کاربرد منطق فازی در شناسایی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان

عزت‌اله قنواتی [۱*]، امیر کرم [۱] و ابراهیم تقوی‌مقدم [۲]

[۱] دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

[۲] دانشجوی دکترا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/ ۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۴

چکیده

ارزیابی زمین به‌منظور شناخت و پهنه‌بندی عرصه‌های حساس به حرکات دامنه‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش از پژوهش‌های مربوط به جغرافیدانان طبیعی به‌ویژه ژئومورفولوژیست‌ها است. شناسایی و تعیین مناطق حساس و مستعد لغزش می‌تواند ضمن جلوگیری از بروز خسارت‌ها، زمینه را برای اجرای طرح‌های پایدارسازی دامنه‌ها فراهم آورد. در این پژوهش به‌منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز طالقان از متغیرهای شیب، سوی شیب، سنگ‌نگاری، کاربری زمین‌ها، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از جاده برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شد. پس از ساخت و تجزیه تحلیل لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Arc GIS از توابع عضویت فازی برای وزن‌دهی به‌لایه‌ها استفاده شد. لایه‌های فازی استاندارد شده در محیط GIS همپوشانی شده و با استفاده از عملگرهای منطق فازی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تولید شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد عملگر گامای ۰/۷ در مقایسه با دیگر عملگرهای فازی مناسب‌تر است. بر این اساس ۱۸/۹۱ درصد از مساحت منطقه به‌عنوان مناطق پرخطر معرفی شده است؛ بدیهی است که اختصاص کاربری‌های مسکونی، خدماتی و ... در این محدوده‌ها سبب افزایش خسارت‌های مالی و جانی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: منطق فازی، پهنه‌بندی، زمین‌لغزش، سامانه اطلاعات جغرافیایی، طالقان.

***نویسنده مسئول:** عزت اله قنواتی

E-mail: Ghanavati@khu.ac.ir

۱–پیش‌گفتار

زمین‌لغزش از سوانح طبیعی است که همه ساله موجب بروز خسارت‌های فراوان مالی و جانی در سراسر جهان می‌شود. در حال حاضر نیز هرساله ده‌ها زمین‌لغزش در نقاط مختلف کشور رخ می‌دهد و مناطق مسکونی، راه‌ها و تأسیسات بسیاری را مورد تهدید قرار می‌دهد. استان‌های گیلان، مازندران، اردبیل، فارس، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان و تهران از مهم‌ترین مناطق رخداد زمین‌لغزش درکشور هستند. حجم سنگین خسارات و تلفات ناشی از لغزش‌ها به‌خاطر رشد و گسترش فعالیت‌های بشری در سال‌های اخیر، مسئله پیش‌بینی و کنترل این پدیده مخرب را پیچیده کرده و آن را در اولویت کاری بسیاری از کشورها قرار داده است. به همین خاطر چگونگی ارزیابی خطر زمین‌لغزش و روش‌های مختلف آن در منابع بسیار مورد بررسی قرار گرفته است. در بیشتر منابع، زمین‌لغزش را مترادف با حرکات توده‌ای در نظر می‌گیرند (امیراحمدی و همکاران، ۱۳۸۹) برای نمونه (چورلی، ۱۹۸۵) زمین‌لغزش را حرکت توده‌ای از مواد سازنده زمین، از یک شیب به‌سوی پایین معرفی کرده‌اند. رده‌بندی زمین‌لغزش‌ها بیشتر بر پایه نوع حرکت، سرعت آن و یا مقدار آب موجود در توده است. به‌دلیل نیاز جوامع مختلف و با توجه به تغییرات سریع در سطح زمین از دید کاربری، استفاده از روش‌های پیشرفته دسترسی به‌داده‌ها و اطلاعات مانند داده‌های سنجش از دور و نرم‌افزارهای کامپیوتری برای تهیه نقشه‌های به‌روز شده و منطبق با شرایط روز اجتناب‌ناپذیر است.

روش‌های بسیاری برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش وجود دارد ولی به‌طور کلی این روش‌ها به دو دسته روش‌های مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. روش‌های مستقیم پهنه‌بندی بر پایه قضاوت‌های متکی بر مناطق لغزش‌یافته صورت می‌گیرد، ولی روش‌های غیرمستقیم که این پژوهش نیز از آن جمله است بر پایه شناسایی عوامل کنترل‌کننده و تلفیق این عوامل به عنوان معرف‌های پتانسیل زمین‌لغزش، در پهنه‌بندی است. از این روش‌ها می‌توان به روش‌های پیشنهادی Mora And Varson ، Anbalagan ، Nilsen و روش اصلاح شده آن و روش‌های دیگر که متناسب با مناطق مختلف به کاربرده شده است، اشاره کرد امروزه از روش‌هایی مانند روش LHI (Landslide Hazard Index)، AHP (Analytical Hierarchy Process)، FR (Frequency Ratio)، ANN (Artificial Neural Networks)، IV (Information Value) و LR (Logistic Regressions) برای پیش‌بینی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده می‌شود (Young et al., 2010) گرچه به‌طور مطلق میزان خسارات اقتصادی ناشی از زمین‌لغزش‌ها در کشورهای پیشرفته بیشتر است ولی بر پایه مطالعات انجام‌شده توسط UNDRC (United Nations Disaster Relief Coordinator) برای بسیاری از کشورهای در حال گسترش، این خسارات یک تا دو در صد تولید ناخالص آنهاست (USGS, 1999). بسیاری از زمین‌لغزش‌ها به‌ویژه زمین‌لغزش‌های قرن حاضر در ایران در اثر عدم رعایت اصول صحیح در تعیین کاربری زمین‌ها، گسترش مناطق مسکونی، ساخت راه‌ها و غیره به‌وجود آمده‌اند و شناخت مناطق حساس به زمین‌لغزش برای دستگاه‌های اجرایی اهمیت زیادی می‌یابد. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، تقسیم‌بندی نواحی مورد مطالعه به پهنه‌هایی با شدت خطر متفاوت بر پایه عوامل تأثیرگذار است که می‌تواند از رخداد این مخاطرات جلوگیری کند. حوضه طالقان یکی از حوضه‌های البرز مرکزی است که با توجه به شرایط خاص اقلیمی و توپوگرافیکی خود هر ساله شاهد رویداد حرکات دامنه‌ای است (شکل ۱). با توجه به رشد جمعیت و توسعه اقتصادی منطقه و اختصاص عرصه‌های طبیعی غیرمجاز و پر خطر به‌کاربری‌های مسکونی، خدماتی و کشاورزی، میزان ناپایداری دامنه‌ها بیشتر شده و به‌رخداد خسارات و صدمات جبران‌ناپذیری در منطقه انجامیده است و بنابراین نیازمند یک بررسی همه‌جانبه به‌منظور شناسایی نواحی پرخطر در سطح منطقه است.

