



## پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با مدل رگرسیون چند متغیره در محیط GIS ( مطالعه موردی: حوزه آق مشهد، استان مازندران )

آرمان رسایی<sup>۱</sup>، خه بات خسروی<sup>۲</sup>، محمود حبیب نژاد روشن<sup>۳</sup>، ارکان حیدری<sup>۴</sup> و آرمین مشایخان<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: arman.rasaei@yahoo.com)

۲- دانشجوی دکتری و استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- کارشناس ارشد جنگل‌داری اداره منابع طبیعی شهرستان مریوان، استان کردستان

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۱

### چکیده

شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های موجود در یک حوزه و پهنه‌بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساس جهت دستیابی به راه‌کارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین گزینه موثر می‌باشد. در این مطالعه مدل پیش‌بینی مکانی خطر زمین لغزش در حوزه آق مشهد چوب و کاغذ مازندران، بر پایه زمین لغزش‌های رخ داده در گذشته ارائه شد. این مدل براساس رگرسیون چند متغیره در محیط GIS، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را نشان می‌دهد. پس از بررسی‌های میدانی و مرور مطالعات در مناطق مشابه، نقشه ۸ عامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت جغرافیایی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و نقشه کاربری اراضی در محیط GIS تهیه گردید و نقشه زمین لغزش‌های موجود نیز از طریق عمیات میدانی با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS)، ثبت و در محیط GIS تهیه گردید. ۸ لایه آماده شده در محیط GIS با لایه اطلاعاتی پراکنش زمین لغزش تطابق داده و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با مدل رگرسیون چند متغیره با به کارگیری تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق لایه‌ها در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه شد. مدل ارائه شده برای منطقه با نرم‌افزار SPSS نشان داد که فاصله از آبراهه بیشترین تاثیر را روی زمین لغزش‌های رخ داده داشته است. مزیت این مدل این است که امکان ارزیابی سریع مکان‌های وقوع زمین لغزش در یک منطقه وسیع امکان‌پذیر است. نتایج تحقیق نشان داد که بین اعداد و کلاسه‌های خطر این مدل با مساحت زمین لغزش‌های موجود همبستگی و ارتباط معنی‌داری در سطح یک درصد ( $P < 0.01$ ) برقرار است.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزش، پهنه‌بندی خطر، رگرسیون چند متغیره، حوزه آق مشهد

### مقدمه

زاگرس چین خورده انجام گرفته است (۱۴). مطالعات زیادی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی انجام دادند (۲، ۳، ۶، ۱۱، ۱۵، ۲۴). مطالعاتی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان دادند (۲۱، ۱۹، ۱۷، ۱۶، ۱۳، ۱۲، ۷، ۵). مطالعات پژم (۲۰)، عشقلی فراهانی (۷)، کرم و محمودی (۱۴) و بهشتی‌راد و همکاران (۸) نشان داد روش آماری رگرسیون چند متغیره قابلیت خوبی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش دارد. در این تحقیق نقشه پهنه‌بندی خطر با مدل رگرسیون چند متغیره تهیه و کارایی آن مورد بررسی قرار گرفت. مدل رگرسیون چند متغیره یک تکنیک آماری است که به وسیله آن می‌توان رابطه بین یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. رگرسیون چند متغیره به عنوان یک ابزار استنباطی برای بررسی روابط موجود بین پارامترهای مستقل و تاثیر همزمان آنها بر پارامتر غیرمستقل به کار گرفته می‌شود. شیرانی (۲۵)

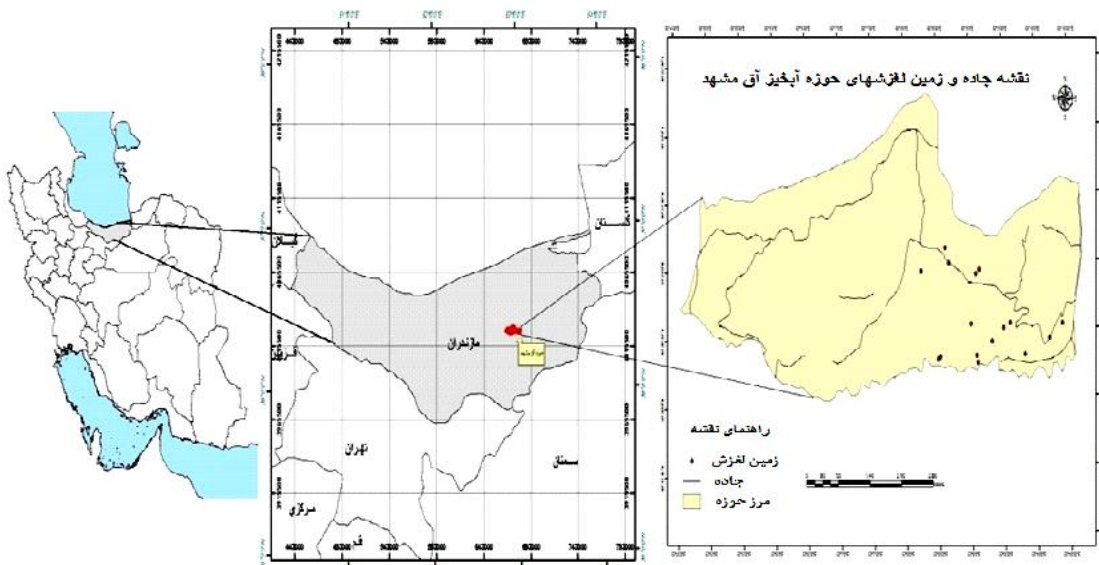
خطر زمین لغزش، یک مورد خاص طبیعی است که به‌عنوان احتمال رخداد در یک دوره زمانی خاص و در یک منطقه‌ای با پتانسیل وقوع، تعریف می‌شود. اولین مطالعات در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در کشور توسط احمدی (۱) و احمدی و همکاران (۲) انجام شد. حرکت‌های توده‌ای نقش موثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراعات، مناطق مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز دارند. از آنجا که پیش‌بینی زمان وقوع زمین لغزش‌ها مشکل است، از این رو شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و پهنه‌بندی این مناطق بر اساس پتانسیل خطر ناشی از بروز این پدیده، دارای اهمیت است و تا حد امکان باید از مناطق با احتمال پتانسیل نسبی بالاتر خطر زمین لغزش دوری جست. مدل‌های مختلفی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ارائه شده است که کارایی هر کدام از آنها در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد. مطالعاتی نیز در زمینه مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در

حساسیت به وقوع زمین لغزش در حوزه فیفا در عربستان سعودی توسط روش‌های آماری دو و چند متغیره و ترکیبی از آنها پرداختند. آنها بیان کردند که ترکیب مدل‌های نسبت فراوانی به همراه رگرسیون لجستیک از به کار بردن تک تک آنها داری صحت بالاتری می‌باشد. هدف از این تحقیق به کارگیری روش آماری رگرسیون چند متغیره می‌باشد تا بر اساس آن، مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای لغزش شناسایی شده و با ارائه راه حل‌ها، روش‌های کنترل و مدیریت مناسب، تا حدی از خسارت ناشی از وقوع آنها کاست. از دیگر اهداف این پژوهش تعیین عوامل دارای بیشترین ارتباط با زمین لغزش‌های منطقه و شناسایی مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای لغزش و در نهایت تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه مورد مطالعه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها موقعیت منطقه

