قسمت شمال غربی کمربند چین خورده‌ی زاگرس قرار گرفته و چین‌های متعددی به شکل تاقدیس و ناودیس در آن وجود دارد. از نظر زمین شناسی منطقه دارای تنوع بالایی از سازندهای زمین شناسی و واحدهای سنگ شناسی است.

معیارها و روش‌های وزن دهی

در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، معیارهای ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، واحدهای زمین شناسی، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از جاده، نوع کاربری اراضی و بارش مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه‌ی معیارهای مذکور از طریق نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای ETM[1] و همچنین عملیات میدانی و استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS)[2] جمع‌آوری و در محیط GIS[3] آماده شد. وزن‌دهی به معیارهای مورد نظر از طریق توابع عضویت فازی در نرم افزار ARCGIS انجام

1- Enhanced Thematic Mapper
2- Global position system
3- Geographic information system

شد. با توجّه به این که پهنه‌بندی از طریق این روش، بر مبنای تطبیق نقشه‌ی زمین لغزش‌های حادث شده در منطقه با نقشه‌ی معیارهای مؤثر در این پدیده صورت می‌گیرد، لذا اولین گام در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه‌ی مطالعاتی، تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش زمین لغزش‌های اتفاق افتاده می‌باشد. به این منظور با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، لغزش های اتفاق افتاده و مناطق مستعد و مشکوک به لغزش در منطقه شناسایی و از آنجا که بسیاری از لغزش‌ها به دلیل ابعاد کم یا ظاهری مشابه با دامنه‌های مجاور، در عکسهای هوایی قابل تشخیص نیستند بنابراین برای تکمیل اطلاعات، تمامی لغزش‌های قابل دسترس مورد بازدید صحرایی قرار گرفت و در کل ۶۴ نقطه‌ی لغزشی در مورد مطالعه تشخیص داده شد (شکل شماره ۲). سپس این لایه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM 2007 و نرم افزار Google Earth به نقشه‌ی پهنه‌های لغزشی تبدیل شد. تلفیق نقشه‌ی پراکنش زمین لغزش‌ها با معیارهای مورد نظر، تعداد پیکسل‌های لغزش یافته در هر طبقه از لایه‌های عاملی را به دست می دهد. در این روش برای تعیین اوزان معیارهای مورد نظر، از توابع عضویت فازی استفاده گردید. در این روش برای فازی سازی معیارها، از توابع عضویت فازی (جدول شماره ۱) استفاده شده است. استفاده و اعمال هرکدام از این توابع با توجّه به دو پارامتر نقطه میانی[1] و پارامتر پخش[2] صورت گرفت. انتخاب تابع برای فازی‌سازی با توجّه به ماهیت، اهمیّت و رابطه‌ی هرکدام از معیارها با هدف انتخاب می‌شود. چون استفاده از مدل منطق فازی در پهنه‌بندی زمین لغزش بر مبنای تحلیل‌های رستری (شبکه‌ای) است، باید هر پیکسل در هر معیار با توجّه به تابع ایده‌ال، ارزش عضویتی از صفر تا یک را به خود بگیرد.



شکل۲: مناطق لغزشی منطقه‌ی مورد مطالعه

1- midpoint
2- spread

جدول۱: انواع توابع عضویت فازی در نرم افزار ARCGIS10

نوع تابع	تعریف تابع
Gaussian	این تابع، تابع عضویت را بر اساس توزیع نرمال یا گوسی و بر اساس یک نقطه‌ی میانی تعریف می‌کند (عضویت فازی نقطه‌ی میانی است).
small	این تابع وقتی استفاده می‌شودکه مقادیر کوچک در نقشه، عضویت نزدیک به ۱ داشته باشند. این تابع نیز براساس یک نقطه ی میانی تعریف شده توسط کاربرتعریف می‌شود(عضویت نقطه ی میانی ۰/۵ می‌باشد).
Large	این تابع وقتی استفاده می‌شودکه مقادیر بزرگ در نقشه، عضویت نزدیک به ۱ داشته باشند. این تابع نیز براساس یک نقطه ی میانی تعریف شده توسط کاربرتعریف می‌شود. (عضویت نقطه میانی ۰/۵ می‌باشد).
near	این تابع، تابع عضویت را براساس یک مقدار خاص توسط یک نقطه ی میانی تعریف شده توسط کاربرمشخص می‌کند(نقطه ی میانی عضویت یک می‌گیرد).
MSSmall	این تابع عضویت فازی را براساس میانه و انحراف معیارتعریف می‌کند. مقادیر کوچک تر عضویتی نزدیک به ۱ می‌گیرند.
MSlarge	این تابع عضویت فازی را براساس میانه و انحراف معیارتعریف می‌کند. مقادیر بزرگتر عضویتی نزدیک به ۱ می‌گیرند.
liner	این تابع، عضویت فازی را براساس یک حداکثر با عضویت فازی ۱ و یک حداقل با عضویت فازی صفر تعریف می‌کند.

عملگرهای فازی

فرض کنید A، B و C سه مجموعه‌ی فازی از مجموعه‌ی مرجع X باشند. برای یک المان مانند xϵ x، عملگرهای مجموعه‌ای استاندارد شامل اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی، جمع فازی و فازی گاما می‌باشند (Fallah-Ghalhary et al.2009).

۱. عملگر اشتراک فازی یا عملگر AND

این عملگر از تابع مینیمم در همپوشانی (Overlay) استفاده می‌کند و معادل اشتراک (Intersect) است و به صورت رابطه‌ی ۱ تعریف می‌گردد؛

$$\mu_{Combinatia} = MIN(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \ldots) \quad (۱)$$

در این رابطه μ_A، μ_B و μ_C بیانگر مقادیر عضویت فازی پیکسل‌های موجود در یک موقعیت مشخص بر روی نقشه‌های فاکتور مختلف می‌باشند.

۲. عملگر اجتماع فازی یا عملگر OR

این عملگر از تابع حداکثر در ترکیب استفاده می‌کند و معادل اجتماع (UNION) ا ست و به صورت رابطه‌ی ۲ تعریف می‌گردد؛

$$\mu_{Combination} = MAX(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \ldots) \quad (۲)$$

۳. عملگرضرب جبری فازی یا عملگرProduct (حداقل سازی)

عملگر ضرب فازی به صورت رابطه‌ی ۳ تعریف می‌شود؛

$$\mu c(x) = \prod_{i=1}^{n} \mu i(x) \qquad (۳)$$

در این رابطه ترکیب عوامل اثر کاهشی[1] خواهد داشت. به عبارتی عوامل همدیگر را تضعیف می‌کنند.