در قرن حاضر و با گسترش و پیشرفت سریع دانش بشری و نزدیکی علوم و تخصص‌ها به یکدیگر، مسئله ناپایداری دامنه‌ها و زمین‌لغزش‌ها یکی از کانون‌های اصلی توجه دانشمندان علوم ژئومورفولوژی، مهندسی زمین‌شناسی و ژئوتکنیک و رشته‌های مرتبط دیگر چون آبخیزداری و منابع‌طبیعی، برنامه‌ریزی محیط و آمایش سر زمین، تبدیل شده است. در زمینه پهنه‌بندی زمین‌لغزش و به‌ویژه استفاده از شبکه‌های فازی مطالعات گسترده‌ای در ایران و جهان صورت گرفته است؛ برای نمونه : Thiery et al. (2006) با استفاده از روش منطق فازی به ارزیابی مناطق مستعد

زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی آلپ در فرانسه پرداخته‌اند و استفاده از روش منطق فازی را به علت دقت بالا و سنجش خروجی با عملگرهای منطق فازی مناسب معرفی، و ترکیب عملگر sum و عملگر γ را برای تولید نقشه زمین‌لغزش به‌عنوان بهترین ترکیب معرفی می‌کنند. Lee (2007) با استفاده از منطق فازی به بررسی مناطق مستعد زمین‌لغزش در منطقه گانجنانگ کره پرداخته است. در این پژوهش ابتدا از روش FR به منظور 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 نقشه تولیدشده با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها به همراه بازدید میدانی، عملگر گامای ۰/۹ به عنوان بهترین عملگر با درجه اطمینان ۸۴ درصد معرفی شده است. Hoon Chi et al. (2002)، Schernthanner (2007) و Gemitzi et al. (2010) با استفاده از تابع عضویت فازی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را تهیه و روش منطق فازی را به‌دلیل هماهنگ و یک دست کردن داده‌ها و همچنین انعطاف‌پذیرکردن فرایند تحلیل فضایی به‌عنوان یک روش بسیار کارا و سودمند در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش معرفی کرده‌اند. با توجه به کوهستانی بودن بخش گسترده‌ای از مساحت ایران، مناطق مستعد رخداد حرکات توده‌ای بسیاری وجود دارد و پژوهشگران بسیاری در تلاش هستند با ارایه‌ها و روش‌های مختلف این مخاطرات طبیعی را شناسایی و پهنه‌بندی کنند. در این زمینه این مطالعاتی صورت گرفته است؛ متکان و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از متغیرهایی چون زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، ارتفاع، سوی شیب، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش گیاهی و کاربری زمین‌ها به‌پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز لاجیم‌رود پرداخته‌اند و وزن متغیرهای مؤثر برای استخراج توابع عضویت فازی، از روش فراوانی نسبی رخداد زمین‌لغزش محاسبه شده است در این پژوهش مشخص شده است که مدل گامای فازی و مدل میانگین وزنی مرتب شده فازی دارای کمترین تغییرپذیری و انحراف از معیار در مدل‌سازی نسبت به دیگر مدل‌ها هستند. بهنیانفر و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی به منطقه‌بندی خطر زمین‌لغزش در دامنه شمالی بینالود پرداخته‌اند.

۲–مواد و روش‌ها

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش علم تجربی و نوپایی است که حدود سه دهه دیرینگی دارد و پژوهشگران بسیاری در این زمینه مدل‌های متعددی را با توجه به شرایط محیطی مناطق مورد مطالعه، ارائه کرده‌اند. بنابراین در این پژوهش با توجه به اهمیت لغزش در حوضه، به تهیه و تدوین یک مدل کمی- کیفی برای پهنه‌بندی خطر بالقوه لغزش با استفاده از الگوریتم‌های فازی پرداخته شده است. در این پژوهش با توجه به تجربیات به‌دست آمده از بازدیدهای صحرایی و مطالعه منابع موجود ۱۰ عامل به‌عنوان عوامل اصلی مؤثر بر رخداد زمین‌لغزش در منطقه شناخته شده است. لایه‌های کاربردی مربوط به‌هر عامل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، اطلاعات آماری هواشناسی و . . . در محیط GIS ساخته شد (جدول ۱).

در ادامه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های رخداده و فراوانی زمین‌لغزش‌ها بر نقشه‌های تولید شده از هر معیار همپوشانی شدند. با استفاده از نقشه‌های حاصل تابع فازی مربوط رسم شد. این توابع در محیط (Spatial Analysis) مدل‌سازی‌شده و نقشه‌های فازی برای هر معیار تهیه شد. در پایان نقشه‌های فازی با استفاده از عملگرهای جمع، ضرب و گامای فازی همپوشانی و بهترین عملگر برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش معرفی شد. ساختار کلی پژوهش در شکل ۲ آمده است .