برای انجام این مطالعه حوزه آبخیز آق مشهد چوب و کاغذ مازندران به مساحت ۱۹۱۲ هکتار انتخاب شد. این منطقه بین طول جغرافیایی ۵۳°۴۰' تا ۵۳°۱۱'۳۰" شرقی و عرض ۲۰°۰' تا ۳۷°۲۲'۳۰" شمالی قرار دارد. ارتفاع حداقل و حداکثر در منطقه به ترتیب ۳۰۰ و ۸۵۰ متر است (شکل ۱)

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را در منطقه سمیرم اصفهان، در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ با ۷ روش انجام داد و نتیجه گرفت که به ترتیب مدل‌های چند متغیره با آنالیز ممیزی، مدل دو متغیره ارزش اطلاعاتی، مدل دو متغیره تراکم سطح، روش نیلسن اصلاح شده، روش مورا- وارسون اصلاح شده و روش مورا- وارسون برای منطقه نتایج بهتری را ارائه نموده و نتیجه گرفت که روش‌های آماری چند متغیره به دلیل در نظر گرفتن همزمان پارامترها، نتایج مطمئن‌تری را دارند. پورقاسمی و همکاران (۲۱) تحقیقی تحت عنوان تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل توسط روش‌های شاخص انتروپی و وزندهی شواهداتی در صفا رود انجام دادند. آنها دو مدل یاد شده رو توسط منحنی Roc (با مساحت زیر منحنی) مقایسه نمودند و بیان داشتند که مدل انتروپی ۸۶ درصد و مدل وزندهی شواهداتی دارای ۸۲ درصد می‌باشد و بنابراین، مدل انتروپی در تهیه نقشه حساسیت به وقوع زمین لغزش در صفارود از صحت بالاتری برخوردار می‌باشد. Althuwaynee و همکاران (۴) توسط مدل‌های EBF، LR و AHP به تهیه نقشه حساسیت به وقوع زمین لغزش در حوزه Pohang basin در مالزی پرداختند. آنها بیان داشتند که مدل EBF از سایر مدل‌ها و حتی ترکیب آنها دارای سطح زیر منحنی بیشتری بوده و که نشان‌دهنده صحت بالاتر این مدل می‌باشد. یوسف و همکاران (۲۶) به تهیه نقشه



1- Value Information

2- Density Area

### روش کار:

تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه، اولین مرحله در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش است. طرح کلی و موقعیت زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه، در نقشه پراکنش زمین لغزش مشخص گردید (شکل ۱). به این منظور در کل منطقه پیمایش زمینی صورت گرفت و موقعیت نقاط لغزش با استفاده از GPS ثبت شد. سپس این نقاط رقومی شدند و به نرم‌افزار ArcGIS 9.3 منتقل و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه تهیه شد.

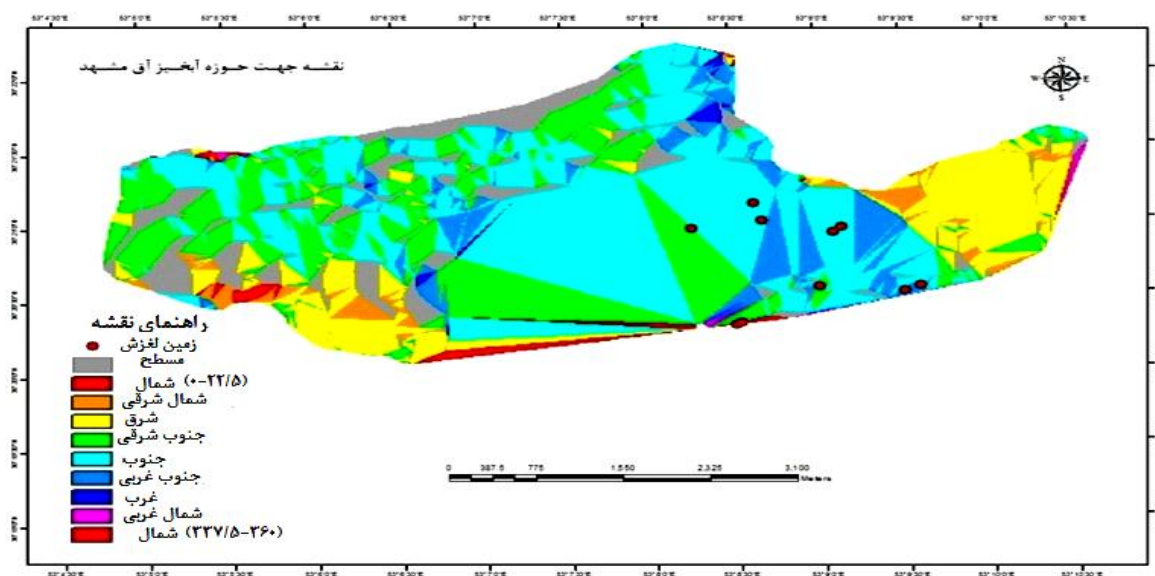
### تهیه نقشه پایه:

پس از بازدید زمینی و بررسی مطالعات صورت گرفته در مورد پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، ۸ عامل به‌عنوان عامل‌های موثر در منطقه انتخاب شد که شامل ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده است. جهت تهیه نقشه توپوگرافی، کاربری اراضی و خاک‌شناسی به سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور مراجعه شد. از روی نقشه توپوگرافی در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 نقشه مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup> تهیه و سپس نقشه ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی از نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه تهیه شدند. نقشه فاصله از