۴. عملگر جمع جبری فازی یا عملگر SUM (حداکثر سازی)

این عملگر با استفاده از رابطه‌ی ۴ تعریف می‌شود؛

$$\mu c(x) = ۱ \prod_{i=۱}^{n} (۱ - \mu i) \qquad (۴)$$

در این رابطه ترکیب عوامل اثر افزایشی[2] خواهد داشت و لذا به دلیل اثر افزایشی جمع جبری فازی، حداکثر ریسک را داریم. به عبارت دیگر عوامل همدیگر را تقویت می‌کنند.

۵. عملگر فازی گاما(GAMMA)

این عملگر از حاصل ضرب عملگرهای ضرب و جمع فازی به صورت رابطه‌ی ۵ تعریف می‌شود؛

$$\mu_{Combination} = (Fuzzy\ Algebric\ Sum)^{\gamma} \times (Fuzzy\ Algeabric\ Product)^{1-\gamma} \qquad (۵)$$

در رابطه‌ی ۵ مقدار عددی بین صفر تا یک می‌باشد. وقتی برابر یک باشد ترکیب، همان جمع جبری فازی و زمانی که برابر صفر باشد ترکیب، برابر ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح و آگاهانه‌ی بین صفر و یک، مقادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که نشان دهنده‌ی سازگاری قابل انعطاف میان گرایشات کاهشی ضرب فازی و گرایشات افزایشی جمع فازی می‌باشد (Bonham-Carter, G. F. 1991).

نتایج

فازی‌سازی و پهنه‌بندی

1- Decreasive
2- Increasiv

انتخاب تابع برای فازی‌سازی با توجّه به ماهیت، اهمیّت و رابطه‌ی هرکدام از معیارها با هدف انتخاب می‌شود. چون استفاده از مدل منطق فازی در پهنه‌بندی زمین لغزش بر مبنای تحلیل‌های رستری (شبکه‌ای) است، باید هر پیکسل در هر معیار با توجّه به تابع ایده‌ال، ارزش عضویتی از صفر تا یک را به خود بگیرد. ابتدا هر یک از پارامترها با استفاده از توابع عضویت فازی (توابع مندرج در جدول۱) در نرم افزار ARCGIS فازی سازی شدند.

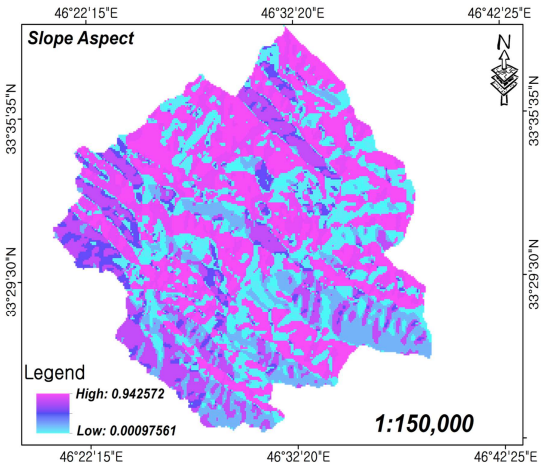
نوع توابع عضویت فازی که برای فازی کردن هر یک از معیارها استفاده گردید با توجّه به ماهیت پارامتر مورد استفاده به شرح جدول شماره۲ می‌باشد.

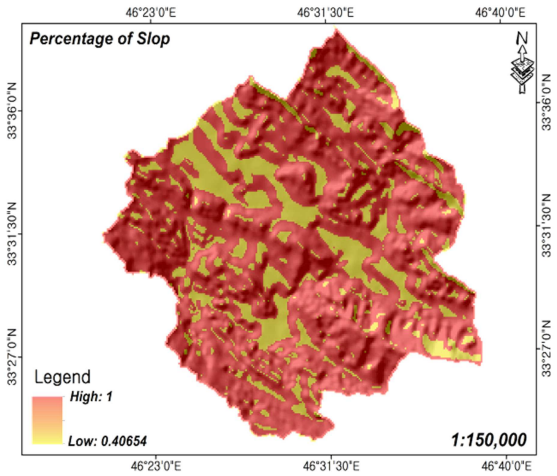
جدول۲: نوع توابع استفاده شده به عوامل زمین لغزش در نرم افزارARCGIS10

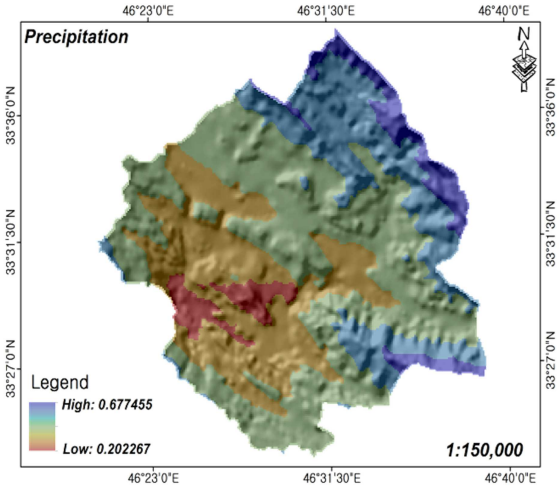
پارامتر	شیب	کاربری	بارش	جهت شیب	زمین شناسی	ارتفاع	فاصله ازآبراهه	فاصله ازگسل	فاصله ازجاده
تابع مورد استفاده	Gaussian	Gaussian	Large	Large	Large	Large	Small	Small	Small

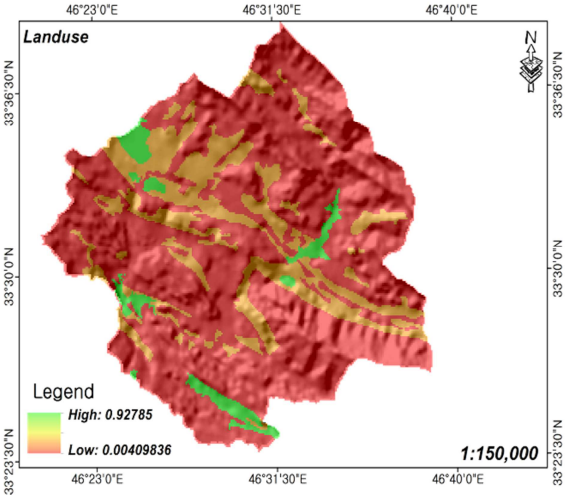
فازی‌سازی با استفاده از توابع فازی برای هر معیار نشان داد که انتخاب یک تابع به این منظور باید با توجّه به هدف (پهنه‌بندی زمین لغزش)، ماهیت معیار در منطقه مورد مطالعه و رابطه‌ی معیار با هدف موردنظر صورت گیرد. به عنوان مثال در این پژوهش برای فازی‌سازی معیار گسل، چون فاصله از گسل حائز اهمیّت بوده و کمترین فاصله، بیشترین امتیاز را داشت از تابع Small استفاده شد. طبق جدول شماره ۱ این تابع زمانی استفاده می‌شود که مقادیر کوچک ورودی، بالاترین عضویت فازی را می‌گیرد؛ لذا با توجّه به هدف پژوهش که پهنه‌بندی خطر زمین لغزش است، رابطه‌ی معیار گسل را می‌توان این چنین تعریف کرد؛ که هرچه فاصله از گسل کمتر باشد، ناپایداری بیشتر و در نتیجه خطر زمین لغزش بیشتر می‌شود. فازی سازی سایر معیارها نیز بر همین مبنا صورت گرفته است.