۳–معرفی منطقه پژوهش

حوضه آبریز طالقان که یکی از زیرحوضه‌های مهم رودخانه شاهرود به‌شمار می‌رود؛ در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز و در فاصله ۹۰ کیلومتری شمال باختر تهران واقع شده است. گسترش منطقه مورد مطالعه ۹۲۹ کیلومتر مربع است که در عرض جغرافیایی $5'\ 36^{o}$ تا $20'\ 36^{o}$ و طول جغرافیایی $40'\ 50^{o}$ تا $10'\ 51^{o}$ قرار دارد (شکل ۳). متوسط ارتفاع حوضه ۲۸۰۰ متر است و متوسط شیب حوضه در حدود ۳۲/۴ درصد است. حوضه طالقان به‌دلیل دربرگرفته شدن در میان دو رشته کوه در شمال و جنوب و یک رشته کوه در خاور حوضه یک شرایط اقلیمی خاص در منطقه دارد. میانگین بارش در منطقه برپایه آمارهای سازمان هواشناسی، در یک دوره ۳۰ ساله ۵۳۲ میلی‌متر و میانگین دما میان ۷ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد در سطح حوضه است. اقلیم منطقه بر پایه اقلیم‌نمای آمبرژه از نوع نیمه‌مرطوب ومرطوب سرد ارتفاعی است. از دید زمین‌شناسی، چاله ناودیسی طالقان در دوره پلیوستوسن همراه با ارتفاع‌یابی البرز ارتفاع گرفت و تحت تأثیر جنبش کوهزایی آلپی از آب بیرون آمد. با توجه به شواهد ریخت‌زمین‌ساختی، مهم‌ترین عامل زمین‌ساختی منطقه گسل طالقان است که با سوی باختری- خاوری سبب راندگی سازندهای دوره پالئوزوییک و سنوزوییک به زیر سازندهای دوره ترشیری می‌شود که به شکل‌گیری طاقدیس‌هایی با محور خاوری- باختری در منطقه انجامیده است. از دید خاک‌شناسی، خاک‌های منطقه به ۳ گروه خاک‌های آبرفتی ریزدانه، خاک‌های آبرفتی درشت‌دانه و کنگلومراهای تجزیه‌شده همراه با ماسه رده‌بندی می‌شوند. سنگ‌شناسی منطقه نیز به۵ دسته کلی تقسیم می‌شود که عبارتند از تشکیلات دوران چهارم (پادگانه‌های جدید،)، رسوبات یخچالی دوران سوم (ریس) به‌همراه لایه مارن در زیر، تشکیلات غیر متراکم رسوبی میوسن، تشکیلات آذرین و تشکیلات دگرگونی؛ که تشکیلات دسته دوم به‌دلیل وجود لایه سست مارن در زیر و رسوبات درشت‌دانه در بالا مستعد حرکات توده‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش هستند.

۴– منطق فازی

واژه «فازی» در فرهنگ لغت اکسفورد به‌صورت «مبهم، گنگ، نادقیق، گیج، مغشوش، درهم و نامشخص» تعریف شده است. نظریه مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی‌زاده در رساله‌ای به نام «الگوریتم‌های فازی» (لطفی‌زاده، ۱۹۶۵) معرفی کرد.

در نظریه کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموع هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری پیروی می‌کند. ولی تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را گسترش می‌دهد و عضویت درجه‌بندی‌شده را مطرح می‌کند. به‌این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد (Kosko, 1992). به‌بیان دیگر، $u(x)$ نگاشتی از مقادیر x به‌مقادیر عددی ممکن میان صفر و یک را می‌سازد. تابع $u(x)$ ممکن است مجموعه‌ای از مقادیر گسسته یا پیوسته باشد. وقتی که u تنها تعدادی از مقادیر گسسته میان صفر و یک را تشکیل می‌دهد، در این نظریه، عضویت اعضای مجموعه از راه تابع $u(x)$ مشخص می‌شود که x نمایانگر یک عضو مشخص و u تابعی فازی است که درجه عضویت x در مجموعه مربوط را تعیین می‌کند و مقدار آن میان صفر و یک است (Juang et al., 1992) (شکل ۴).

یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی توانایی انجام محاسبات در محیط آن بر پایه جداول اطلاعاتی است که کمتر نرم‌افزاری این قابلیت را دارد. در این پژوهش با ساخت لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش وترکیب این لایه‌ها با تحلیل‌های منطق‌فازی این امکان فراهم آمده است تا بتوان یک رابطه ریاضی و دقیق میان معیارها برقرار کرد که این رابطه بیشترین تطبیق را با روابط طبیعی جهان داشته باشد. این ترکیب با استفاده از شبکه استنتاج فازی (Fuzzy Inference Network) عملگرهایی چون (AND)، (OR)، ضرب فازی، جمع فازی، ترکیب ضرب و جمع فازی، عملگر گامای فازی، عملگر (OWA) و روش میانگین وزنی مرتب‌شده فازی انجام می‌گیرد. (متکان، ۱۳۸۸)

۵–آماده‌سازی لایه‌ها

لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: ارتفاع، شیب، سوی شیب، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل و خطواره، تراکم پوشش گیاهی، کاربری زمین، بارش، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه است. در این پژوهش از نرم‌افزار surfer 8 برای رقومی‌سازی نقشه‌های توپوگرافی استفاده شد؛ معیارهای ارتفاع، شیب، سوی شیب در محیط Spatial Analysis از بسته نرم‌افزاری ARC GIS 10 ساخته شد. از نرم‌افزار Pci Geomatica 3.2 برای ساخت نقشه تراکم پوشش گیاهی، آشکارسازی خطواره‌ها، تهیه نقشه کاربری زمین استفاده شد همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و شاخص گیاهی NDVI نقشه تراکم پوشش گیاهی و از روش رده‌بندی نظارت شده نقشه کاربری زمین به دست آمد. از نرم‌افزار Arc Scenes برای تحلیل سه بعدی پدیده‌ها استفاده شد. لایه سنگ‌شناسی و پراکنش گسل‌ها نیز از رقومی‌کردن نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ برگه قزوین– رشت و دیگر لایه‌ها نیز از رقومی‌سازی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در محیط GIS تولید شد؛ این لایه‌ها در محیط Spatial Analysis نرم‌افزار GIS و برای استفاده در روش منطق فازی رده‌بندی و استانداردسازی شدند.