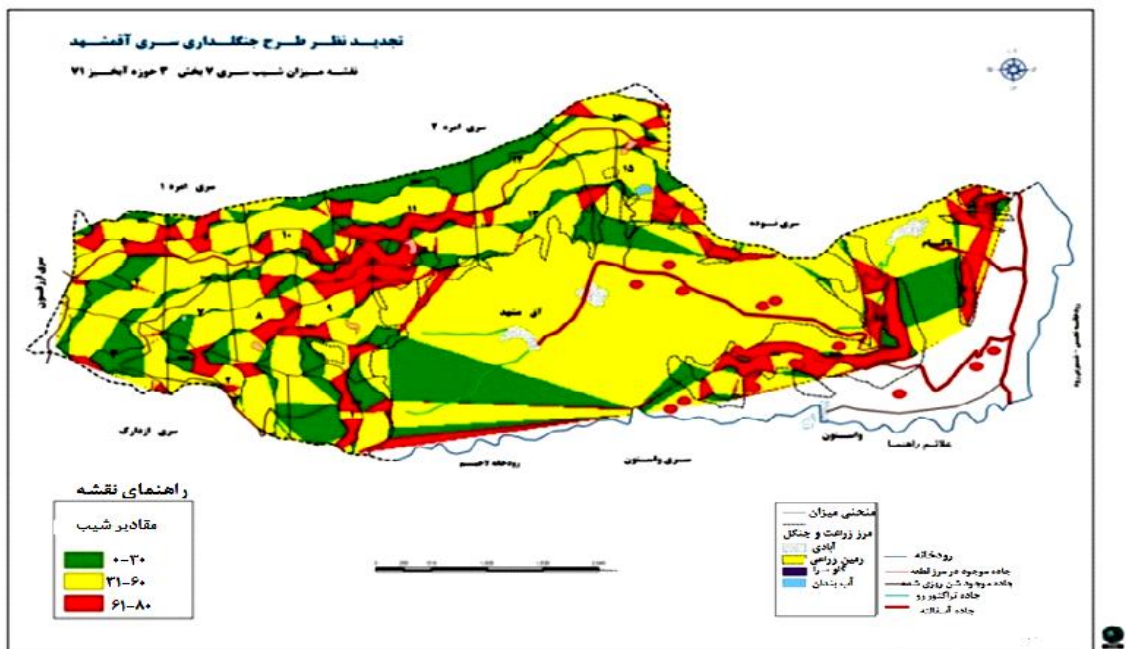
آبراهه و نقشه فاصله از جاده از نقشه توپوگرافی در محیط GIS به دست آمد. برای تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه به سازمان زمین‌شناسی مراجعه شد (شکل ۹).

### نتایج و بحث

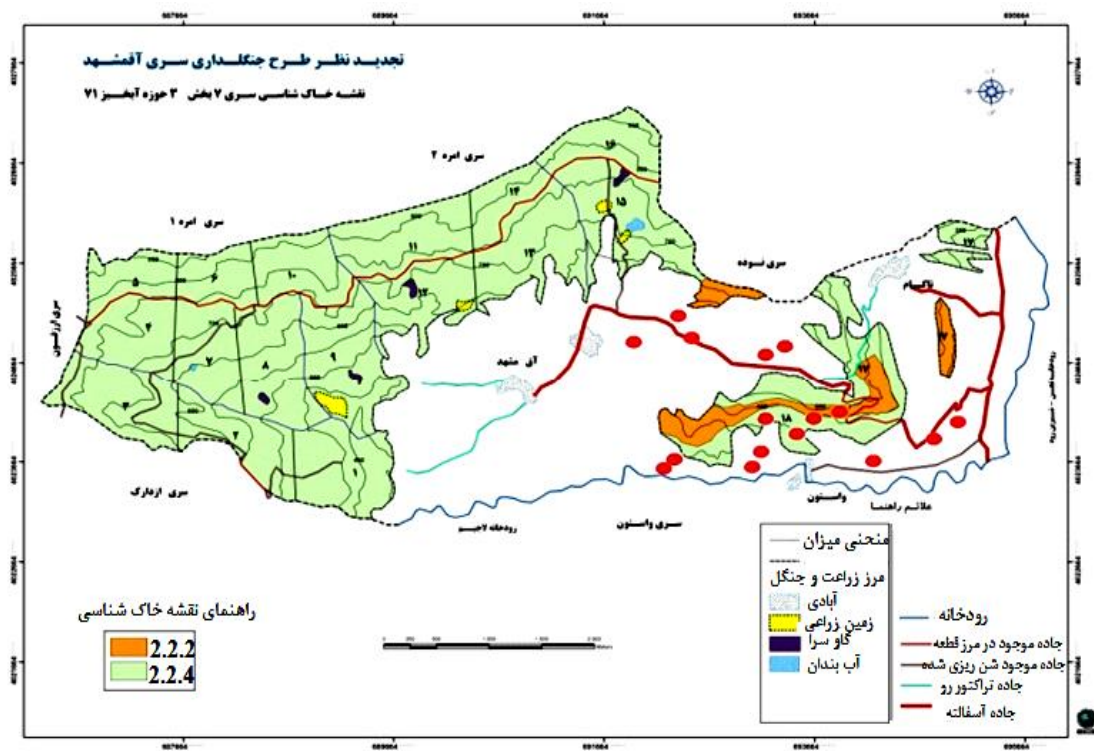
هر ساله پدیده زمین لغزش، در مناطق مختلف کشور آسیب‌های قابل توجهی را به مناطق مسکونی، راه‌های ارتباطی و منابع طبیعی وارد می‌سازد. بنابراین ضروری است، تا مطالعات ویژه‌ای درباره شناخت عوامل موثر، در وقوع و راه‌های کاهش خسارت آن انجام شود. شناخت نواحی مستعد وقوع زمین لغزش‌ها یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای و عمرانی است. تهیه نقشه پهنه‌بندی با صحت بالا نتیجه کلیه مراحل جمع‌آوری اطلاعات و شناسایی پارامترهای موثر، وزن‌دهی و امتیازدهی به پارامترها و نحوه تلفیق و رده‌بندی مقادیر خطر می‌باشد، لذا شناسایی پارامترهای موثر در ایجاد ناپایداری‌ها، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل در انجام پهنه‌بندی‌های خطر زمین لغزش، باید مورد توجه قرار گیرد. در شکل‌های ۲ تا ۹ نقشه‌های ۸ عامل موثر در وقوع زمین لغزش ارائه گردیده است.