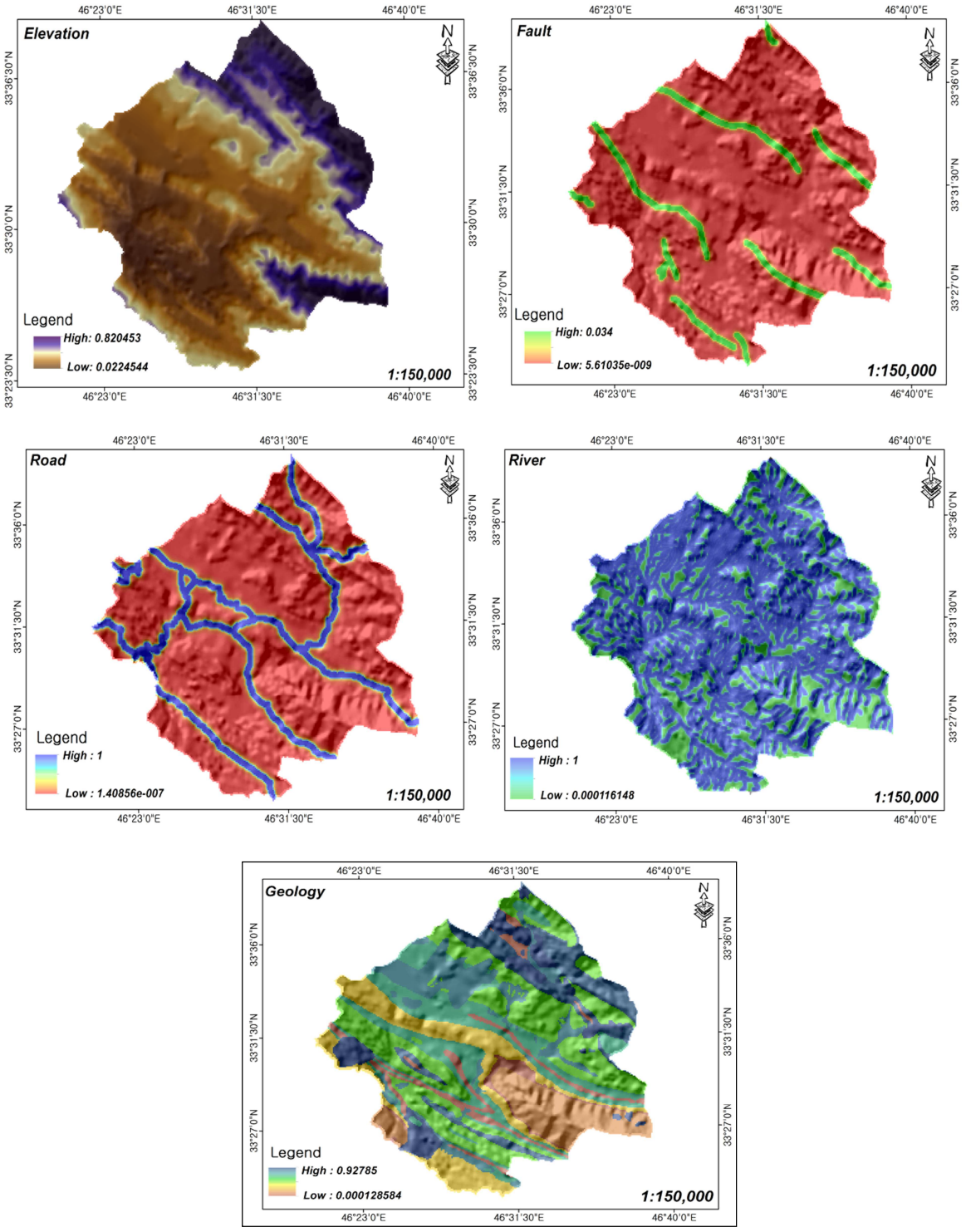
شکل ۳ نتایج فازی سازی هر یک از عوامل مؤثر بر خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از توابع عضویت فازی را نشان می‌دهد.


Slope Aspect
N
Legend
High: 0.942572
Low: 0.00097561
1:150,000
46°22'15"E
46°32'20"E
46°42'25"E
33°35'35"N
33°29'30"N


Percentage of Slop
N
Legend
High: 1
Low: 0.40654
1:150,000
46°23'0"E
46°31'30"E
46°40'0"E
33°36'0"N
33°31'30"N
33°27'0"N


Precipitation
N
Legend
High: 0.677455
Low: 0.202267
1:150,000
46°23'0"E
46°31'30"E
46°40'0"E
33°36'0"N
33°31'30"N
33°27'0"N