۶– تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش برای وزن‌دهی به هر یک از معیارها از نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های رخ‌داده استفاده شد. نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها از راه بررسی‌های میدانی مناطق گزارش‌شده و همچنین مطالعات آبخیزداری سازمان منابع‌طبیعی ساخته شد. با انطباق نقشه پراکنش بر لایه‌های ساخته‌شده، فراوانی زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در هر لایه به‌دست آمد و برای وزن‌دهی به هر دسته، مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۵). همچنین برای بالا بردن دقت و کیفیت وزن‌دهی به هر معیار از صاحب‌نظران و پژوهشگران مربوط نیز نظرخواهی شد. برای نمونه تنها معیار ارتفاع بیان می‌شود.

۷– عامل ارتفاع

با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص شده است که بیشتر زمین‌لغزش‌های رخ داده در منطقه در لایه‌های ارتفاعی ۱۹۰۰ تا ۳۲۰۰ رخ داده است . بر این پایه تابع مربوط به معیار رسم و نقشه فازی لایه‌های ارتفاعی ساخته شد (رابطه ۱) .

رابطه ۱)

$$100 \le x \le 1900 \rightarrow \frac{(x-10)}{10}$$

$$1900 < x < 3200 \rightarrow 1$$

$$3200 \le x \le 4200 \rightarrow \frac{(x-4200)}{1000}$$

پس از ساخت معادله فازی (رابطه ۲) و اعمال آن بر لایه‌های ساخته‌شده در محیط spatial analysis نرم‌افزارGIS، لایه‌های فازی شده به‌دست آمد (شکل ۸). لایه فازی دارای دامنه عددی صفر تا ۱ است که هر چه به‌سوی ۱ میل کند نشان‌دهنده آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لغزش است.

رابطه ۲)

دستور اجرایی معیار ارتفاع = con([dem] >= 1700 & [dem] <= 1900, ([dem] - 1700) / 1900

[dem] > 1900 & [dem] < 3200,1, [dem] >= 3200 & [dem] <= 4200, (4200 - [dem]) / 1000)

این مراحل برای دیگر معیارها نیز اجرا و معادله فازی مربوط به هر کدام و نیز بر پایه معادله فازی، نقشه فازی‌شده هر کدام از معیارها ساخته می‌شود (شکل ۶).

۸–یافته‌های پژوهش

یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) توانایی تحلیل فضایی عرصه‌های پژوهش برای اهداف گوناگون با توجه به فراوانی بالای اطلاعات ورودی است. در این پژوهش که با هدف پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش انجام شد از متغیرهای مهمی که بر رخداد زمین‌لغزش مؤثر هستند، استفاده شده است. پس از وزن‌دهی به‌هر کدام از این عوامل، این وزن‌ها وارد محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌شود و در تحلیل‌های فضایی و مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این تحلیل‌ها را کارشناسانه و علمی‌تر می‌کند. برای ساخت مدل منطق فازی می‌توان از روش‌ها و عملگرهای زیادی استفاده کرد. در این پژوهش از عملگرهای ضرب فازی، جمع فازی و گامای فازی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شده است.

۹– اعمال ضرب فازی

ضرب جبری فازی (کمینه‌سازی): در ضرب، تابع عضویت فازی به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود:

رابطه ۳) $\mu c(X) = \prod_{(I=1)}^{n} \mu i\,(x)$

در رابطه بالا، i. μ. فازی برای تابع عضوی i امین نقشه و N ،.....،۲،۱= i تعداد نقشه‌های ترکیب شونده است. مقادیر عضویت فازی ترکیب‌شده با این عملگر به‌سوی مقادیر بسیار کوچک میل می‌کند که این به‌علّت اثر ضرب کردن چندین عدد کوچک‌تر از ۱ است. نقشه‌های فازی استانداردشده در این پژوهش با همدیگر ضرب شده و نقشه پهنه‌بندی به دست آمد (شکل ۷).

۱۰– اعمال جمع فازی

ابتدا هر کدام از لایه‌های فازی‌شده منهای یک می‌شوند؛ سپس نتایج با همدیگر ضرب می‌شوند و در پایان، نتیجه نیز منهای یک می‌شود (رابطه ۴):

رابطه ۴) $\mu c(X) = 1 \prod_{(I=1)}^{n} (1-\mu i)$

در این رابطه، نتیجه همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت مجموعه فازی است و بنابراین به‌دلیل اثر افزایشی (Increasive) جمع جبری فازی، بیشترین افزایشی ریسک را دارد. در شکل ۹ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از عملگر جمع فازی است.

۱۱– اعمال عملگر گامای فازی

گامای فازی: این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر پایه رابطه‌های زیر تعریف می‌شود:

رابطه ۵) $\mu c = \left(\prod_{I=1}^{n} \mu(x)\right)^{r} \times \left(1 - \prod_{I=1}^{n} (1-\mu(x))\right)^{1-r}$

رابطه ۶) $\mu c = (sum\ fuzzy)^{r} \times (PF)^{1-r}$

در این روابط، المان r متغیر تعیین‌شده در محدوده صفر و یک (مثلا ۰/۷) است؛ هنگامی که r برابر یک باشد ترکیب، همان جمع جبری فازی و زمانی که r برابر صفر باشد ترکیب، برابر ضرب جبری فازی است. انتخاب درست متغیر r مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و کاهشی ضرب جبری فازی، سازگاری دارد. به گونه‌ای که r انتخاب‌شده نشان‌دهنده کارایی آن برای تهیه نقشه پهنه‌بندی است. در این پژوهش با محاسبه گامای ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ نقشه پهنه‌بندی حاصل‌شده از این مقادیر با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و همچنین بازدیدهای میدانی مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت شکل‌های ۹ و ۱۰ نتایج حاصل از اعمال عملگر گامای فازی است.

