

کاربرد منطق فازی در شناسایی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش 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 به منظور شناخت و پهنه‌بندی عرصه‌های حساس به حرکات دامنه‌ای به‌ویژه زمین لغزش از پژوهش‌های مربوط به جغرافیادانان 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 به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش 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 زمین لغزش استفاده شد. پس از ساخت و تجزیه تحلیل لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Arc GIS از توابع عضویت فازی برای وزن‌دهی به لایه‌ها استفاده شد. لایه‌های فازی استاندارد شده در محیط GIS همپوشانی شده و با استفاده از عملگرهای منطق فازی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش 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، زمین لغزش، سامانه اطلاعات جغرافیایی، طالقان.

***نویسنده مسؤل:** عزت‌اله قنواتی

E-mail: Ghanavati@khu.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

زمین لغزش از سوانح طبیعی است که همه ساله موجب بروز خسارت‌های فراوان مالی و جانی در سراسر جهان می‌شود. در حال حاضر نیز هر ساله ده‌ها زمین لغزش 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 زمین لغزش در کشور 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 زمین لغزش و روش‌های مختلف آن در منابع بسیار مورد بررسی قرار گرفته است. در بیشتر منابع، زمین لغزش را مترادف با حرکات توده‌ای در نظر می‌گیرند (امیراحمدی و همکاران، ۱۳۸۹) برای نمونه (چورلی، ۱۹۸۵) زمین لغزش را حرکت توده‌ای از مواد سازنده زمین، از یک شیب به سوی پایین معرفی کرده‌اند. رده‌بندی زمین لغزش‌ها بیشتر بر پایه نوع حرکت، سرعت آن و یا مقدار آب موجود در توده است. به دلیل نیاز جوامع مختلف و با توجه به تغییرات سریع در سطح زمین از دید کاربری، استفاده از روش‌های پیشرفته دسترسی به داده‌ها و اطلاعات مانند داده‌های سنجنش از دور و نرم‌افزارهای کامپیوتری برای تهیه نقشه‌های به‌روز شده و منطبق با شرایط روز اجتناب‌ناپذیر است. روش‌های بسیاری برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش 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 لغزش یافته 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 زمین لغزش، 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 (Landslide Hazard Index) LHI،

(Analytical Hierarchy Process) AHP، (Frequency Ratio) FR، (Artificial Neural Networks) ANN و (Information Value) IV، (Logistic Regressions) LR برای پیش‌بینی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش استفاده می‌شود (Young et al., 2010) گرچه به‌طور مطلق میزان خسارات اقتصادی ناشی از زمین لغزش‌ها در کشورهای پیشرفته بیشتر است ولی بر پایه مطالعات انجام‌شده توسط (United Nations Disaster Relief Coordinator) UNDRC برای بسیاری از کشورهای در حال گسترش، این خسارات یک تا دو در صد تولید ناخالص آنهاست (USGS, 1999). بسیاری از زمین لغزش‌ها به‌ویژه زمین لغزش‌های 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 زمین لغزش برای دستگاه‌های اجرایی اهمیت زیادی می‌یابد. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، 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 پرخطر به کاربری‌های 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 زمین لغزش‌ها یکی از کانون‌های اصلی توجه دانشمندان علوم ژئومورفولوژی، مهندسی زمین‌شناسی و ژئوتکنیک و رشته‌های مرتبط دیگر چون آبخیزداری و منابع طبیعی، برنامه‌ریزی محیط و آمایش سر زمین، تبدیل شده است. در زمینه پهنه‌بندی زمین لغزش 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