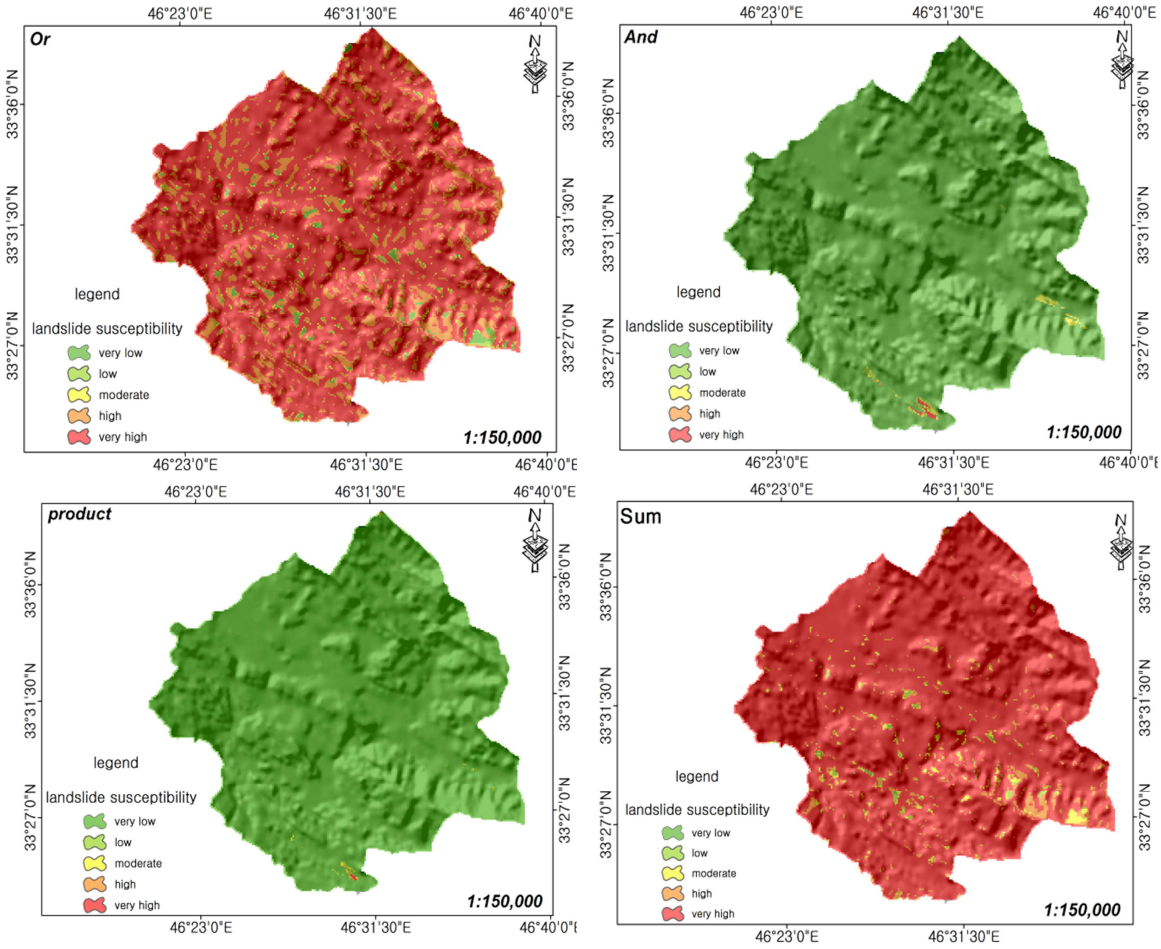

Landuse
N
Legend
High: 0.92785
Low: 0.00409836
1:150,000
46°23'0"E
46°31'30"E
46°40'0"E
33°36'30"N
33°30'0"N
33°23'30"N



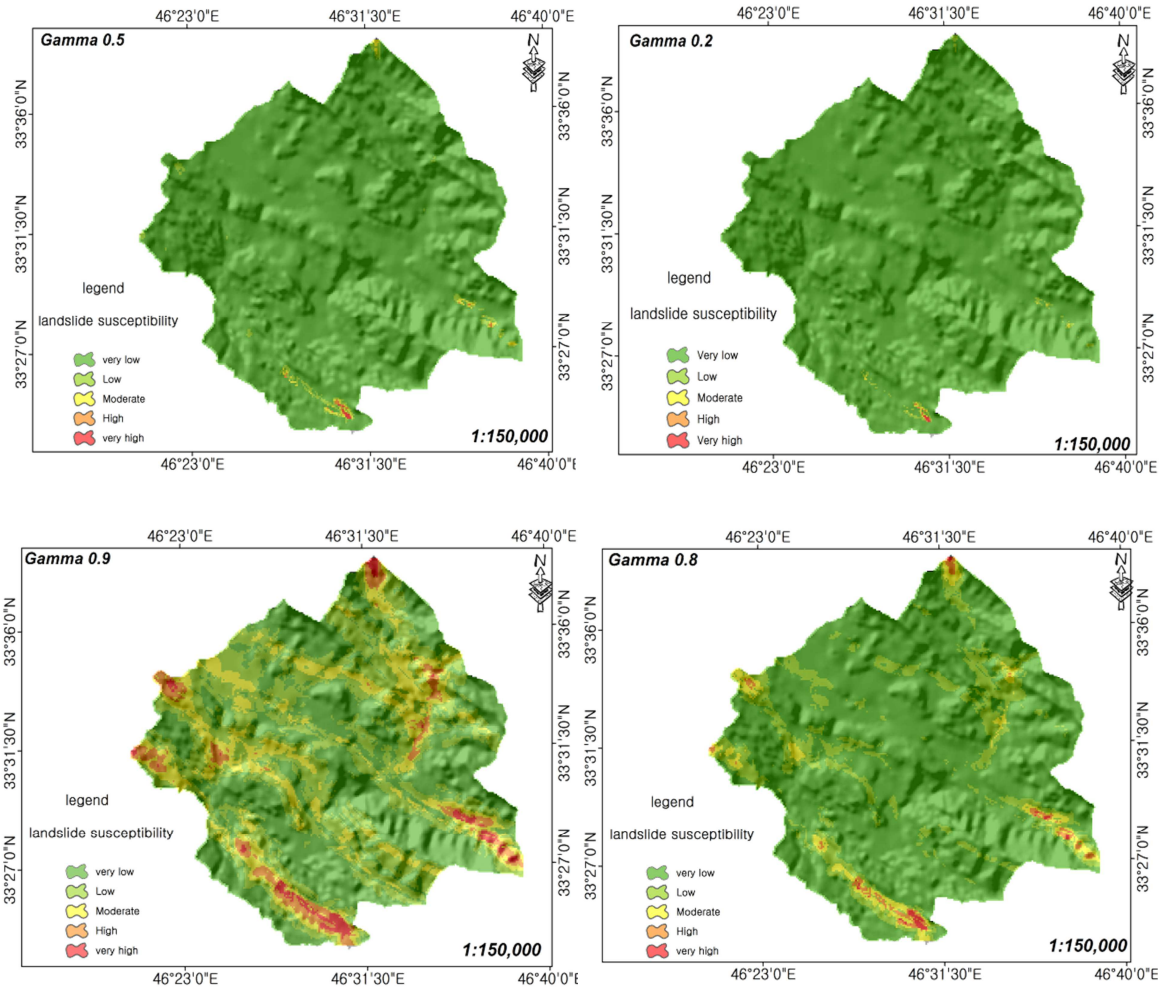
شکل ۳: نتایج فازی سازی هر یک از عوامل مؤثر بر خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از توابع عضویت فازی

نقشه‌ی خطر زمین لغزش

پس از انجام فازی سازی لایه‌ها، نقشه های مذکور با استفاده از دانش کارشناسی وزن دهی شدند. بر این اساس با توجّه به درجه‌ی اهمیّت و مقدار تأثیر هر کدام از عناصر آنها را وزن‌دهی نمودیم این وزن‌ها شامل موارد زیر بودند: (جاده ۰/۲۷۱، شیب ۰/۲۳۹، آبراهه ۰/۱۵۷، زمین شناسی۰/۱۲۷، کاربری ۰/۰۷۲، گسل ۰/۰۳۴، بارش ۰/۰۳۵، جهت شیب ۰/۰۳۰، ارتفاع ۰/۰۳۰). سپس با استفاده از عملگرهای فازی[1] و گامای فازی با لانداهای ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۰/۹ این لایه‌ها تلفیق گردیدند و در نتیجه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از توابع مذکور تهیه گردید (شکل ۴).