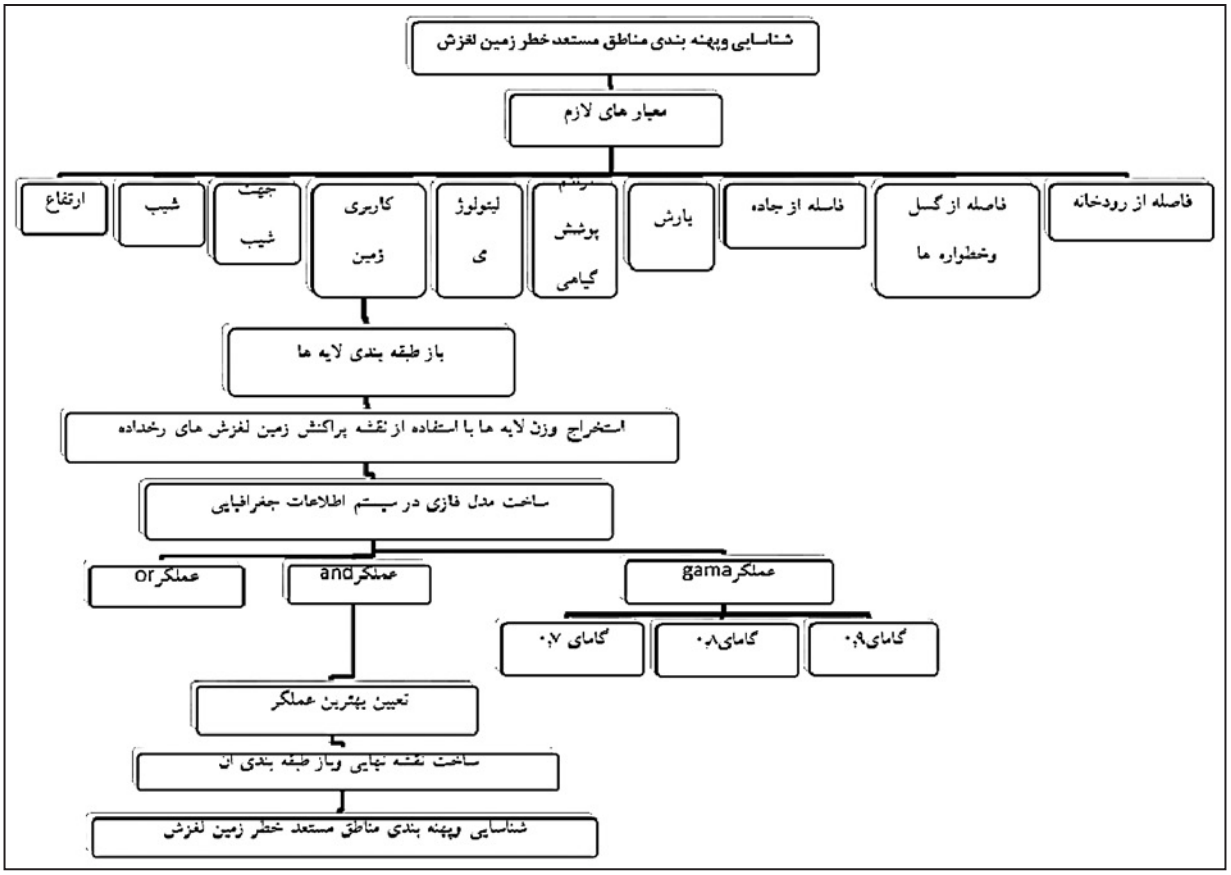
۱۲– نتیجه‌گیری

در این پژوهش پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های رخ داده و الگوریتم‌های منطق فازی صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که

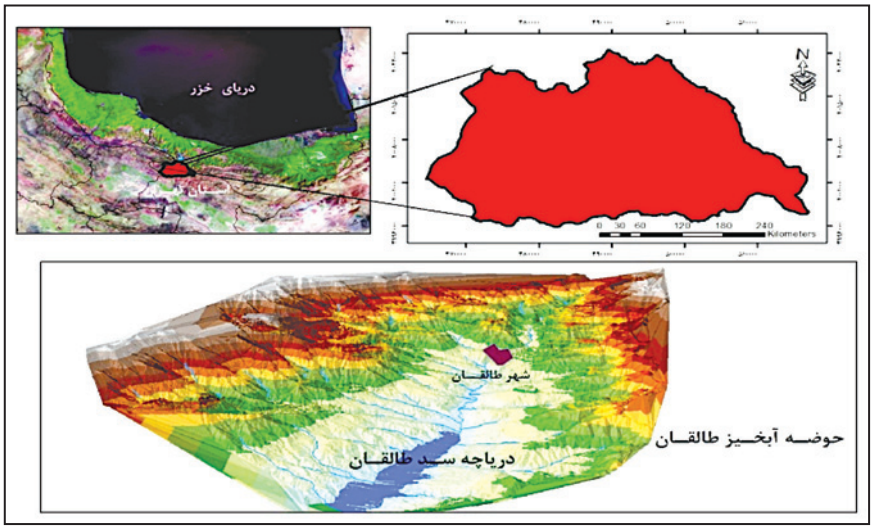
به‌کارگیری مجموعه‌های فازی در کمی کردن و بالا بردن دقت بسیار مؤثر و مناسب‌تر نسبت به دیگر روش‌های کیفی و سلسله مراتبی است. همچنین از میان عملگرهای اعمال‌شده در این پژوهش بر پایه نقشه حاصل از عملگر ضرب فازی در حدود ۲۸ درصد از محدوده مطالعاتی در منطقه پرخطر قرار گرفته است که با توجه به بررسی‌ها وتطبیق با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها این میزان بسیار غیرواقعی می‌نماید. با در نظر گرفتن اختلاف فراوان میان نتیجه استفاده از عملگرهای جمع جبری فازی با ضرب فازی و برای دست‌یابی به نتیجه بهتر از عملگر فازی گاما استفاده شد. پس از اعمال عملگر گامای فازی در مقادیر ارزشی ۰-۱ مشخص شد که نقشه حاصل از گامای ۰/۷ دقت بالایی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش دارد (شکل۱۱) .