شده است. گسترش منطقه مورد مطالعه ۹۲۹ کیلومتر مربع است که در عرض جغرافیایی $36^{\circ} 5'$ تا $36^{\circ} 20'$ و طول جغرافیایی $50^{\circ} 40'$ تا $51^{\circ} 10'$ قرار دارد (شکل ۳). متوسط ارتفاع حوضه ۲۸۰۰ متر است و متوسط شیب حوضه در حدود ۳۲/۴ درصد است. حوضه طالقان به دلیل دربر گرفته 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 بر پایه 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 و مرطوب سرد ارتفاعی است. از دید زمین‌شناسی، چاله ناودیس 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 پالئوزویک و سنوزویک 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 کنگلومرای تجزیه‌شده همراه با ماسه رده‌بندی می‌شوند. سنگ‌شناسی منطقه نیز به ۵ دسته کلی تقسیم می‌شود که عبارتند از تشکیلات دوران چهارم (پادگانه‌های جدید)، رسوبات یخچالی دوران سوم (ریس) به همراه لایه مارن در زیر، تشکیلات غیر متراکم رسوبی میوسن، تشکیلات آدرین و تشکیلات دگرگونی؛ که تشکیلات دسته دوم به دلیل 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 به صورت «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. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد (Kosko, 1992). به بیان دیگر، $u(x)$ نگاشتی از مقادیر x به مقادیر 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 و ترکیب این لایه‌ها با تحلیل‌های منطق فازی 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)

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 گانجانگ 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)، Scherthanner (2007) و Gemitzi et al. (2010) با استفاده از تابع عضویت فازی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را تهیه و روش منطق فازی را به دلیل هماهنگی و یک دست کردن داده‌ها و همچنین انعطاف‌پذیر کردن 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 به پهنه‌بندی 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 مرتب‌شده فازی دارای کمترین تغییرپذیری و انحراف از معیار در مدل‌سازی نسبت به دیگر مدل‌ها هستند. بهینانفر 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 صحرائی و مطالعه منابع موجود ۱۰ عامل به‌عنوان عوامل اصلی مؤثر بر رخداد زمین‌لغزش در منطقه شناخته شده است. لایه‌های کاربردی مربوط به هر 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 رخ داده 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) مدل‌سازی شده 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 رشته کوه البرز و در فاصله ۹۰ کیلومتری شمال باختر تهران واقع

۵- آماده‌سازی لایه‌ها

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 به هر 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 کارشناسان 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:

$$\mu_C(X) = \prod_{i=1}^n \mu_i(x) \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه بالا، μ_i فازی برای تابع عضویت i امین نقشه و $N, \dots, 2, 1 = i$ تعداد نقشه‌های ترکیب شونده است. مقادیر عضویت فازی ترکیب‌شده با این عملگر به‌سوی مقادیر بسیار کوچک میل می‌کند که این به‌علت اثر ضرب کردن چندین عدد کوچک‌تر از ۱ است. نقشه‌های فازی استاندارد شده در این پژوهش با همدیگر ضرب شده و نقشه پهنه‌بندی به دست آمد (شکل ۷).

۱۰- اعمال جمع فازی

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

$$\mu_C(X) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad \text{رابطه ۴}$$

در این رابطه، نتیجه همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت مجموعه فازی است و بنابراین به‌دلیل اثر افزایشی (Increase) 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:

$$\mu_C = \left(\prod_{i=1}^n \mu_i(x) \right)^r \times \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i(x)) \right)^{1-r} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$\mu_C = \left(\sum \text{fuzzy} \right)^r \times (PF)^{1-r} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این روابط، r همان r متغیر تعیین‌شده در محدوده صفر و یک (مثلاً 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 کاهش ضرب جبری فازی، سازگاری دارد. به‌گونه‌ای که r انتخاب‌شده نشان‌دهنده کارایی آن برای تهیه نقشه پهنه‌بندی است. در این پژوهش با محاسبه گامای ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ نقشه پهنه‌بندی حاصل شده از این مقادیر با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و همچنین بازدیدهای میدانی مورد تجزیه و تحلیل 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

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 رقوم‌سازی نقشه‌های توپوگرافی استفاده شد؛ معیارهای ارتفاع، شیب، سوی شیب در محیط Spatial Analysis از بسته نرم‌افزاری Arc GIS 10 ساخته شد. از نرم‌افزار Arc GIS 10 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 رقوم‌کردن نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ بر گره قزوین-رشت و دیگر لایه‌ها نیز از رقوم‌سازی 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 رخ داده استفاده شد. نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها از راه بررسی‌های میدانی مناطق گزارش شده و همچنین مطالعات آبخیزداری سازمان منابع طبیعی ساخته شد. با انطباق نقشه پراکنش بر لایه‌های ساخته‌شده، فراوانی زمین‌لغزش‌های رخ داده 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).