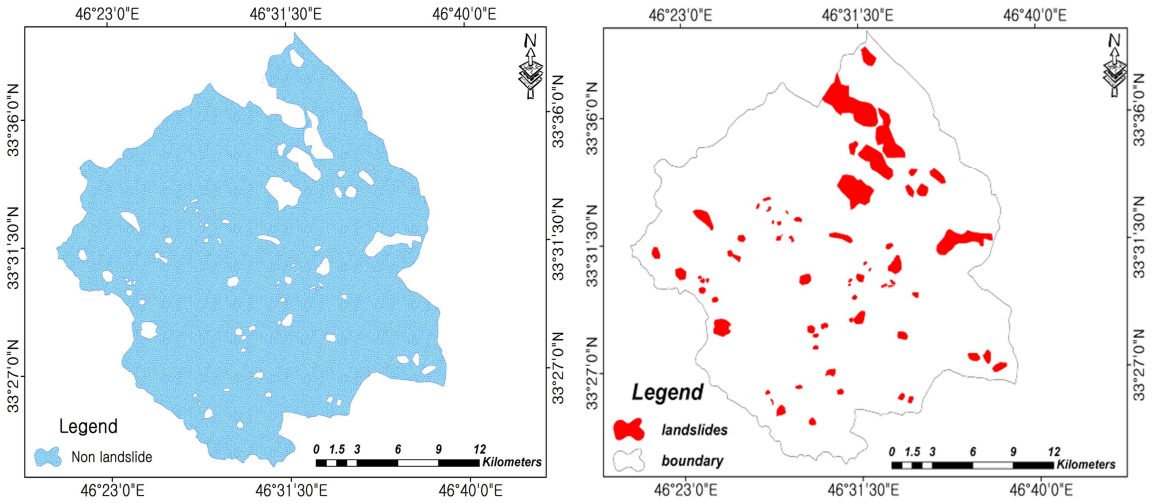


1- Fuzzy operators



شکل۴: نتایج همپوشانی لایه‌ها با استفاده از عملگرهای فازی

سپس نقشه‌های مذکور با نقشه‌ی مناطق وقوع زمین لغزش و نقشه‌ی مناطق فاقد زمین لغزش قطع داده شد تا دقّت انواع عملگرهای مورد استفاده تعیین گردد. نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از دو نقشه‌ی "مناطق لغزشی" و "مناطق فاقد لغزش" قطع داده شد تا تعداد پیکسل‌های واقع در هر طبقه (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) که در داخل مناطق لغزشی (شکل ۵-a) و بیرون از محدوده‌ی لغزش (شکل ۵- b) قرار گرفته‌اند مشخص گردد. سپس نسبت فراوانی پیکسل‌های واقع در محدوده‌ی زمین لغزش به نسبت فراوانی پیکسل‌های بیرون از محدوده‌ی زمین لغزش برای هر یک از عملگرها و در هر طبقه (خطر بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) محاسبه گردید که نتایج به شرح جداول۲ تا ۴ می‌باشد.



شکل۵: مناطق لغزشی و فاقد لغزشی منطقه

جدول۳: درصد پیکسل‌ها در محدوده‌ی واقعی خطر زمین لغزش

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۰/۶۳	۴/۹۹	۱۷/۱۳	۱۰/۴۱	۶۶/۸۴
عملگر AND	۹۹/۸۴	۰/۱۶	۰	۰	۰
عملگر Product	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
عملگر SUM	۴/۰۴۷	۸/۳	۲۷/۵۴	۴۰	۲۰/۰۸
GAMMA0.2	۹۹/۶	۰/۰۴	۰	۰	۰
GAMMA0.5	۹۸/۵	۱/۲۶	۰/۲۴	۰	۰
GAMMA0.8	۸۲/۹۸	۱۴/۳	۱/۸۵	۰/۸۶	۰
GAMMA0.9	۲۹/۹	۴۳/۹۷	۲۱/۱	۳/۵۸	۱/۴۱

جدول۴: درصد پیکسل‌ها در محدوده ی فاقد خطر زمین لغزش

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۱/۲۴	۱۱/۴۲	۴۰/۴۷	۱۵/۷	۳۱/۱۷
عملگر AND	۹۸/۹	۰/۴۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عملگر Product	۹۹/۷۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عملگر SUM	۸/۴	۲۰/۷۳	۳۶/۶	۲۴/۷۷	۹/۵
GAMMA0.2	۹۹/۵	۰/۳۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
GAMMA0.5	۹۸/۶۶	۰/۹۸	۰/۲۸	۱۰۰	۱۰۰
GAMMA0.8	۸۶/۱۸	۱۰/۸	۲/۲۴	۰/۷۲	۱۰۰
GAMMA0.9	۴۹/۱۶	۳۲/۹	۱۲/۸	۳/۸	۱/۳۸

جدول۵: نسبت فراوانی پیکسل‌های لغزشی به پیکسل‌های فاقد لغزش

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	م‌توسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۰/۵۰۸	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۶۶	۲/۱۴
عملگر AND	۱/۰۰۹	۰/۳۵	۰	۰	۰
عملگر Product	۱/۰۰۳	۰	۰	۰	۰
عملگر SUM	۰/۴۸	۰/۴	۰/۷۵	۱/۶۲	۲/۱۱
GAMMA0.2	۱/۰۰۱	۰/۱	۰	۰	۰
GAMMA0.5	۰/۹۹	۱/۲۹	۰/۸۶	۰	۰
GAMMA0.8	۰/۹۶	۱/۳۲	۰/۸۳	۱/۱۹	۰
GAMMA0.9	۰/۶	۱/۳۴	۱/۶۵	۰/۹۴	۱/۰۲