با محاسبه فراوانی نسبی زمین‌لغزش‌های رخداده و پهنه‌های خطر تعیین شده مشخص شد که ۳۵/۵ درصد از زمین‌لغزش‌های رخداده در دسته مناطق پرخطر در نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با گامای فازی ۰/۷ قرار گرفته است (جدول ۲). در صورتی که این مقدار در لایه مناطق پرخطر رخداد زمین‌لغزش در نقشه گامای ۰/۸ و۰/۹ به ترتیب ۳۲/۶۷ و ۲۹/۳ است.

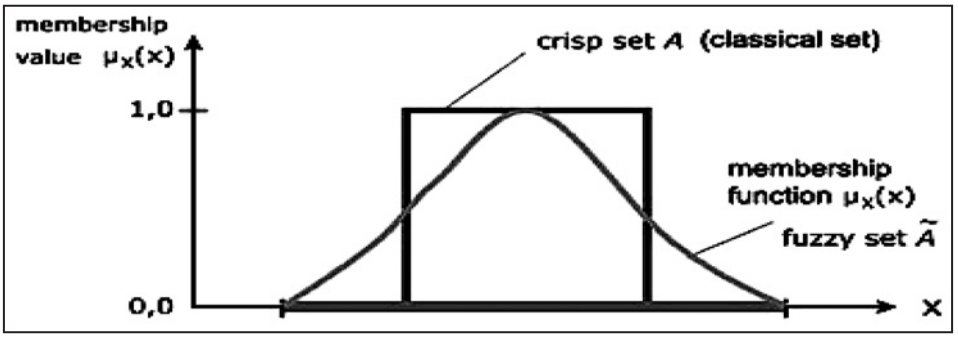
شکل۱- نمونه‌هایی از زمین‌لغزش در حوضه آبخیز طالقان.



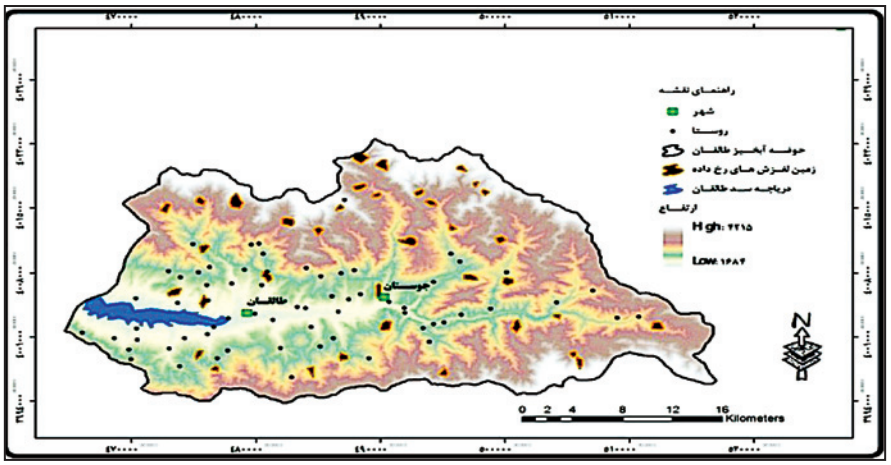
شکل۲- ساختار کلی پژوهش.



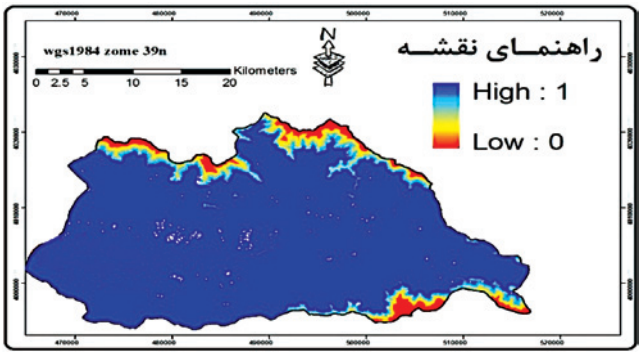
شکل۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه.



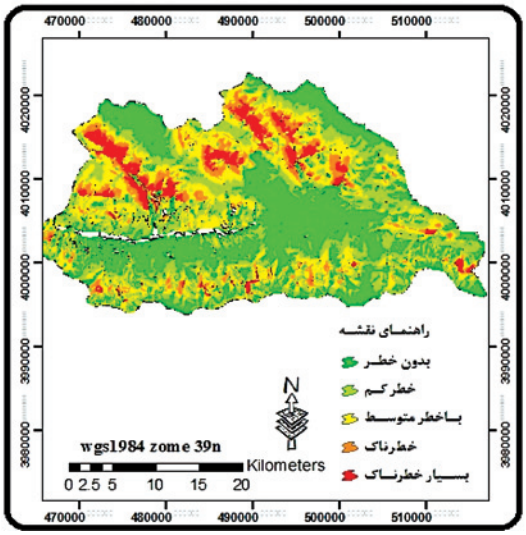
شکل۴- تابع عضویت فازی.