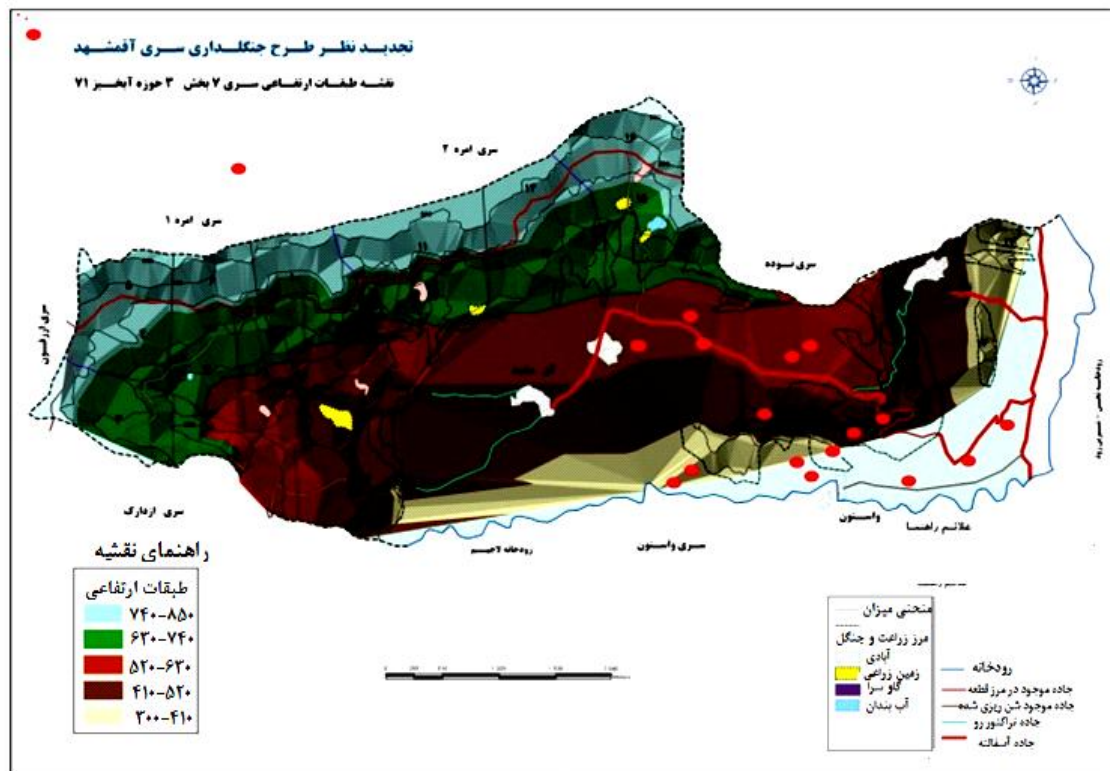
شکل ۲- نقشه جهت حوزه آق مشهد



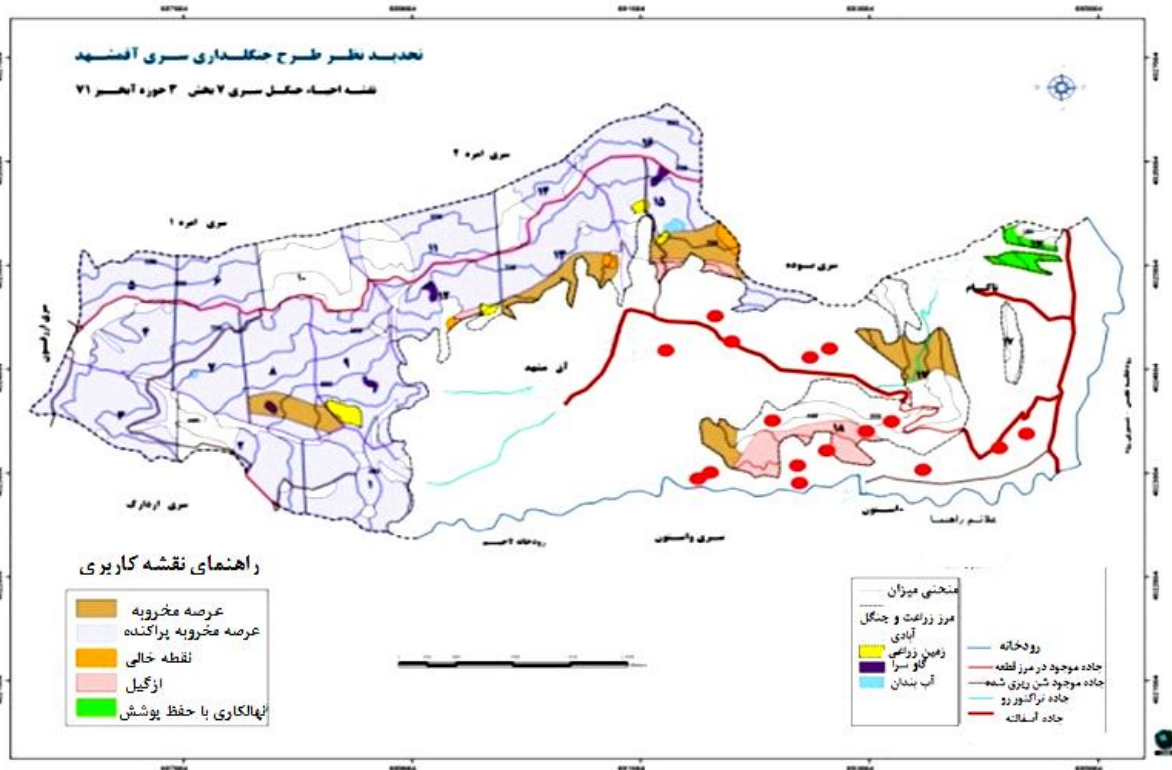
شکل ۳- نقشه خاک‌شناسی حوزه آق مشهد



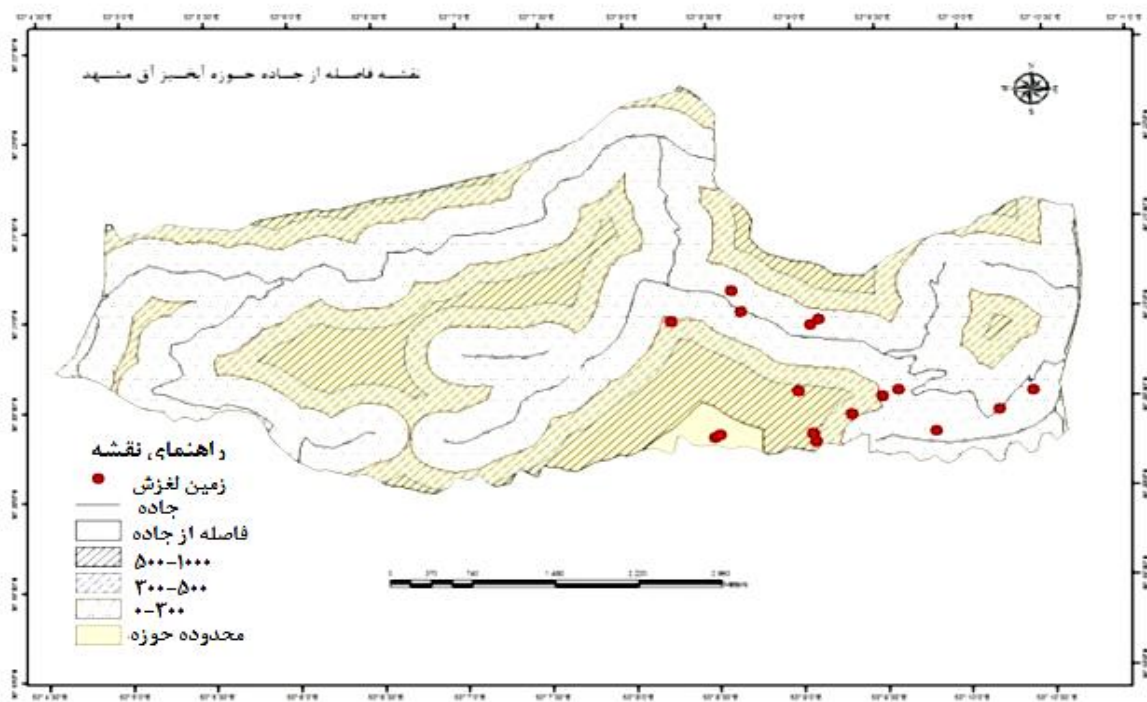
شکل ۴- نقشه میزان شیب حوزه آق مشهد



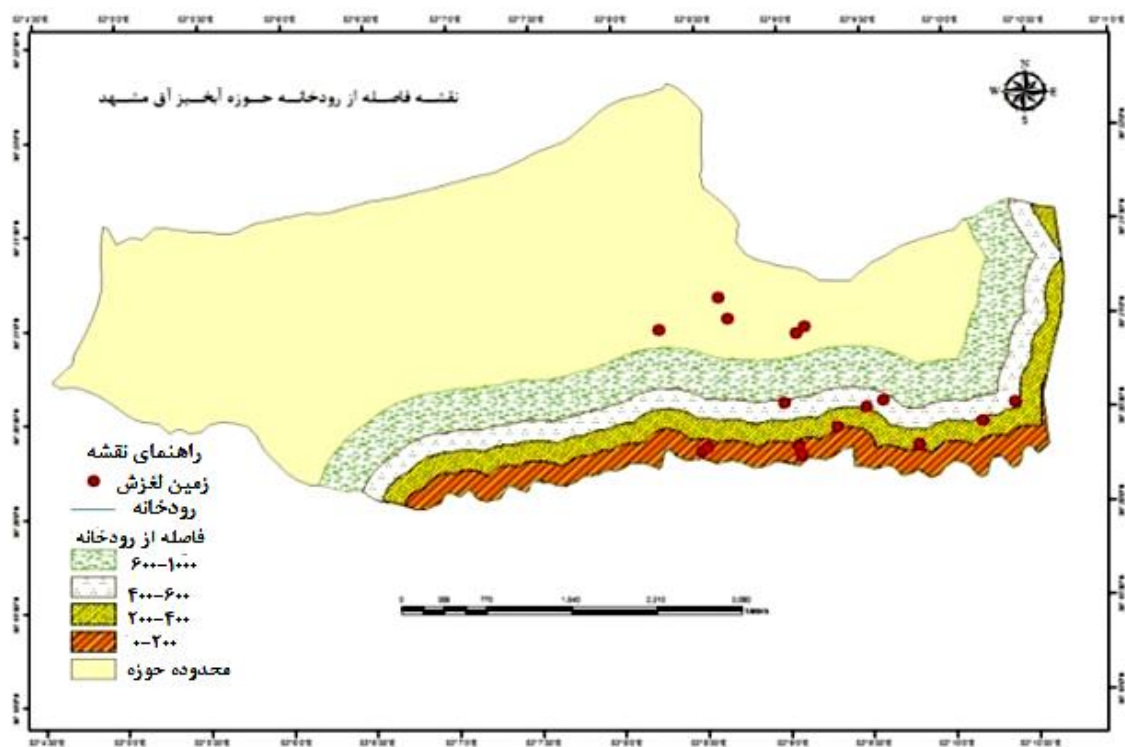
شکل ۵- نقشه طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز آق مشهد



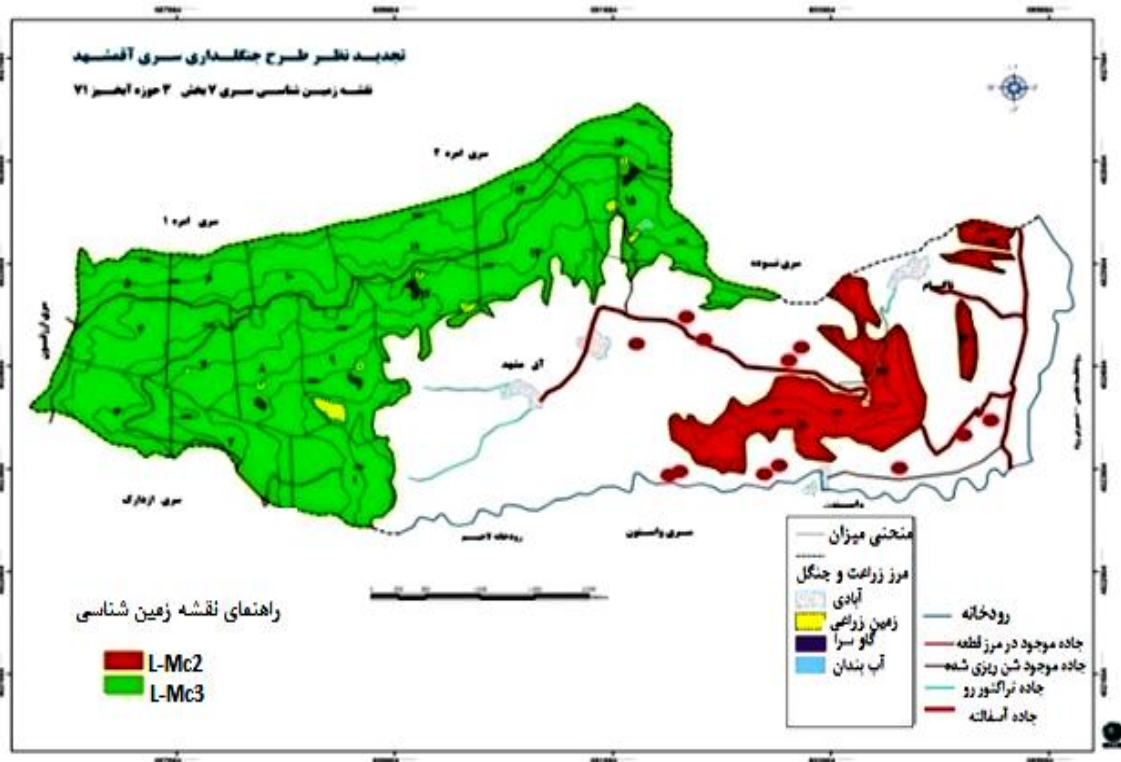
شکل ۶- نقشه کاربری حوزه آق مشهد



شکل ۷- نقشه فاصله از جاده حوزه آق مشهد



شکل ۸- نقشه فاصله از رودخانه حوزه آق مشهد



شکل ۹- نقشه زمین شناسی حوزه آق مشهد

لغزش می‌باشد به صورت کمی بیان می‌شود و می‌توان مهم‌ترین عوامل را در وقوع زمین لغزش‌های رخ داده تعیین نماییم. متغیر وابسته نقشه پراکنش زمین لغزش می‌باشد و لایه‌های اطلاعاتی شامل ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی، زمین شناسی، خاک شناسی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. در محیط نرم افزار ArcGIS9.3، نقشه پراکنش زمین لغزش به نقشه درصد تراکم سطحی تبدیل شد و ۸ لایه اطلاعاتی با نقشه پراکنش زمین لغزش قطع شد. لایه کیفی خاکشناسی، زمین شناسی و کاربری اراضی، به صورت کمی بر مبنای درصد سطحی ناپایداری ثبت شده در محدوده هر یک از کلاسه‌های نقشه تعیین شد (۲۳،۸،۷). اطلاعات برای انجام مدل رگرسیون خطی چند متغیره وارد نرم افزار SPSS شد. با استفاده از روش گام به گام (Stepwise) موثرترین عامل در ایجاد زمین لغزش که عبارت از فاصله از آبراهه بود مشخص گردید. در رگرسیون چند متغیره، عامل فاصله از آبراهه به عنوان مؤثرترین عامل انتخاب شد. با استفاده از عامل فاصله از آبراهه به عنوان متغیر مستقل و میزان زمین لغزش به عنوان متغیر وابسته، به تعیین بهترین معادله اقدام گردید. ضریب تبیین اصلاح شده معادله برابر ۹۹/۳ درصد می‌باشد. معادله به دست آمده برای حوزه آق مشهد با روش رگرسیون چند متغیره به صورت معادله زیر می‌باشد.

با روی هم انداختن نقشه پراکنش زمین لغزش بر روی جهات جغرافیایی و نقشه‌های دیگر مشخص شد که بیشتر زمین لغزش‌ها در جهت جنوب رخ داده است، در حالی که از نظر طبیعی باید وقوع لغزش‌ها بیشتر در جهت شمال باشد که عامل وقوع زمین لغزش‌های حوزه آق مشهد ناشی از نزدیکی به رودخانه و آبراهه‌های موجود می‌باشد که با نتایج به دست آمده از نرم افزار SPSS که در زیر ارائه شده است همخوانی دارد و بقیه زمین لغزش‌ها در نزدیکی جاده‌ها قرار دارد که ناشی از عوامل انسانی می‌باشد.

#### تجزیه و تحلیل آماری

روشی که برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در این تحقیق مورد استفاده گرفت یک روش کمی بوده و نسبت به روش‌های کیفی مزیت‌های دارد. در روش رگرسیون چند متغیره رابطه بین تک تک عوامل با متغیر وابسته (Y) و نیز نسبت به همدیگر به صورت رگرسیون خطی در نظر گرفته می‌شود و تغییر در عوامل مختلف روی همدیگر تاثیرگذار خواهد بود و در نهایت برای مدلی که برآورد می‌شود عواملی انتخاب می‌شود که ضریب معنی داری بالایی با متغیر وابسته داشته باشند و عواملی با ضریب معنی داری کمتر که باعث کاهش دقت کار پهنه‌بندی می‌شوند از معادله حذف می‌شوند. در رگرسیون چند متغیره میزان تاثیر هر کدام از عوامل را با ضریبی که بیانگر میزان تاثیر آن عامل در وقوع زمین

معادل ۶/۲ درصد سطح حوزه آبخیز است. جدول ۱ مساحت زمین لغزش در طبقات مختلف عوامل موثر در زمین لغزش را نشان می‌دهد. با توجه به این که پیش‌بینی وقوع زمین لغزش‌ها مشکل است، از این رو شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و پهنه‌بندی این مناطق بر اساس پتانسیل وقوع زمین لغزش دارای اهمیت است. شناخت نواحی مستعد وقوع زمین لغزش یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای و عمرانی است.

با انجام عمل گام به گام روی مساحت زمین لغزش به‌عنوان متغیر وابسته و ۸ عامل موثر بر زمین لغزش در حوزه آبخیز آق‌مشهد، ۷ عامل به مدل وارد نشدند، که نشان از همبستگی کم این عوامل با لغزش‌های به وقوع پیوسته در منطقه دارد. ولی عامل فاصله از آبراهه در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار است (جدول ۲).

$$Y = 27.921 - 0.048X \quad (۱)$$

که در آن، Y: عدد خطر یا عامل حساسیت به وقوع زمین لغزش و X: فاصله از آبراهه می‌باشد. با استفاده از این معادله نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 تهیه شد. بر اساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به ۵ کلاس طبقه‌بندی شد. برای ارزیابی صحت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، این نقشه با نقشه پراکنش زمین لغزش قطع داده شده و بیانگر این است که روش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مناسب است (۸).

#### نقشه پراکنش زمین لغزش حوزه

با تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش مشاهده گردید که در کل حوزه تعداد ۱۶ زمین لغزش وجود دارد، مجموع سطح لغزش یافته در حوزه ۱۲۰ هکتار می‌باشد که

جدول ۱- مساحت زمین لغزش در طبقات مختلف عوامل موثر در زمین لغزش

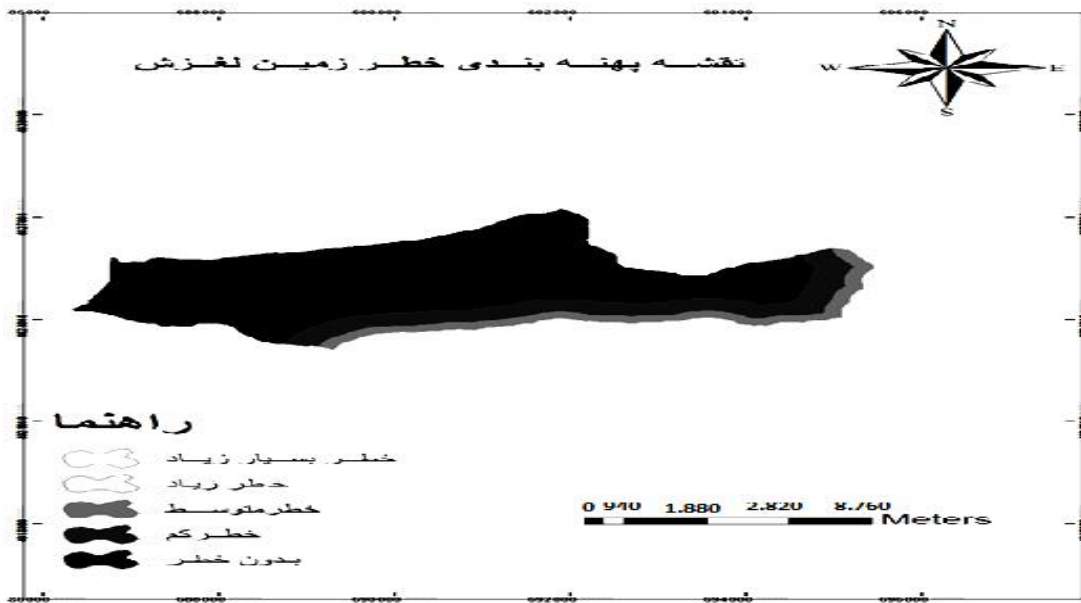
شیب (درصد)	جهت جغرافیایی	نقشه طبقات ارتفاعی (متر)	نقشه کاربری اراضی	فاصله از آبراهه (متر)	فاصله از جاده (متر)	مساحت زمین لغزش (هکتار)
۳۰	جنوب	۵۰	آبادی و روستا	۲۵	۲۵	۳۰
۳۰	جنوب	۱۵۰	آبادی و روستا	۷۵	۷۵	۲۰
۶۰	جنوب	۲۵۰	آبادی و روستا	۱۲۵	۱۲۵	۱۹
۶۰	جنوب	۳۵۰	آبادی و روستا	۱۷۵	۱۷۵	۱۰
۶۰	جنوب	۴۰۵	عرصه مخروبه	۲۲۵	۲۲۵	۱۱
۶۰	جنوب	۴۲۵	عرصه مخروبه	۲۷۵	۲۷۵	۹
۶۰	جنوب شرقی	۴۷۵	عرصه مخروبه	۳۲۵	۳۲۵	۱۱
۸۰	جنوب شرقی	۵۱۰	زمین زراعی	۳۷۵	۳۷۵	۶
۸۰	جنوب شرقی	۵۱۵	زمین زراعی	۴۰۰	۴۰۰	۴
۸۰	جنوب شرقی	۵۳۵	زمین زراعی	۴۵۰	۴۵۰	۰

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل آماری

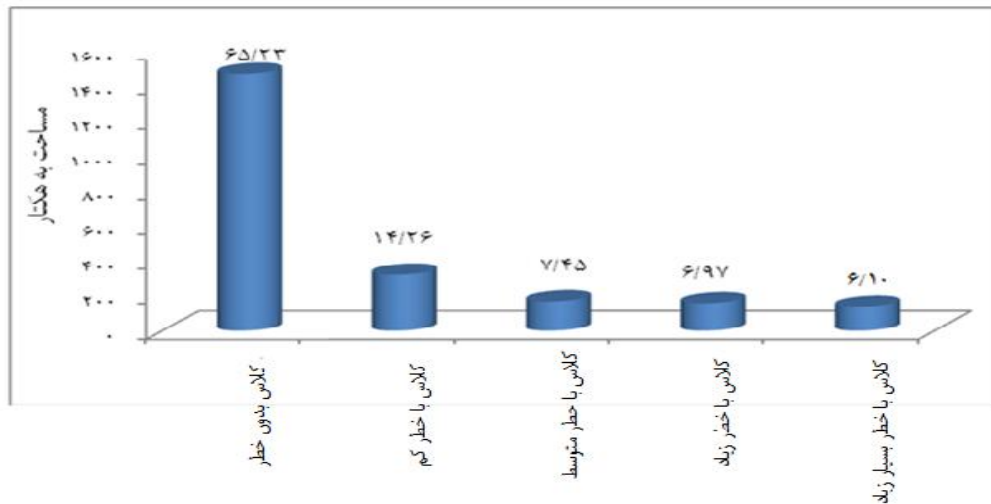
سطح معنی‌داری	عامل موثر در زمین لغزش
۰/۰۹۹	فاصله از آبراهه

میان عوامل مؤثر، ۲ عامل فاصله از آبراهه و فاصله از جاده به‌عنوان عوامل مؤثر انتخاب شدند. تعداد بیشتر زمین لغزش رخ داده در جاده‌های غیر اصولی نزدیک آبراهه در مقایسه با جاده‌های اصولی دورتر از آبراهه وقوع یافته‌اند. پیشنهاد می‌شود با توجه به این نتایج از جاده‌سازی غیراصولی نزدیک آبراهه اجتناب شود. همبستگی خیلی زیاد عامل فاصله از آبراهه با لغزش‌های منطقه باعث شده که همبستگی عوامل دیگر در نظر گرفته نشده و در مدل نیابند. که نتایج این تحقیق با یافته‌های (۸، ۱۰، ۱۸، ۲۲) همخوانی و انطباق دارد. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است بیشترین مساحت و کلاس خطر به دلیل وقوع زمین لغزش‌های زیاد در اطراف آبراهه می‌باشد که با رنگ سفید مشخص شده است. مساحت هر کلاس خطر به هکتار و به درصد در شکل ۱۱ ارائه گردیده است.

مدل رگرسیون چند متغیره با ضریب همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد و نمودار توزیع کلاس‌های خطر نشان‌دهنده کارایی مناسب این مدل برای حوزه آبخیز آق‌مشهد می‌باشد. با توجه به اینکه این مدل به‌طور همزمان علاوه بر استفاده از زمین لغزش به تجزیه تحلیل تاثیر مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل روی متغیر وابسته می‌پردازد، کارایی مناسبی برای پهنه‌بندی دارد (۷، ۸، ۱۴، ۲۳، ۲۵). در شکل شماره ۱۰ نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش بر اساس روش آماری چند متغیره در محیط GIS نشان داده شده است. از مهم‌ترین عامل ایجادکننده وقوع زمین لغزش در حوزه آق‌مشهد نزدیکی به آبراهه می‌باشد و عامل دیگری که باعث وقوع زمین لغزش‌های به‌صورت پراکنده گردیده است نزدیکی به جاده و احداث جاده‌های غیراصولی می‌باشد. با توجه به تجزیه و تحلیل عوامل در رگرسیون چند متغیره از



شکل ۱۰- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش رگرسیون چند متغیره



شکل ۱۱- توزیع درصد مساحت طبقات نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش

شود. با استفاده از روش گام به گام در محیط نرم افزار SPSS موثرترین عامل در ایجاد زمین لغزش فاصله از آبراهه شناسایی شد. تعداد زیاد لغزشها در فاصله ۲۵۰ متری از آبراهه نشان دهنده این امر است. عامل تشدیدکننده این فاکتور جاده هایی است که در مسیر این آبراهه ها ایجاد گردیده و پای توده ها خالی شده است. عوامل فاصله از جاده، کاربری، شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، زمین شناسی وارد مدل نشدند. با استفاده از این عوامل به عنوان متغیر مستقل و مساحت زمین لغزش به عنوان متغیر وابسته، اقدام به تعیین بهترین معادله شد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد

در این مطالعه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه ای به مساحت ۱۹۱۲ هکتار با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره نشان داده شد. بر اساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به دست آمده حوزه آق مشهد از لحاظ میزان خطر به پنج پهنه بی خطر، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و بسیار زیاد شناسایی گردید. بر این اساس از کل مساحت حوزه، ۱۲ هکتار در پهنه زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. این پهنه ها در مناطقی از حوزه، در کنار رودخانه، آبادی ها و روستاها واقع شده اند. بنابراین در اطراف روستاها هرگونه کاربری و استفاده از محیط باید به طور کارشناسی و منطقی انجام

پهنه‌بندی دارد که نتایج این تحقیق با یافته‌های گرابی و همکاران (۱۱)، مصطفوی و همکاران (۱۸)، بهشتی راد و همکاران (۸) و سفید گرابی (۲۲) همخوانی و انطباق دارد.

معنی‌دار می‌باشد. در نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت این مدل به‌طور همزمان علاوه بر استفاده از زمین‌لغزش به تجزیه تحلیل تاثیر مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل روی متغیر وابسته می‌پردازد و کارایی مناسبی برای

## منابع

- Ahmadi, H. 1995. Applied Geomorphology. Vol 1. Tehran University Press. 650 pp. (In Persian)
- Ahmadi, H., A. Esmaili, S. Feiznia and M. Shariat Jafari. 2003. Landslide hazard zonation by multivariate regression and AHP method in Garmichai basin. Iran Natural Resources Journal. 56: 323-336. (In Persian)
- Ahmadi, H., Sh. Mohamad khan, S. Feiznia and J. Ghodosi. 2005. The regional modeling of mass movements using the qualitative features and AHP systems. Case study: Taleghan. Journal of Natural Resources. 58: 14-3. (In Persian)
- Althuwaynee, O., Pradhan, B., Park, H., Lee, J. 2014. A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping, Catena 114: 21–36.
- Amirahmadi, A. 2006. Assessment of Natural slope instability risk in Roodbar by fuzzy theory. M.Sc. Thesis of Geology. Tehran Tarbiat Moalem University. (In Persian)
- Amirahmadi, A., H. Kamrani Dalir and M. Sadeghi. 2010. Landslide hazard zonation by AHP method. Quarterly of Geographical Society. 8: 203-281. (In Persian)
- Ashghali farahani, A. 2000. Assessment of Natural slope instability risk in Roodbar by fuzzy theory. M.Sc. Thesis of Geology. Tehran Tarbiat Moalem University. 142 pp. (In Persian)
- Beheshtirad, M., S. Feiznia, A. Salajeghe and H. Ahmadi. 2010. Landslide hazard zonation by multivariate regression model using GIS. Natural Geographical Journal. 3: 38-52. (In Persian)
- Feiznia, S., A. Kalarestaghi and H. Ahmadi. 2004. Investigation of affective factor in landslide occurrence and landslide hazard zonation (Case study: Tajan watershed). Iranian Natural Resources Journal. 57: 3-20. (In Persian)
- Gerai, P. 2007. Investigation of mass movement in order to provide of landslide hazard zonation regional model in Lajim watershed M.Sc. Thesis. Mazandaran University. 126 pp.
- Grafi, P., H. Karimi and M. Tavakoli. 2010. Preparation of landslide susceptibility maps using multivariate regression (case study: Ilam dam basin). Journal of Watershed Management. 1: 1-16.
- Ghorbanpoor, A. 2005. Landslide hazard zonation in Charmale watershed by GIS. M.Sc. Thesis. Sabzevar University. (In Persian)
- Izanloo, A. 1997. Assessment of RS and GIS data to mass movement hazard zonation in Bidvaz watershed. M.Sc. Thesis. Tarbiat Modares university. 111-144. (In Persian)
- Karam, A. and F. Mahmoodi. 2005. Quantitative modeling and landslide hazard zonation of the Zagros folded, Geographical Research. 37:1-14. (In Persian)
- Mohamadi, M. and A. Mosaedi. 2005. Investigation of efficiency Haeri-Samii Model in landslide hazard zonation (case study Qvichgh areas of Golestan province). The second national conference on watershed management and soil and water resources. Shahid-Bahonar University. (In Persian)
- Mohamadi, M., H. Moradi, S. Feiznia and H. Porghasemi. 2010. Efficiency of confidence operating model, the value of information and AHP in landslide hazard zonation in Haraz watershed. Iran Natural Resources Journal. 62: 539-551. (In Persian)
- Mohamadkhan, Sh. 2000. The regional modeling mass movements hazard zonation. Case study: Taleghan basin. M.Sc. Thesis, Tehran University. 112 pp. (In Persian)
- Mostafai, H., M. Onagh, M. Mesdagh and M. Shariat Jafari. 2009. Comparison between efficiency of empirical and statistical model to landslide hazard zonation (Almootrood watershed). Soil and Water Conservation Research Journal. 16: 1-16. (In Persian)
- Nasrabadi, A.H., Sh. Shatai, M. Rafatnia and M. Shariat Jafari. 2008. Assessment of efficiency to information value statistics and area density models for landslide hazard zonation. Natural Resources and Agriculture Science Journal. 15: 2 3-34. (In Persian)
- Pazham, M. 1996. Mass movement hazard zonation in the Almotrood watershed. M.Sc. Thesis, Tehran University. 134 pp. (In Persian)
- Pourghasemi, H.R, Mohammady, M and Pradhan, B. 2012. Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, Iran, Catena 97:71–84.
- Salmalian, H. 2006. Assessment of affective factor to landslide occurrence in Safarood watershed by GIS. M.Sc. Thesis. Sabzevar Tarbiat Moalem University. 134 pp. (In Persian)
- Sefidgari, R. 2002. Evaluation of landslide hazard zonation methods in 1/50000 scale (Case study: Damavand watershed). M.Sc. Thesis, Tehran University. 1159 pp. (In Persian)
- Shadfar, S., M. Yamani, J. Ghodosi and J. Ghaiomian. 2007. Landslide hazard zonation by AHP method in Tonekabon basin. Research and Development Journal. 75: 53-65. (In Persian)
- Shirani, M. 2004. Evaluation of landslide hazard zonation methods against suitable model selection for semorom. Fainal report of investigative scheme. Research Center of Watershed Management and Soil Conservation. Record no. 961: 95 pp. (In Persian)
- Youssef, A., Pradhan, B., Jebur, M.N., El-Harbi, H.M. 2014. Landslide susceptibility mapping using ensemble bivariate and multivariate statistical models in Fayfa area, Saudi Arabia, Environmental Earth Science, DOI 10.1007/s12665-014-3661.

## **Landslide Hazard Zonation using Multivariate Regression in GIS Environment (Case Study: Aghmashhad Watershed, Mazandaran)**

**Arman Rasai<sup>1</sup>, Khabat Khosravi<sup>2</sup>, Mahmood Habibnejad Roshan<sup>3</sup>, Arkan Heidari<sup>4</sup> and  
Armin Mashayekh Khan<sup>2</sup>**

---

1- M.Sc., Sari Agricultural Science and Natural Resources University  
(Corresponding author: arman.rasaei@yahoo.com)

2 and 3- Ph.D. Student and Professor, Sari Agricultural Science and Natural Resource University

4- M.Sc. of Natural Resource and Watershed Management Bureau of Marivan County, Kurdistan Province  
Received: September 15, 2012 Accepted: November 2, 2013

---

### **Abstract**

Identification of factors affecting on existing of landslide as well as its zonation in the given watershed is one of the basic tools for landslide control and selection of approach and effective solution as well. In this study landslide hazard mapping provided using previous landslide distribution and multivariate regression model in GIS environment in Aghmashhad. With reviewing previous resources and studying of Aghmashhad watershed, the eight factors of altitude, slope, aspect, geology, soil, land use, distance from river and distance from road were selected. With a field observation of the whole watershed, the local information and GPS were listed and landslide preparation map was prepared with stepwise multivariate regression in the statistical software SPSS. The distance from the river factor was selected as major factor affecting the landslide. The benefit of this model is to assess the expansive areas in short time. Research result showed that there is a significant correlation at the 0.01 level ( $P < 0.01$ ) between potential hazard values, classes and current land slide area.

**Keyword:** Landslide, Zonation, Multivariate Regression, Aghmashhad Watershed