بحث

نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگرهای فازی و فازی گاما با لانداهای مختلف (شکل ۴) ارائه گردید. دقّت در نقشه‌های ارائه شده نشان می‌دهد که نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تهیّه شده با استفاده از اپراتور فازی And تقریباً تمام سطح منطقه‌ی مورد مطالعه را در کلاس خطر بسیار کم قرار داده است. اما استفاده از اپراتور فازی Or منجر شده که قسمت اعظم منطقه در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گیرد. قابل ذکر است که اپراتورهای And و Or همان اپراتورهای منطق بولین بوده که نتایج آن به صورت کاملاً بدبینانه (۰) و کاملاً خوش بینانه (۱) ظاهر گردیده‌اند. خروجی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور Sum ارائه گردید. از آنجا که در این اپراتور ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل می‌کند در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خطر بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرند و به همین دلیل این اپراتورحساسیت خیلی کمی در پهنه‌بندی دارد. نتیجه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور فازی Product نشان داده شد. از آنجایی که در این اپراتور تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند، لذا این اپراتور باعث شده تا در شکل خروجی، اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کند و در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس حساسیت به خطر زیاد و خیلی زیاد به لغزش قرار بگیرد. به منظور تعدیل حساسیت خیلی بالای اپراتور ضرب فازی و دقّت خیلی کم اپراتور فازی جمع، اپراتور دیگری به نام فازی گاما مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر مختلفی از اپراتور فازی گاما (۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۰/۹) به کار گرفته شد (Lee,2007). نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور فازی گاما با مقادیر مختلف ارائه گردید. دقّت در شکل‌های ارائه شده نشان می‌دهد که هر چه مقدار گامای انتخابی از ۰/۲ به سمت ۰/۹ تمایل پیدا می‌کند نقشه‌های حاصله دارای کلاس‌های مختلف شده، جدایش بهتری بین کلاس‌های ارائه شده حاصل گردیده و دقّت نقشه‌های تهیه شده بیشتر می‌گردد که با نتایج نظرات Chi و همکاران(۲۰۰۲)؛ Tangestani(2003)؛ Champati-ray(2007) و Lee(2007) مطابقت داشته است. همچنین نتایج توصیف آماری اپراتورهای فازی با تابع عضویت فازی در جدول ۵ ارائه گردید. دقّت در جدول نشان می‌دهد که هر چه از اپراتور فازی And به سمت اپراتور فازی گاما با مقدار ۰/۹ می‌رویم با در نظر گرفتن ضریب تغییرات و کاهش تدریجی آن، می‌توان بیان کرد که از لحاظ آماری نیز اپراتور گامای ۰/۹ دقّت بیشتری را در منطقه‌ی مورد مطالعه داشته است.

با توجّه به دادهای مندرج در جدول شماره‌ی۵ مشخص می‌گردد که عملگرهای گامای ۰/۸ و ۰/۹ با دارا بودن بالاترین نسبت فراوانی در طبقات خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بهترین عملکرد را در مدلسازی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ایفا نموده‌اند و بیشترین تطابق را با نقشه‌ی واقعی زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته در منطقه داشته‌اند.

پس از تعیین تعداد پیکسل‌های لغزشی و فاقد لغزشی عوامل و طبقات مختلف، درصد مساحت لغزشی طبقات نیز به دست می‌آوریم (جدول شماره‌ی ۶).

جدول۶: درصد مساحت مناطق لغزشی به تفکیک طبقات خطر

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۱/۲	۱۰/۱	۳۹/۵	۱۵/۴	۳۳/۸
عملگر AND	۹۸/۸	۰/۴	۰/۲	۰/۵	۰/۱
عملگر Product	۹۹/۹	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
عملگر SUM	۸	۱۹/۷	۳۶/۳	۲۵/۹	۱۰/۳
GAMMA0.2	۹۹/۵۷	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۲
GAMMA0.5	۹۸/۸	۰/۹۱	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۰۲
GAMMA0.8	۸۶/۲	۱۰/۷۳	۲/۲۵	۰/۷۵	۰/۰۷
GAMMA0.9	۴۷/۹	۳۳/۷	۱۳/۳	۳/۷	۱/۴

تحلیل و ارزیابی نتایج نشان داد که فازی‌سازی با استفاده از روش توابع عضویت به دلیل تطابق هر نقشه عاملی با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها و محاسبه‌ی پیکسل‌های لغزش یافته و بدون لغزش می‌تواند از ارزش بیشتری نسبت به هر روشی دیگر برخوردار باشد.

با استناد به جدول شماره‌ی ۶ نیز مشخص می‌گردد که مساحت لغزش در عملگر گامای ۰/۹ بیشترین مقدار خود (۱۸/۴ درصد) در طبقات خطر متوسط تا بسیار زیاد را در خود جای داده است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دقّت نقشه‌های پهنه‌بندی خطر برای فرآیندهای لغزشی مستقیماً در ارتباط با روش فازی‌سازی بوده و انتخاب روش و یا مدل از اهمیّت زیادی برخوردار است. مقایسه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حاصل از اپراتورهای فازی نشان داده که برای منطقه‌ی مورد مطالعه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور فازی گامای ۰/۹ بیشترین دقّت و صحّت را داشته است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که به منظور انجام هرگونه اقدامات اجرایی در منطقه توجّه زیادی به نقشه‌ی حاصله به عنوان یک مبنا گردد.

نتیجه‌گیری

حوزه‌ی آبخیز سد چم گردلان در جنوب شرقی شهرستان ایلام قرار دارد که در حدود ۴۷۶/۵ کیلومتر مربع مساحت دارد. در این پژوهش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه‌ی آبخیز سد چم گردلان ایلام با استفاده از عملگرهای

فازی صورت گرفت. بررسی نتایج بدست آمده از مقادیر عضویت فازی و ارتباط بین عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و لغزش‌های رخداده در منطقه‌ی مورد مطالعه در جداول ۶-۳ ارائه گردید. نتایج نشان می‌دهد که دقّت پهنه‌بندی با به کارگیری عملگر اشتراک فازی به‌دلیل لحاظ شدن حداقل ارزش عضویت هر عامل در هر نقطه، همواره کم و غیرقابل اعتماد می‌باشد. در عملگر ضرب فازی نیز بدلیل ضرب عوامل وزنی با یکدیگر اعداد به سمت صفر میل کرده و بیشتر لغزش‌ها در طبقات خیلی کم و کم قرار می‌گیرد. در جمع جبری ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل کرده و دقّت خیلی کم در تعیین توانمندی مناطق لغزشی را دارد و منطقه‌ی وسیعی را بعنوان مناطق دارای استعداد زمین لغزش معرفی می‌کند. با در نظر گرفتن اختلاف فاحش بین نتیجه‌ی استفاده از عملگرهای جمع جبری فازی با ضرب جبری فازی و به منظور دستیابی به نتیجه‌ی مناسب‌تر و جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم جمع جبری فازی، از فازی گاما با لانداهای مختلف که حد فاصل این دو عملگر می‌باشد استفاده شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که در ارزیابی عملگرهای مختلف فازی، عملگر فازی گامای ۰/۹ مناسب ترین مدل در تعیین توانمندی خطر زمین لغزش در حوزه‌ی آبخیز سد چم گردلان ایلام بشمار می‌رود و لذا به عنوان نقشه‌ی مبنا پیشنهاد می‌گردد.



شکل۵: نمونه‌هایی از لغزش زمین به علت احداث جاده

منابع

اشقلی فراهانی عقیل (۱۳۸۰)، ارزیابی خطر ناپایداری دامنه های طبیعی در منطقه ی رودبار با استفاده از تئوری فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت معلم.

احمدی حسن (۱۳۷۸)، ژئومورفولوژی کاربردی جلد۱(فرسایش آبی)، شماره ۱۹۵۴، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.۶۸۸ص.

باقریان رضا، گودرزی مسعود، غیومیان جعفر (۱۳۸۴)، بررسی خسارات اقتصادی – اجتماعی زمین لغزش(مطالعه ی موردی: زمین لغزش های امامزاده علی هراز و باریکان طالقان)، نشریه ی علمی– پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۲.

رفاهی حسینقلی (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

سفیدگری رضا (۱۳۸۱)، ارزیابی روشهای پهنه بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۹ ص.

سوری‌سلمان، غلامرضالشکری پور، محمدغفوری و فرهادی نژاد طاهر (۱۳۹۲)، اولویت بندی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه کشوری). نشریه زمین‌شناسی مهندسی ایران، ۶ (۱ -۲): ۱-۱۲.

شریعت جعفری محسن (۱۳۷۴)، زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی). انتشارات سازه.

جمالی علی اکبر، عبدالخانی علی (۱۳۸۸)، کاربرد GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطرزمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل موثر در ایجاد لغزش مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۸.

غیومیان جعفر، فاطمی عقداسیدمحمود، اشقلی فراهانی عقیل و تشنه لب محمد (۱۳۸۱)، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش تصمیم گیری چندمشخصه ی فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان)، پژوهش و سازندگی، ۵۷-۵۶: ۸۰-۶۷.

صفاری امیر، اخدرآرش (۱۳۹۲)، مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه بندی خطر زمین لغزش مطالعه - موردی: جاده ارتباطی مریوان سنندج، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهارم، صص ۷۹-۹۶

کرم عبدالامیر (۱۳۸۰)، مدلسازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخون- استان چهارمحال و بختیاری)، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۵۴ ص.

کورهپزان دزفولی امین (۱۳۸۴)، اصول تئوری مجموعه های فازی و کاربردهای آن در مدلسازی مسایل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ اول، ۲۶۱ ص.

Alaiee Taleghani, M., Rahimzadeh, Z., Amini, A., 2011. Mass Zoning the Skirts Sensitivity to Instability (Slippage) at Javanrood Catchment Area by the Use of Two Variables Statistical Model of Surface Compaction. Geography and Development. No 22, 57-72. (In Pe).

Bonham-Carter, G. F. (1991). Geographic Information System for Geoscientists: Modeling with GIS, Pergamon, Ontario, PP. 291-300.Bui DT, Pradhan B, Lofman O, Revhaug I, Dick OB.2012. Spatial prediction of landslide hazards in Hoa Binh province (Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic models. CATENA.9628-40.

Champati-Ray, P.K., Dimri, S., Lakhera, R.C., and Sati, S. 2007. Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in an active seismic zone of Himalaya Landslides, 4: 101-111.

Ercanoglu, M., and Gokceoglu, C. 2004. Use of fuzzy relations to producelandslide susceptibility map of a landslide-prone area (West Black Sea Region, Turkey), Engineering Geology, 75: 229–250.

Fallah-Ghalhary, G.A., M. Mousavi-Baygi, M. & Habibi Nokhandan, M., 2009, "Annual rainfall forecasting by using Mamdani fuzzy inference system",Res. J. Env. Sci., Vol. 3: 400-41.

Gorsevski, P.V., Jankowski, P., and Gessler, P.E. 2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, Control and Cybernetics, 35: 1-26.

Lee, S., Abdul Talib, J.2005. Probabilistic landslide susceptibility and factoreffect analysis, Environmental Geology,47:982-990

Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping, Environmental Geology, 52: 615-623.17.

22. Moradi, H. R., Pourghasemi, H. R., Mohammadi, M., Mahdavifar, M. R., 2010. Landslide Hazard Zoning using Gamma Fuzzy Operator, with a Case Study of Haraz Watershed. Environmental Sciences. Vol 7, No 4, 129-142.

Pourghasemi, H R., Moradi, H.R., and Mohammadi, M., 2008. Application of fuzzy and GIS in identify and slopes instability zonation and environmental management, ۱st Conference on Environmental Systems Planning and Management Engineering.2-1Jan. 2008at University Tehran, Iran...

Tangestani, M.H.2003. Landslide susceptibility mapping using fuzzy gamma operation in GIS, Kakan catchment area, Iran, Proceedings of the Map India 2003, Conference, copyright GIS Development.net

Wong W-D, Xie C-M, Du X-G. 2009. Landslide susceptibility mapping in Guizhou province based on fuzzy theory. Mining Science and Technology (China), 19(3):399-404

Zadeh, L.A.1965. Fuzzy sets, Information and Control,8,338-352.

Zhu A-X, Wang R, Qiao J, Qin C-Z, Chen Y, Liu J, Du F, Lin Y, Zhu T. 2014. An expert knowledge-based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic. Geomorphology, 214: 128-138.

Zhu, A.X., Wang, R.X., Qiao, J.P., Chen, Y.B., Cai, Q.G., Zhou, C.H.2004. Mapping landslide susceptibility in the three gorges area, China using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, and September2003). IAHS Publ.289,2004,385-391.

Research Article

The Zoning of the danger of landslide by using the Fuzzy Region (case study: the Watershed in Cham Gordlan dam in Ilam)

Zabihollah Rostami[1], Seyed Ali Almodaresi*[2], Ali Akbar Jamali[3]

Received: 07-09-2016 Revised: 17-05-2017 Accepted: 06-07-2019

Abstract

Geographically, the studied region in Ilam dam watershed is between 46°16'36" to 46°38'32" eastern longitude and 33°23'27" to 33°38'54" northern latitude. The area of case study is 476.5km2 with the highest and lowest height as 2400 m and 640m above sea level. In this study, in order to map the landslide hazard zonation of Ilam Cham Gordalan dam basin by weighting the main criteria and using fuzzy membership functions in Arc GIS and establishing the best relationship functions between the presence and absence of landslides, a set of parameters is used. Then, each of the factors affecting landslides in the under-study area such as slope, slope direction, elevation, geology, land use, distance from roads, distance from drainage network, distance from the fault, and rainfall map has been digitized in the software environment of ArcGIS and are used in the fuzzy analysis. Landslide hazard in the under-study area has been zoned using fuzzy operators (Gamma, Product, Sum, Or, And). After the fuzzy fiction phase, the effective measures in the landslide occurrences in the area have been prepared using the above-mentioned method through Gamma fuzzy operators with Lambda 0.2،0.5،0.8and 0.9and by comparing final maps, the ideal model for the landslide hazard zonation in the area has been selected. The results show that among the above-mentioned operators, the Gamma operator with Lambda 0.9 is considered to be the most appropriate method for zoning the landslides in this area due to its fine fuzzy fiction of each criterion based on the distribution maps of occurred landslides and the way of separating risk classes.