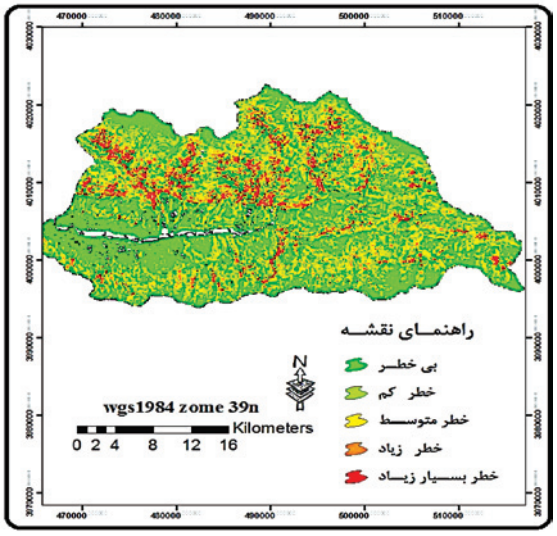
شکل۵- نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و ارتباط آنها با مراکز سکونتی و لایه‌های ارتفاعی.



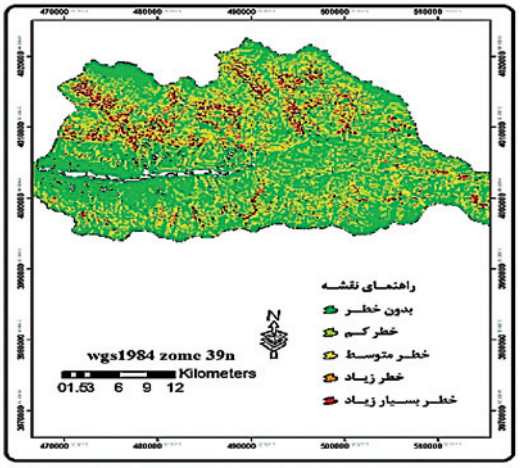
شکل۶ - نقشه فازی معیار ارتفاع.



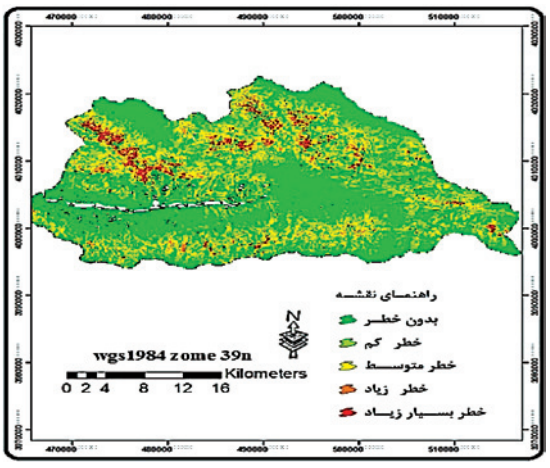
شکل ۷ - نقشه پهنه‌بندی با عملگر ضرب فازی.



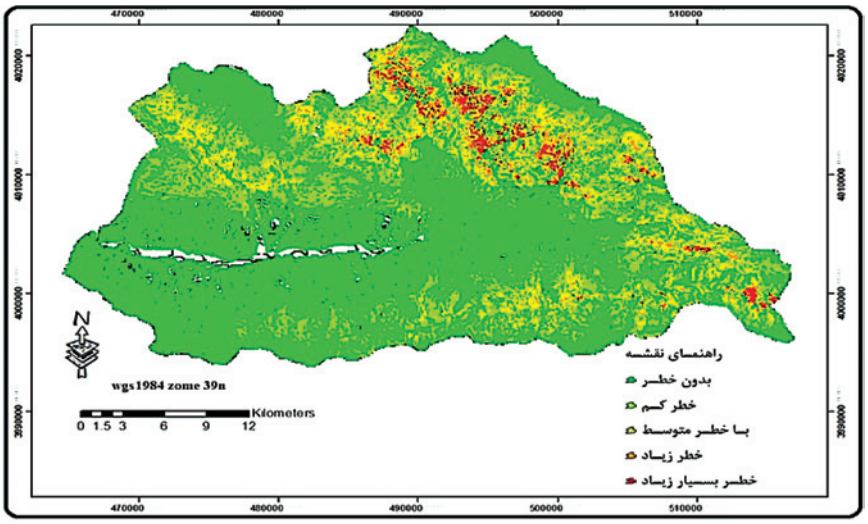
شکل۸ - نقشه پهنه‌بندی با عملگر جمع فازی.



شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی با عملگر گامای ۰/۷.



شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی با عملگر گامای ۰/۹.



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی با عملگر گامای ۰/۷.

جدول ۱- لایه‌های کاربردی تحقیق.

شماره	لایه کاربردی	معیار	نوع معیار	چگونگی تولید
۱	ارتفاع	Elevation	کمی	نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰
۲	شیب	Slope	کمی	Dem ۱۰ متری تولید شده از نقشه توپوگرافی
۳	سوی شیب	Aspect	کمی-کیفی	Dem
۴	سنگ‌شناسی	Litology	کیفی	نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰
۵	تراکم پوشش گیاهی	Land cover	کمی	تصاویرسنجنده etm+ لندست سال ۲۰۰۴ وبا استفاده از شاخص ndvi
۶	کاربری زمین	Land use	کیفی	تصاویرسنجنده etm+ لندست سال ۲۰۰۴
۷	بارش	Rainfall	کمی	آمار بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی کرج- قزوین-آبیک – معلم کلایه- طالقان
۸	فاصله از رودخانه	d-river	کمی	نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰
۹	فاصله از گسل وخطواره	d-fault	کمی	نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تصاویر ماهواره‌ای
۱۰	فاصله از جاده	d-road	کمی	نقشه توپوگرافی+ تصاویر ماهواره‌ای

جدول۲- مساحت و درصد پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در گامای ۰/۷.

