جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۳۹۹، دوره۲، شماره٤

پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در شهرستان پاوه

با استفاده از روش منطق *Fuzzy*

سید اسدالله حجازی[۱]، سمیرا نجف وند[۲*]

۱-دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

S.hejazi@tabrizu.ac.ir

۲-دانشجوی دکتری رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

چکیده

کشور ایران به واسطه شرایط خاص جغرافیایی و اقلیمی از تنوع محیطی و آب و هوایی بالایی برخوردار است. این تنوع در کنار ایجاد مزیت های نسبی فراوان، افزایش پتانسیل مخاطرات طبیعی مختلفی را موجب شده است. زمین لغزش یکی از پدیده های طبیعی است که در بسیاری از نقاط جهان به وقوع می پیوندد و اغلب وقوع آن در مکانهایی که بشر اسکان دارد و به فعالیت میپردازد، خسارات مالی و جانی زیادی به همراه داشته است. ارزیابی پتانسیل وقوع پدیده زمین لغزش در مناطقی که به دلیل وضعیت جغرافیایی و سازه های انسانی مستعد لغزش می باشند ضروری می نماید. این پدیده در مناطق کوهستانی پتانسیل بیش‌تری برای وقوع دارد به همین دلیل نواحی کوهستانی غرب کشور از نظر وقوع زمین‌لغزش بسیار مستعد هستند. در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با استفاده از مدل منطق فازی مناطق مستعد لغزش در منطقه موردمطالعه شناسایی شوند. به منظور بررسی و پهنه‌بندی مناطق مساعد برای وقوع زمین‌لغزش از پارامترهای ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و انسانی استفاده شده است. روش کار به‌گونه‌ای است که ابتدا لایه‌های اطلاعاتی تهیه و سپس با استفاده از نظر کارشناسان به‌صورت فازی شده و قابل مقایسه در آمده‌اند. در نهایت هرکدام از لایه‌ها در نرم‌افزار *ARC GIS* با استفاده از دستور *Raster calculator* با استفاده از منطق فازی با هم تلفیق شده‌اند و نقشه نهایی حاصل شده است. نتایج به دست آمده بیانگر این است که شهر پاوه به دلیل وجود خطوط گسلی، شبکه رودخانه، راه ارتباطی و شیب زیاد داری پتانسیل بالایی در جهت وقوع لغزش هستند. همچنین بخش‌های عمده‌ای از مناطق جنوب و جنوب غربی شهرستان نیز پتانسیل بالایی جهت حرکات لغزشی دارند. مجموعه‌ای از عوامل فوق بیانگر پتانسیل منطقه جهت وقوع حرکات دامنه‌ای به‌خصوص لغزش است.

واژگان کلیدی: حرکات دامنه‌ای، زمین‌لغزش،شهرستان پاوه

مقدمه

پدیده لغزش به‌عنوان یکی از فرایندهای مهم دامنه‌ای، تابع شرایط خاصی است. این شرایط مجموعه متغیرهایی را در بر می‌گیرد که تأثیر مشترک و هم‌زمان آن‌ها باعث لغزش و درنتیجه جابه‌جایی ناگهانی حجم زیادی از مواد در سطح دامنه می‌شود (علایی طالقانی، رحیم زاده، امینی، ۱۳۹۰). این پدیده ژئومورفولوژیکی تحت تأثیر نوع پوشش، باران شدید، فعالیت آتش‌فشانی و زلزله می‌باشد (بلوچ و برون[1] ۲۰۰۵) و این عوامل در وقوع آن به صورت آرام و یا خیلی تند نقش مهمی دارند (لی، ۲۰۰٤). لغزش به‌عنوان یکی از فرایندهای ژئومورفیک عمده در مناطق کوهستانی می‌باشد که می‌تواند موجب خسارات زیادی شود. پدیده لغزش که در بسیاری از نقاط ایران و جهان رخ می‌دهد موجب تخریب اراضی، باغات، زمین‌های کشاورزی و حتی تلفات انسانی می‌شود (قنبرزاده و بهنیافر، ۱۳۸۸) و یکی از اثرات زیان‌بار آن تشدید فرسایش خاک و انتقال رسوبات به پشت سدها است (علی محمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