Keywords: fuzzy logic, fuzzy operators, membership function, Geographic Information Systems, Ilam Cham Gordalan dam.

[1]- Graduate Student, Remote sensing and GIS Yazd branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran
[2]*- Associate professor, Department of RS and GIS, Yazd branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran
Email: almodaresi@iauyazd.ac.ir
[3]- Associate professor, Department of GIS and Watershed MGT, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran

References

References (in Persian)

AshqaliFarahani,A. (2001),Estimating the Instability of Natural Slopes in Rudbar Region Using Fuzzy Theory, Master's Thesis for Engineering Geology, Tarbiat Moallem University. [In Persian]

Bagherian,R.,Goodarzi,M., & Ghaiorian, J. (2005), Investigation of Economic-Social Damage to Landslide (Case Study: Imamzadeh Ali-Haraz and Barikan Taleghan Landslides), Scientific and Research Journal of Water and Watershed, No. 2. [In Persian]

Ghayumian, J, Fatemi Agda, S,M., Ashgholi Farahani, A., & Teshneh Lab, M. (2002), Land risk zoning by using Fuzzy Multi-Definition Decision Making (Case Study: Rudbar Gilan), Research and Development, 57-56: 80- 67. [In Persian]

Jafari M, Sh. (1374), Landslide (the basics and principles of natural slope stability). Sazeh Publication. [In Persian]

Jamali, A, A., Abdolkhani, A. (2009), Application of GIS and Analytical Hierarchy Process in Risk Ranging of Slipping and Comparing the Preference of Factors Influencing Slipping Case Study: Manishad Watershed, Yazd, Geomatics Conference 2009. [In Persian]

Karam, A. (2001), Quantitative Modeling and Landslide Risk Assessment in Finished Zagros (Case Study: Sarkhoun Watershed - Chaharmahal va Bakhtiari Province), PhD dissertation of Natural Geography, Tarbiat Modares University, 354 p. [In Persian]

Koorepzan Dezfuli,A. (2005), The Principles of the Theory of Fuzzy Collections and Its Applications in Modeling Water Engineering Issues, Amirkabir Industrial University Jihad Publication, First Edition, 261 p. [In Persian]

Refahi, H. (2003), Water erosion and its control, Tehran University Press. [In Persian]

Sefidgari, R. (2002), Evaluation of landslide hazard zonation methods in scale 1: 50000 (Case study: Damavand watershed), Master thesis for engineering geology, Tarbiat Modares University, 159 p. [In Persian]

Safari, A.,Akhdar, A. (1392), Comparison of the Frequency Ratio Model and Fuzzy Membership Functions in Landslide Risk Density (Case Study: Marivan Communication Sanandaj Road), Journal of Geography and Environmental Hazards, No. 4, pp. 79-96. [In Persian]

Suri,S, G, Sh,., Ghafouri,M., & Farhadinejad, T. (2013), Prioritizing the Factors Influencing Landslide and Preparing Its Risk Map Using Analytical Hierarchy Process Model (Case Study: National Basin). Journal of Engineering Geology, 6 (1 -2): 1-12. [In Persian]

References (in English)

Alaiee Taleghani, M., Rahimzadeh, Z., Amini, A., 2011. Mass Zoning the Skirts Sensitivity to Instability (Slippage) at Javanrood Catchment Area by the Use of Two Variables Statistical Model of Surface Compaction. Geography and Development. No 22, 57-72. (In Pe).

Bonham-Carter, G. F. (1991). Geographic Information System for Geoscientists: Modeling with GIS, Pergamon, Ontario, PP. 291-300.Bui DT, Pradhan B, Lofman O, Revhaug I, Dick OB. 2012. Spatial prediction of landslide hazards in Hoa Binh province (Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic models. CATENA, 96: 28-40.

Champati-Ray, P.K., Dimri, S., Lakhera, R.C., and Sati, S. 2007. Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in an active seismic zone of Himalaya Landslides, 4: 101-111.

Ercanoglu, M., and Gokceoglu, C. 2004. Use of fuzzy relations to producelandslide susceptibility map of a landslide-prone area (West Black Sea Region, Turkey), Engineering Geology, 75: 229–250.

Fallah-Ghalhary, G.A., M. Mousavi-Baygi, M. & Habibi Nokhandan, M., 2009, "Annual rainfall forecasting by using Mamdani fuzzy inference system",Res. J. Env. Sci., Vol. 3: 400-41.

Gorsevski, P.V., Jankowski, P., and Gessler, P.E. 2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, Control and Cybernetics, 35: 1-26.

Lee, S., Abdul Talib, J.2005. Probabilistic landslide susceptibility and factoreffect analysis, Environmental Geology,47:982-990

Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping, Environmental Geology, 52: 615-623.17.

Moradi, H. R., Pourghasemi, H. R., Mohammadi, M., Mahdavifar, M. R., 2010. Landslide Hazard Zoning using Gamma Fuzzy Operator, with a Case Study of Haraz Watershed. Environmental Sciences. Vol 7, No 4, 129-142.

Pourghasemi, H R., Moradi, H.R., and Mohammadi, M., 2008. Application of fuzzy and GIS in identify and slopes instability zonation and environmental management, 1st Conference on Environmental Systems Planning and Management Engineering, 1-2Jan. 2008at University Tehran, Iran...

Tangestani, M.H.2003. Landslide susceptibility mapping using fuzzy gamma operation in GIS, Kakan catchment area, Iran, Proceedings of the Map India 2003, Conference, copyright GIS Development.net

Wong W-D, Xie C-M, Du X-G. Landslide susceptibility mapping in Guizhou province based on fuzzy theory. Mining Science and Technology (China), 19(3):399-404

Zadeh, L.A.1965. Fuzzy sets, Information and Control,8,338-352.

Zhu A-X, Wang R, Qiao J, Qin C-Z, Chen Y, Liu J, Du F, Lin Y, Zhu T. 2014. An expert knowledge-based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic. Geomorphology, 214: 128-138.

Zhu, A.X., Wang, R.X., Qiao, J.P., Chen, Y.B., Cai, Q.G., Zhou, C.H.2004. Mapping landslide susceptibility in the three gorges area, China using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, and September2003). IAHS Publ.289,2004,385-391.