$$100 \leq x \leq 1900 \rightarrow \frac{(x-10)}{10} \quad \text{رابطه ۱}$$

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

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

پس از ساخت معادله فازی (رابطه ۲) و اعمال آن بر لایه‌های ساخته‌شده در محیط spatial analysis نرم‌افزار GIS، 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

$$\text{con}([\text{dem}] \geq 1700 \ \& \ [\text{dem}] \leq 1900, \frac{([\text{dem}] - 1700)}{1900})$$

$$[\text{dem}] > 1900 \ \& \ [\text{dem}] < 3200, 1, [\text{dem}] \geq 3200 \ \& \ [\text{dem}] \leq 4200, \frac{(4200 - [\text{dem}])}{1000})$$

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

۸- یافته‌های پژوهش

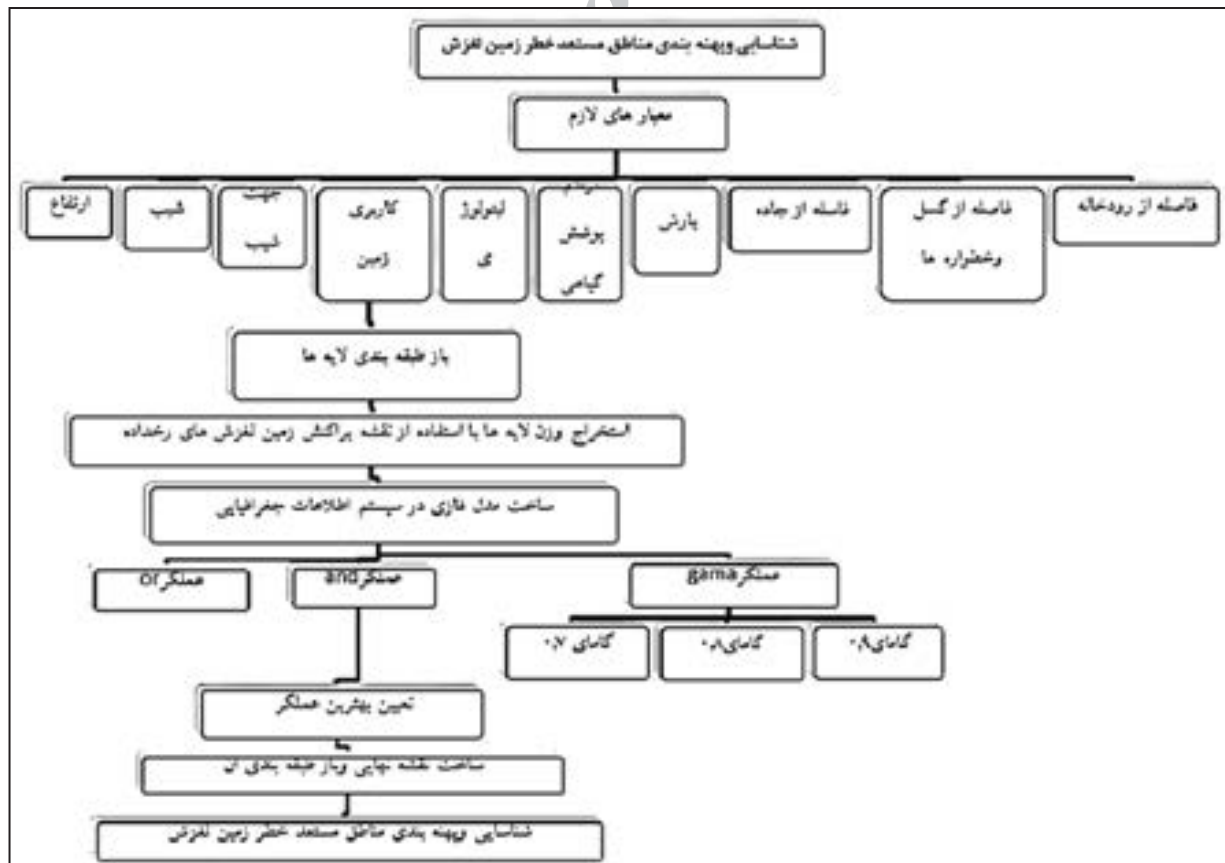
یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) توانایی تحلیل فضایی عرصه‌های پژوهش برای اهداف گوناگون با توجه به فراوانی بالای اطلاعات

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 (شکل ۱۱).
 با محاسبه فراوانی نسبی زمین‌لغزش‌های رخ داده و پهنه‌های خطر تعیین شده مشخص شد که ۳۵/۵ درصد از زمین‌لغزش‌های رخ داده 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 و ۰/۹ به ترتیب ۳۲/۶۷ و ۲۹/۳ است.

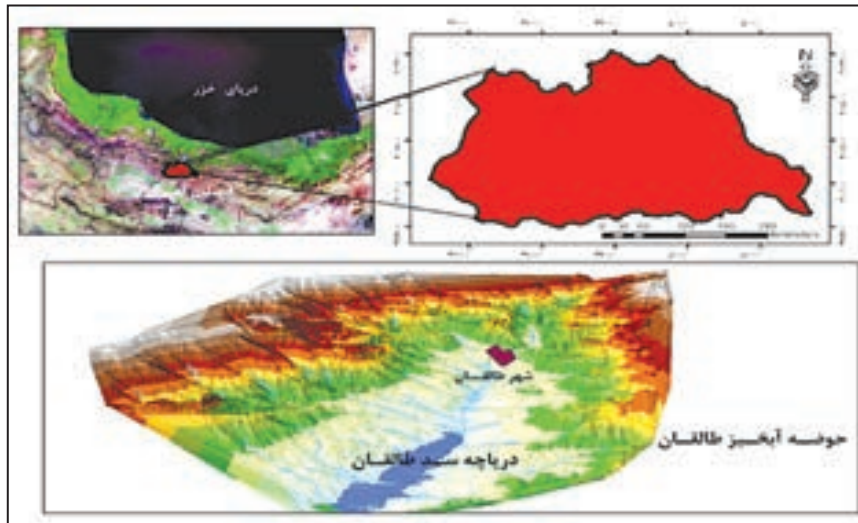
به‌کارگیری مجموعه‌های فازی در کمی کردن و بالا بردن دقت بسیار مؤثر و مناسب‌تر نسبت به دیگر روش‌های کیفی و سلسله‌مراتبی است. همچنین از میان عملگرهای اعمال‌شده در این پژوهش بر پایه نقشه حاصل از عملگر ضرب فازی در حدود ۲۸ درصد از محدوده مطالعاتی در منطقه پرخطر قرار گرفته است که با توجه به بررسی‌ها و تطبیق 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



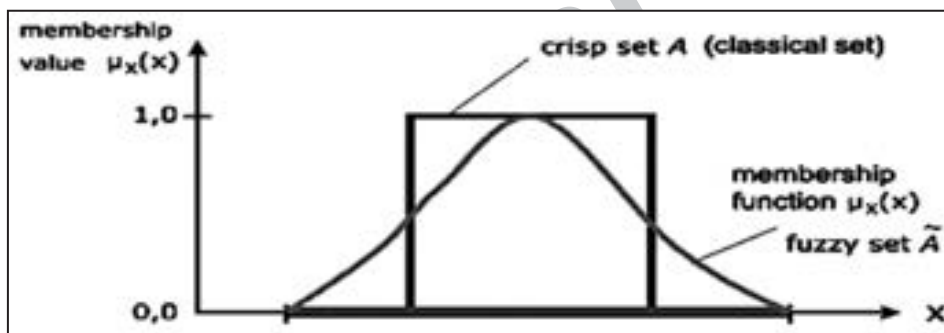
شکل ۱- نمونه‌هایی از زمین‌لغزش در حوضه آبخیز طالقان.



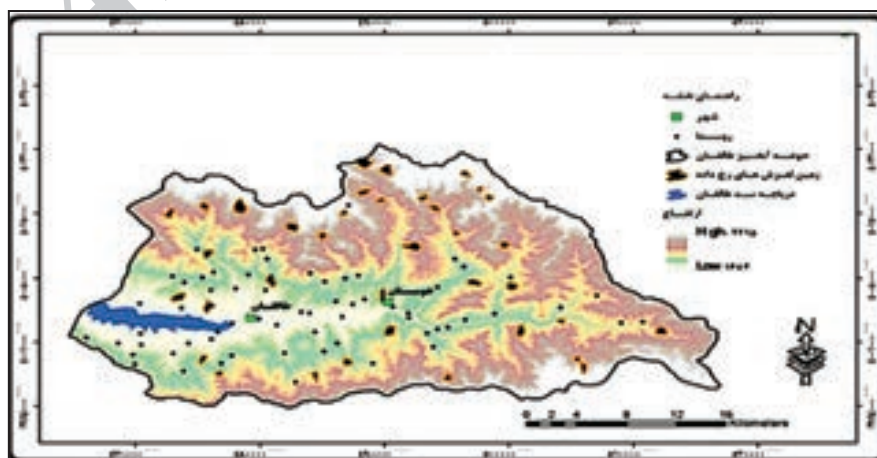
شکل ۲- ساختار کلی پژوهش.



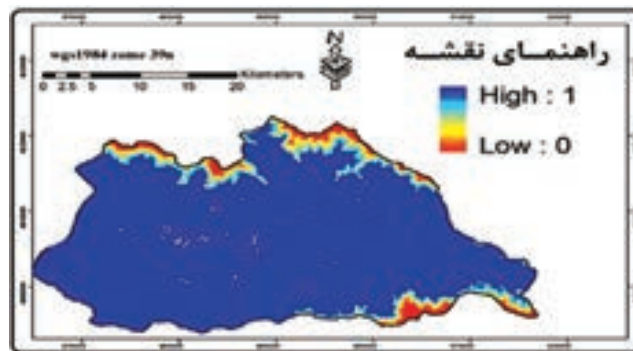
شکل ۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه.



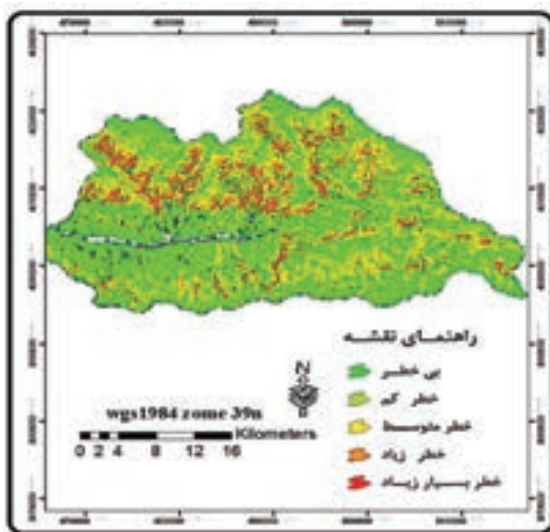
شکل ۴- تابع عضویت فازی.



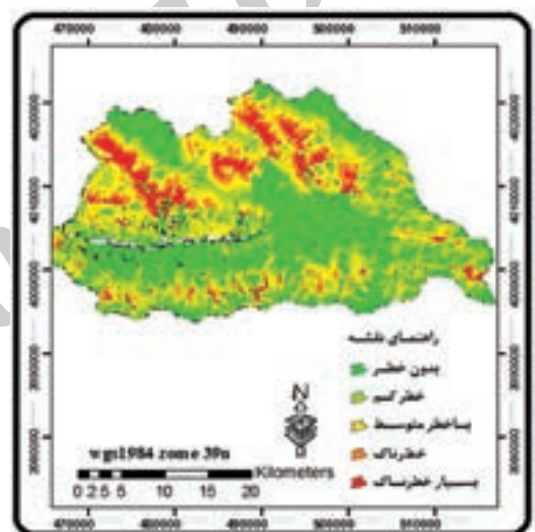
شکل ۵- نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها و ارتباط آنها با مراکز سکونتی و لایه‌های ارتفاعی.



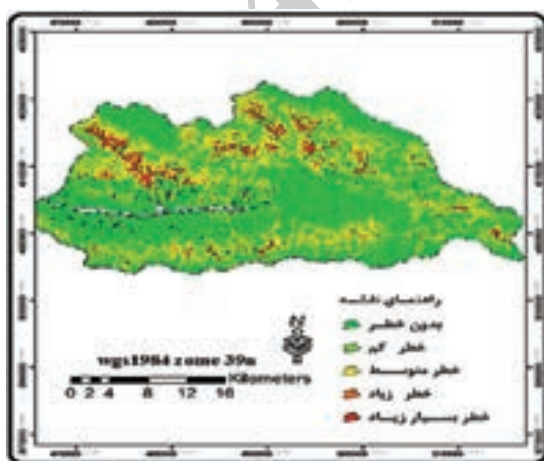
شکل ۶- نقشه فازی معیار ارتفاع.



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی با عملگر جمع فازی.



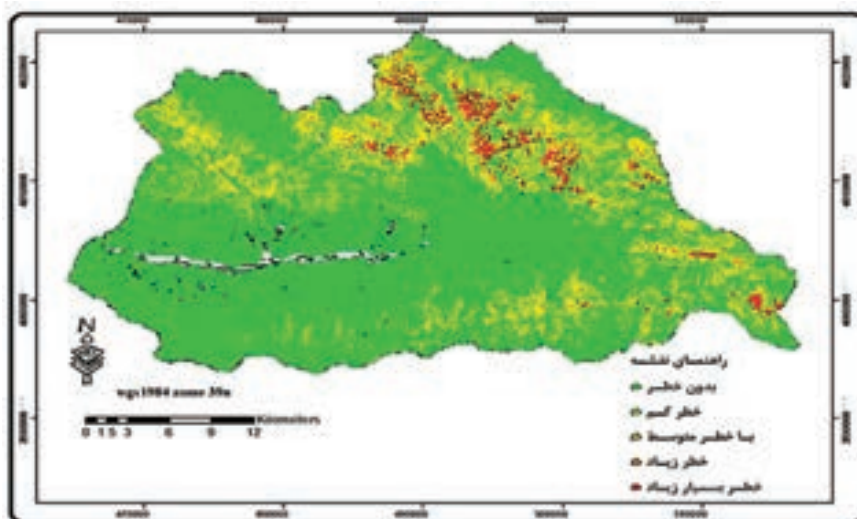
شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی با عملگر ضرب فازی.



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



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



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	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 کلاپه- طالقان
۸	فاصله از رودخانه	d-river	کمی	نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰
۹	فاصله از گسل و خطواره	d-fault	کمی	نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تصاویر ماهواره‌ای
۱۰	فاصله از جاده	d-road	کمی	نقشه توپوگرافی + تصاویر ماهواره‌ای

جدول ۲- 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	پهنه با خطر کم	۱۷۴۷۶۴۰۰۰	۲۰/۵۷	۱۱/۴
۳	پهنه با خطر متوسط	۲۳۷۸۱۵۰۰۸	۱۸/۲۶	۱۷/۹
۴	پهنه با خطر زیاد	۵۱۹۴۱۱۰۰	۶/۱۷	۲۸
۵	پهنه با خطر بسیار زیاد	۱۰۷۲۵۱۰۰۰	۱۲/۷۴	۳۵/۵

کتابنگاری

- امیراحمدی، ا.، کامرانی دلیر، 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.
- بهینانفر، ا.، منصوری، م. و کهرباییان، 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، شماره ۶.
- جوکارسرهنگی، ع.، امیراحمدی، ا. و سلملیان، ح.، ۱۳۸۷- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه صفارود با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله جغرافیا و توسعه 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 شیروود 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، شماره ۸۴.
- 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.
- قنوتی، ع.، ۱۳۹۰- پهنه‌بندی خطر لغزش در حوضه جاجرود با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هفدهم، شماره ۲۰، بهار ۹۰، ص ۵۳.
- 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.
- معمد، ا.، ۱۳۸۵- ژئومورفولوژی جلد ۳، (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.
- Scherthanner, 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 area as to slope movements especially landslides is of studies related to natural geographers, particularly geomorphologists. Determining and recognition of susceptible 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

Archive of SID