در زمینه مورد مطالعه تحقیقات زیادی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است. (کماک[2] ۲۰۰٦) نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش‌های آماری چند متغیره تهیه کرد. (ژانگ فانیولیو[3] ۲۰۰۷) با استفاده از روش ارزش اطلاعاتی برای منطقه لانگنن در چین نقشه حساسیت زمین-لغزش را تهیه کرد. (جرارد و گاردنر[4]۲۰۰۲) به بررسی ارتباط بین زمین‌لغزش و تغییر کاربری اراضی در حوضه زهکش لیخوکولا در شمال کاتماندو پرداختند. تحقیقات آن‌ها نشان داد که بیشترین معناداری بین گسیختگی‌های بزرگ روی تراس‌های رها شده و جنگل‌های تخریب یافته وجود دارد. (یالسین[5]۲۰۰۸) مناطق مستعد زمین-لغزش در اردسن ترکیه را با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی شناسایی کردند. (پردهن[6]۲۰۱۰) برای تجزیه‌وتحلیل حساسیت زمین‌لغزش بخش شرقی ایالت سیلانگور مالزی از مدل منطق فازی استفاده کرده است. نتایج این تحقیق بیانگر این است که در میان عملگرهای منطق فازی عملگر گامای فازی ۸/. بالاترین دقت و عملگر جبر فازی پایین‌ترین دقت را داشته است. (وانگ و همکاران[7]۲۰۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش وزن‌دهی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه ساحل جنوبی چین پرداختند و در نهایت پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی و تلفیق لایه‌ها بر مبنای وزن به‌دست‌آمده نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه را تهیه کرده‌اند. (مقیمی و همکاران،۱۳۸۷) عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی آلاداغ را مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از مدل LMI مناطق مستعد زمین‌لغزش را پهنه‌بندی کردند. (شادفر و یمانی،۱۳۸٦) مناطق مستعد زمین‌لغزش در حوضه آبریز جلیسیان تنکابن را با استفاده از مدل $LNRF$ مورد پهنه‌بندی قرار داده‌اند، نتایج این تحقیق بیانگر این است که این مدل کارایی بسیار خوبی برای پهنه‌بندی

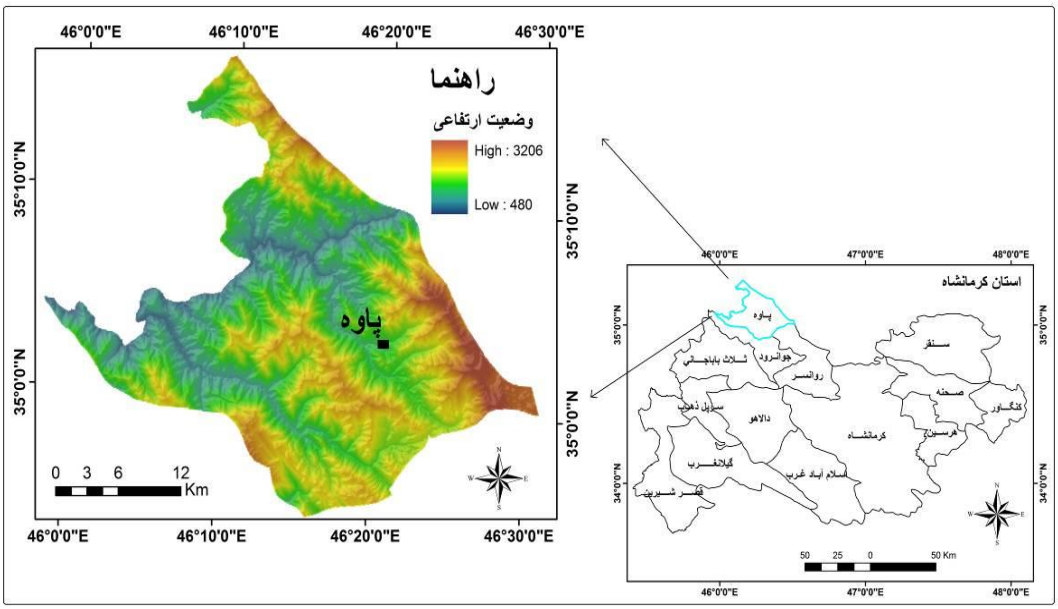
1 Bochl and Braun
2 .Komac
3 .Zhang
4 .Gerrard and Gardener
5 .Yalcin
6 .Pradhen
7 .Wang et al

زمین‌لغزش به‌ویژه در نواحی مرطوب و نیمه مرطوب دارد. (قنواتی،۱۳۹۰) با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی مناطق مستعد لغزش در حوضه جاجرود را پهنه‌بندی کردند. نتیجه این تحقیق بیانگر این است که حدود ٦۲ درصد از وسعت حوضه جاجرود در پهنه مناطق با احتمال زیاد وقوع لغزش قرار دارد.

(محمد نژاد آروق، وحید و همکار،۱۳۹۵)، با استفاده از روش‌های آماری خطر زمین‌لغزش را در حوضه آبریز باراندوزچای را مورد مطالعه قرار داده اند، و مشخص کردند که عامل شیب در وقوع این پدیده نقش مهمی دارد.

از آنجایی که پیش‌بینی زمان دقیق زمین‌لغزش کار بسیار مشکلی است از این رو شناسایی مناطق مستعد لغزش بسیار حائز اهمیت است (مصفایی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در مناطق کوهستانی غرب کشور واقع است و احتمال رخ داد حرکات دامنه‌ای به‌خصوص لغزش در منطقه زیاد است، به همین دلیل در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با استفاده از مدل فازی مناطق مستعد لغزش در منطقه مورد مطالعه شناسایی شود.

محدوده موردمطالعه: شهرستان پاوه در غرب کشور و در شمال غربی استان کرمانشاه واقع شده است. این شهرستان از سمت شرق به شهرستان‌های روانسر و جوانرود، از سمت جنوب به جوانرود، از سمت شمال به سروآباد و از سمت غرب به کشور عراق منتهی می‌شود. پاوه در ٤٦ درجه و ۲۰ دقیقه تا ٤٦ درجه و ۲۳ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ٤ دقیقه عـرض شمالی از استوا قرار دارد. از نظر ژئومورفولوژیکی چشم‌انداز غالب منطقه را واحد کوهستان و مناطق پرشیب در برگرفته است و در تقسیماتی که علایی طالقانی انجام داده است این منطقه در واحد زاگرس شمال غرب قرار می‌گیرد (علایی طالقانی، ۱۳۸۳).



شکل (۱): موقعیت منطقه موردمطالعه

مواد و روش‌ها

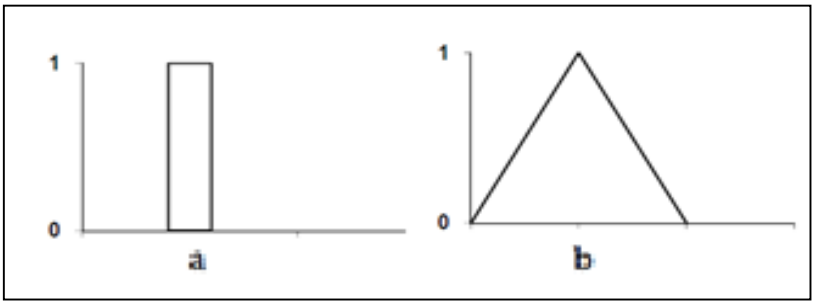
این تحقیق مبتنی بر روش‌های میدانی، ابزاری و کتابخانه‌ای است. ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، محدوده حوضه مورد مطالعه مشخص شده است. داده‌های اصلی پژوهش نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای هستند. در این تحقیق به‌منظور بررسی مناطق مستعد لغزش در پاوه با استفاده از منطق فازی، از ۸ عامل، میتولوژی، گسل، شیب، جهت شیب، ارتفاع، رودخانه، کاربری اراضی و فاصله از جاده استفاده شده است. شاخص‌ها و متغیرهای مؤثر در وقوع لغزش، با استفاده از تابع فازی، زیر فازی سازی شده و در این مرحله همه لایه‌های مطالعاتی به‌صورت استاندارد قابل مقایسه در آمدند. سپس از طریق همپوشانی لایه‌های فازی تهیه شده در *GIS* نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد لغزش در منطقه مورد مطالعه به دست آمده است. در ادامه روش منطق فازی تشریح شده است:

منطق فازی[1] در منطق کلاسیک درجه عضویت برای همه اجزا در گروه یک قرار دارد و تمام اجزا ارزش مشابهی برای سیستم دارد به‌عبارت‌دیگر در منطق بولین، عضویت یک عنصر در یک مجموعه به‌صورت صفر (عدم عضویت) و یک (عضویت) بیان می‌شود؛ اما در منطق فازی، قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود (دومان و همکاران[2]، ۲۰۰۶).

(۱)

$$A = \{x_1, \mu_A(x) | x \in X\} \quad 0 \leq \mu_{A(x)} \leq 1$$

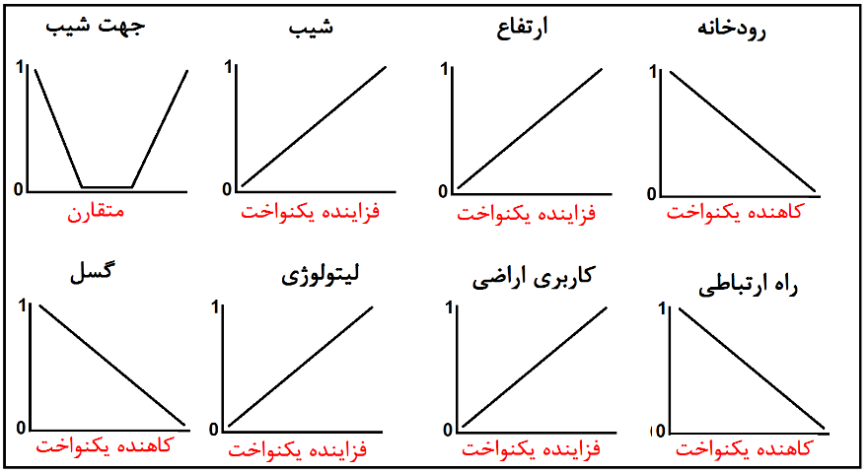
درجه عضویت پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع، گاما توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند. درجه عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می‌شود که شکل تابع می‌تواند به‌صورت خطی، غیرخطی، پیوسته و یا ناپیوسته باشد. شکل ۲ مثالی از تابع عضویت در دو روش منطق فازی و منطق کلاسیک را نشان می‌دهد.



شکل (۲): توابع عضویت در روش کلاسیک و منطق فازی (حسنی و همکاران، ۱۳۹۱)

1 Fuzzy logic
2 .Duman et al

توابع عضویتی که معمولاً بیشتر استفاده می‌شوند عبارت‌اند از *S*، *J* و خطی. توابع ذکرشده در محیط *GIS* وجود دارد و علاوه بر این توابع، کاربر می‌تواند با توجه به نیاز خود، تابع را نیز تعریف نماید. در این پژوهش تابع عضویت برای لایه‌ها به‌صورت خطی تعریف شده است (شکل ۳).



شکل ۳: تابع فازی لایه‌های اطلاعاتی

بحث و نتایج

پارامترهای موردنظر: در تحقیق حاضر به‌منظور شناسایی مناطق مستعد حرکات توده‌ای، از معیارهای ژئومورفولوژیکی، انسانی و زمین‌شناسی استفاده شده که بر مبنای نظر کارشناسان و بر اساس ویژگی‌های منطقه موردمطالعه انتخاب شده است، در ادامه به تشریح هرکدام معیارهای مورد استفاده پرداخته شده است:

-**معیارهای ژئومورفولوژیکی**: معیارهای ژئومورفولوژیکی مدنظر در تحقیق حاضر شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب و رودخانه است که در روند حرکات توده‌ای منطقه موردمطالعه می‌توانند بسیار زیادی داشته باشند. به توجه اختلاف ارتفاع قابل‌توجهی که دارد تفاوت دمایی قابل‌توجهی نیز بین مناطق مرتفع با مناطق کم ارتفاع وجود دارد به همین دلیل ارتفاع به‌طور غیرمستقیم می‌تواند احتمال وقوع لغزش را افزایش دهد. شیب نیز از عوامل بسیار مهم در وقوع زمین‌لغزش‌ها بوده است که در صورت مهیا بودن سایر شرایط، توده لغزشی در اثر نیروی ثقل به‌طرف پایین دامنه حرکت خواهد کرد (وستن[1] ۲۰۰۰). همچنین با توجه به اینکه دامنه‌های شمالی انرژی کمتری از دامنه‌های جنوبی دریافت می‌کنند، میزان رطوبت در این دامنه‌ها بیشتر از سایر دامنه‌ها است و با توجه به اینکه وجود رطوبت می‌تواند تشدیدکننده لغزش باشد، جهات شیب نیز به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در نظر گرفته شده است. آخرین پارامتر ژئومورفولوژیکی رودخانه است. رودخانه‌ها نقش مهمی در برش پای

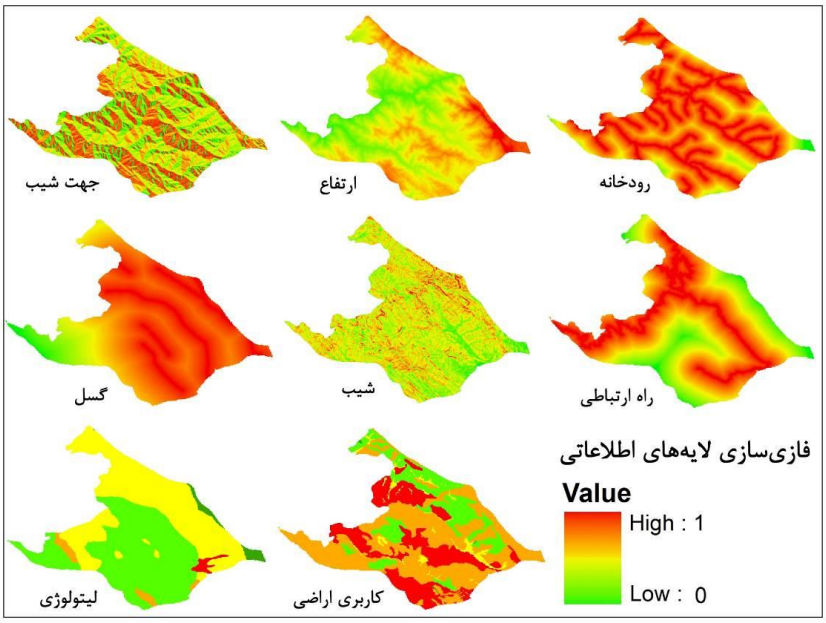
1 .Westen,

شیب دارند و مانند جاده‌های ارتباطی در ناپایداری شیب دامنه تأثیرگذار هستند و مناطق نزدیک به آبراهه‌ها داری پتانسیل بالاتری جهت حرکات دامنه‌ای هستند.

-**معیارهای زمین‌شناسی:** با توجه به تنوع ترکیب واحدهای زمین‌شناسی در منطقه و حساسیت متفاوت واحدهای زمین‌شناسی در لغزش، عامل میتولوژی نقش مؤثری در پراکندگی حرکات توده‌ای در منطقه دارند. در منطقه موردمطالعه مناطق شیلی پتانسیل بالایی دارند و مناطق آندزیتی به دلیل مقاومت بیشتر پتانسیل کمتری جهت حرکات دامنه‌ای دارند. همچنین ازآنجایی‌که تراکم سیستم درزه‌ها، شکستگی‌ها و خردشدگی‌ها نقش بسیار مهمی در ناپایدار دارند و گسل‌ها می‌توانند خردشدگی را به وجود آورند، مناطق نزدیک به خط گسل پتانسیل بالایی جهت حرکات دامنه‌ای دارند.

-**معیار انسانی:** با توجه به اینکه محدوده موردمطالعه منطبق بر راه ارتباطی است، راه ارتباطی به‌عنوان یکی از پارامتر در نظر گرفته شده است. راه‌های ارتباطی در ایجاد و توسعه حرکات دامنه‌ای نقش مهمی دارند و حرکات دامنه‌ای یکی از مشکلات و چالش‌های پیشروی فعالیت‌های عمرانی در مناطق کوهستانی است (رجایی، ۱۳۸۲). تأثیر راه‌های ارتباطی به‌خصوص در مناطقی که دارای لیتولوژی سستی هستند بسیار تأثیرگذار است. معیار انسانی دیگر نوع کاربری اراضی است. کاربری اراضی می‌تواند در تشدید و یا کاهش حرکات دامنه‌ای مؤثر باشد به‌طوری‌که مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم باشند، میزان لغزش کمتر از مناطق بدون پوشش خواهد بود. همچنین ممکن است بعضی از کاربری‌های غیراصولی خصوصاً در مناطق پرشیب سبب تشدید حرکات دامنه‌ای شود.

فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی: پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی به‌منظور تلفیق و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها با استفاده از منطقه فازی به‌صورت استاندارد شده در آمده‌اند. استاندارسازی لایه‌ها بر اساس نظر کارشناسان و اهداف تحقیق صورت گرفته است. برای لایه کاربری اراضی، مناطق بدون پوشش ارزش نزدیک به ۱ و مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم هستند ارزش نزدیک به صفر دارند. برای لایه لیتولوژی نیز، مناطقی که دارای لیتولوژی کم مقاوم مانند مارن، آهک و آبرفت دارند ارزش نزدیک به ۱ دارند و مناطقی که لیتولوژی مقاوم‌تری دارند (مناطق بازالتی) ارزش نزدیک به صفر دارند. برای لایه‌های وضعیت ارتفاعی و شیب، مناطق پرشیب و مرتفع ارزش نزدیک به ۱ و مناطق کم شیب و کم ارتفاع ارزش نزدیک به صفر در نظر گرفته شده است. برای لایه جهات شیب نیز جهات شمالی ارزش نزدیکی به ۱ و جهات جنوبی ارزش نزدیک به صفر دارند. همچنین مناطق نزدیک به خطوط گسل، رودخانه و راه ارتباطی ارزش نزدیک به ۱ و مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر دارند. در شکل ٤ نقشه فازی شده لایه‌های اطلاعاتی نشان داده شده است.

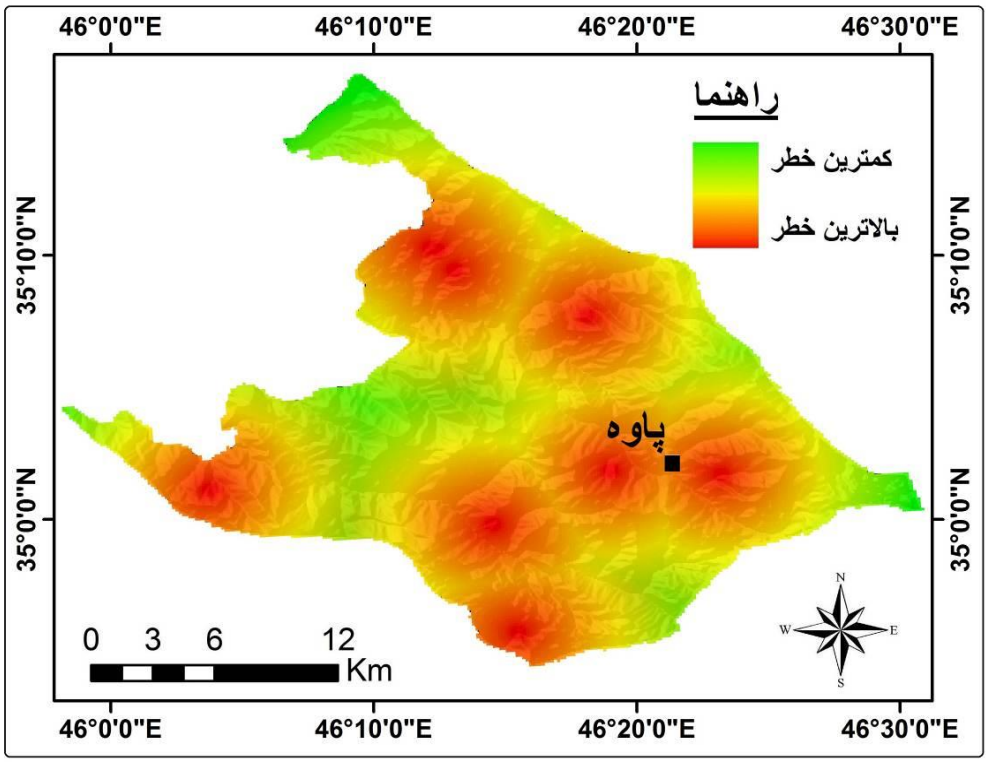


شکل ٤: نقشه فازی شده لایه‌های اطلاعاتی

تلفیق و ترکیب لایه‌ها و تهیه نقشه مناطق مستعد لغزش: در محیط *GIS* بر روی شبکه مرجع محدوده مورد مطالعه تمامی فاکتورها از شکل برداری به رستری تبدیل شدند. سپس وزن به دست آمده در نرم‌افزار *ARC GIS* با استفاده از دستور *Raster calculator* در لایه‌های رستری ضرب شده و با استفاده از منطق فازی این نقشه‌های شبکه شده در محدوده مورد مطالعه با هم تلفیق شدند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و همچنین حساسیت خیلی کم فازی جمع، از عملگر فازی گاما استفاده شده است (رابطه ۲).

$$\mu = (\mu\, fuzzy\ sum)^{y} \times (\mu\, fuzzy\, product)^{1-y} \quad (۲) :$$

برای عملگر گاما پس از تلفیق و ارزیابی هرکدام در نهایت از گامای ۷/. استفاده گردید. لذا پس از همپوشانی لایه‌ها مناطق مستعد وقوع لغزش بر اساس گامای فازی ۷/. استخراج گردید (شکل ۵).



شکل (۵): نقشه مناطق مستعد وقوع لغزش

نتیجه‌گیری

شهرستان پاوه به دلیل قرارگیری در منطقه کوهستانی شاهو، از مناطق مستعد زمین‌لغزش غرب کشور محسوب می‌شود. وقوع زمین‌لغزش‌های مختلف در طی سال‌های اخیر بیان کننده پتانسیل بالای منطقه در این زمینه می‌باشد. با توجه به شرایط حاکم بر منطقه در این تحقیق مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش شناسایی شده است. در این تحقیق پس از تهیه لایه‌های و تلفیق آن‌ها با استفاده از روش منطق فازی نقشه نهایی حاصل شده است. بر پایه اطلاعات به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که منطقه مورد مطالعه از مناطق مستعد لغزش در کشور محسوب می‌شود. پتانسیل وقوع لغزش در منطقه مورد مطالعه در مناطق مختلف متفاوت است به طوری مناطق اطراف شهر پاوه به دلیل وجود خطوط گسلی، شبکه رودخانه، راه ارتباطی و شیب زیاد داری پتانسیل بالایی در جهت وقوع لغزش هستند. همچنین بخش‌های عمده‌ای از مناطق جنوب و جنوب غربی شهرستان نیز پتانسیل بالایی جهت حرکات لغزشی دارند. مجموعه‌ای از عوامل فوق بیانگر پتانسیل منطقه جهت وقوع حرکات دامنه‌ای به‌خصوص لغزش است. با توجه به اینکه خسارات ناشی از پدیده لغزش بسیار چشمگیر و در مواردی غیر قابل جبران است، لازم است در بسیاری از برنامه‌ریزهای توسعه‌ای به این عوامل توجه ویژه‌ای شود تا بتوانند خسارات ناشی از وقوع آن را به حداقل برسانند.

منابع و مآخذ

۱.حسنی، قاسم : محوی، امیرحسین؛ ناصری، سیمین؛عربعلی بیک، حسین؛ یونسیان، مسعود؛ قریبی، حامد(۱۳۹۱)، طراحی شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از منطق فازی، سلامت و بهداشت اردبیل، دوره سوم، شماره ۱: صص ۳۱-۱۸.

۲.رجایی، عبدالحمید(۱۳۸۲)، کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، چاپ دوم، نشر قومس، تهران.

۳.شادفر، صمد : یمانی، مجتبی(۱۳۸۵)، پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز جلیسان با استفاده از مدل *LNRF*، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۱، صص ٦۲-٦۸.

٤.علایی طالقانی، محمود: رحیم زاده، زهرا (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی حساسیت دامنه‌ها به ناپایداری لغزش در حوضه آبخیز جوانرود با استفاده از مدل آماری دو متغیره تراکم سطح، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۲.

۵.علی محمدی، صفیه: پاشایی اول، عباس؛ شتابی جویباری، شعبان، پارسایی، لطف الله(۱۳۸۸)، ارزیابی کارایی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سیدکلاته رامیان، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۱،ص ۵۹.

٦.قنبرزاده، هادی : بهنیافر، ابوالفضل (۱۳۸۸)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در ارتفاعات حوضه کال‌شور (شهرستان نیشابور)، فضای جغرافیایی، شماره ۲۸، صص ۱۰۳-۲۳.

۷.قنواتی، عزت اله(۱۳۹۰)، پهنه‌بندی خطر لغزش در حوضه جاجرود با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیا، شماره ۲۰.

۸.محمد نژاد آروق، وحید: اصغری سراسکانرود، صیاد (۱۳۹۵)، ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از روش های آماری در حوضه آبریز باراندوز چای ، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ٤، صص: ۱۸۱-۱۹۱.

۹.مصفایی، جمال: اونق، جمال؛ مصدافی، منصور؛ شریعت جعفری، محسن(۱۳۸۸)، مقایسه کارایی مدل‌های تجربی و آماری پهنه‌بندی خطر زمین-لغزش، پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی) , دوره ۱٦، شماره ٤، صص ٤-٤۳ .

۱۰. مقیمی، ابراهیم: علوی پناه، سید کاظم؛ جعفری، تیمور (۱۳۸۷)، ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی آلاداغ، پژوهش‌های جغرافیایی،تابستان، شماره ٦٤.

1. *Blochl.; A & B, Braun.2005. Economic Assessment of Landslide Risks in the Swabian Alb. Germany Research Framework and First Results of Homeowners and Experts Surveys.Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 5, PP: 389-396.*
2. *Duman, T.Y., Can, T., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H.A. and Sonmez, H(2006)Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area, Istanbul, Turkey, Environmental Geology, 51: 241-256*
3. *Gerrard, J., Gardner, R., 2002. "Relationships between Landslid and Land Use in the Likhu Khola Drainage Basin", Middle Hills, Nepal, Mountain Research and Devlopment, Vol. 22, No. 1: 48-55.*
4. *Hattanji, T., & Moriwaki, H., 2009. Morphometric analysis of relic landslides using detailed landslide distribution maps: Implications for forecasting travel distanc*
5. *Komac. M., 2006. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in per alpine Slovenia. Geomorphology, No 24, 17-28. (In Eng.)*
6. *Lee, E . M. 2004 . Landslid risk assessment. London :Thomas telford. results72; Pp. 1 – 12*
7. *Pradhen, B. 2010. Application of an advanced fuzzy logic model for landslide susceptibility analysis. International Journal of Computational Intelligence System. 3(3): 370-381.*
8. *Wang W., Zhang W., Xia Q., 2012, "Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method, International Conference on Future Energy", Environment, and Materials.*
9. *Westen ، J. Seijmonsbergen ، A.C. and Mantovani ، F., 2000 . Comparing Landslid Hazard Maps. Kluwer Academic Publishers. 26 p*
10. *Yalcin, A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy Process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of and confirmations. Journal of Catena, No:22*
11. *Zhang F.L., 2007. Study on landslide susceptibility mapping based on GIS and with bivariate statistics. A case study in London area highway 212. Science paper online.*