لایه	نوع	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد٪	فراوانی زمین‌لغزش‌ها
۱	پهنه بدون خطر	۳۵۵۴۴۶۰۱۶	۴۲/۲۴	۷/۲
۲	پهنهٔ با خطر کم	۱۷۴۷۶۴۰۰۰	۲۰/۵۷	۱۱/۴
۳	پهنهٔ با خطر متوسط	۲۳۷۸۱۵۰۰۸	۱۸/۲۶	۱۷/۹
۴	پهنهٔ با خطر زیاد	۵۱۹۴۱۱۰۰	۶/۱۷	۲۸
۵	پهنهٔ با خطر بسیار زیاد	۱۰۷۲۵۱۰۰۰	۱۲/۷۴	۳۵/۵

کتابنگاری

امیراحمدی، ا.، کامرانی‌دلیر، ح. و صادقی، م.، ۱۳۸۹- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP مطالعه موردی حوضه آبخیز چلاو، آمل، نشریه جغرافیا، انجمن جغرافیای ایران سال هشتم، شماره ۲۷، زمستان ۸۹.

بهنیانفر، ا.، منصوری، م. و کهربابیان، پ.، ۱۳۸۷- کاربرد مدل AHP و منطق فازی در منطقه‌بندی خطرات زمین‌لغزش (نمونه موردی: حوضه آبریز فریزی، دامنه شمالی کوه‌های بینالود)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره۶.

جوکارسرهنگی، ع.، امیراحمدی، ا. و سلملیان، ح.، ۱۳۸۷- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه صفارود با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، شماره نهم، پاییز و زمستان ۱۳۸۶.

طاهری، م.، ۱۳۷۵ -آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۱۶ صفحه.

عبادی‌نژاد، ع.، یمانی، م.، مقصودی، م. و شادفر، ص.، ۱۳۸۶- ارزیابی کارایی منطق فازی در تعیین توانمندی زمین‌لغزش مطالعه موردی: حوضه آبریز شیرود نشریه علوم مهندسی و آبخیزداری ایران، سال اول، شماره ۳.

علیجانی، ب.، قهرودی‌تالی، م. و امیراحمدی، ا.، ۱۳۸۱- پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه‌جهان با استفاده از GIS مطالعه موردی حوضه اسطرخی شیروان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره۸۴

فاطمی‌عقدا، م.، غیومیان، ج.، تشنه‌لب، م. و فراهانی، ع.، ۱۳۸۴- بررسی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار) مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۲، شماره ۱، صفحات ۴۳ تا ۶۴.

قنواتی، ع.، ۱۳۹۰- پهنه‌بندی خطر لغزش در حوضه جاجرود با استفاده ازروش تحلیل سلسله مراتبی تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هفدهم، شماره ۲۰، بهار ۹۰، ص۵۳.

کرم، ا. و محمودی، ف.، ۱۳۸۴- مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده مطالعه موردی حوضه سرخون پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۱، بهار ۱۳۸۴، ص ۱-۱۴.

کرم، ا.، ۱۳۸۳- کاربرد مدل ترکیب خطی وزین WLC در پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش مطالعه موردی منطقه سرخون در استان چهارمحال و بختیاری مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۳.

متکان، ع.، سمیعا، ج.، پورعلی، ح. و صفایی، م.، ۱۳۸۸- مدل‌های منطق فازی و سنجش از دور جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز لاجیم، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال پنجم، شماره ۴ صفحات ۳۱۸-۳۲۸.

معتمد، ا.، ۱۳۸۵- ژئومورفولوژی جلد۳، (ترجمه چورلی، ای‌شوم و ای‌سودن، ۱۹۸۵)، انتشارات سمت.

References

Gemitzi, A., Falalakis, P. & Petalas, C., 2010- Evaluating Landslide Susceptibility Using Environmental Factors Fuzzy Membership Functions And Gis Global NEST Journal, Vol 12.

Hoon, C. K., Park, N. W. & Chang, J. C., 2002 - fuzzy logic integration for landslide hazard mapping using spatial data from boelln, korea Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications Ottawa vol 89.

Juang, C., Lee, D. & Sheu, H., 1992- Mapping slope failure potential using fuzzy sets, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 118(3):475-4.

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

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

Schernthanner, H., 2007- Fuzzy Logic Method for Landslide Susceptibility Mapping, Rio.

Thiery, Y., Philippe, M. J. & Maquaire, O., 2006- Test of Fuzzy Logic Rules for Landslide Susceptibility Assessment conference SAGEO Strasbourg'2006.

WWW.landslides.usgs.gov.

Young, O. C., Cheung, K. & J-Chul, U. C., 2010- The Comparative Research of Landslide Susceptibility Mapping Using FR, AHP, LR, ANN conference Environmental Geology San Diego, CA.

Zadeh, L. A., 1968- Fuzzy algorithms Information and Control Volume 12, Issue 2 Pages 94–102.

Fuzzy logic Application in Identifying and Mapping of Landslide Hazard: A Case Study: Taleghan Watershed

E. Ghanavati [1*], A. Karam [1] & E. Taghavi Moghdam [2]

[1] Associate Professor, Department of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran
[2] Ph.D. Student, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Received: 2012 February 06 Accepted: 2012 September 04

Abstract

Ground assessment to identify and map of susceptible land are as to slope movements especially landslides is of studies related to natural geographers, particularly geomorphologists. Determining and recognition of susceptive areas to sliding could prevent making loss as well as facilitating slope stability operations. In this study, the variables such as slope, the aspect of slope, petrology, land use, rainfall, and distance from river, fault, and road were used to map the risk of landslide in the Taleghan watershed. After constructing and analyzing the information layers by means of Arc GIS Software, the fuzzy membership functions were used for weighting the layers. The standardized fuzzy layers were overlapped in GIS environment and the landslide risk mapping was produced by means of fuzzy logic operators. The results of this study indicated that gamma function 0.7 is more appropriate than other fuzzy operators. Based on the abovementioned gamma, 18.91% of the area was identified as the high-risk areas. Obviously, allocating these areas for housing, facilities, etc. increases financial and physical damages.

Keywords: Fuzzy Logic, Mapping, Landslide, GIS, Taleghan

For Persian Version see pages 9 to 16

*Corresponding author: E. Ghanavati; E-mail: Ghanavati@khu.ac.ir

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional