دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

استفاده از روش‌های آماری رگرسیون دو و چند متغیره در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شمال تهران)

زهرا دولتخواهی[۱]، محمدرضا جوادی[۲] و مهدی وفاخواه[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.
۲- استادیار، گروه آبخیزداری، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران. (نویسنده مسوول: javadi.desert@gmail.com)
۳- دانشیار، گروه آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۵

چکیده

در طی سال‌های اخیر، وقوع زمین لغزش در نقاط مختلف و به دلایل گوناگون نظیر تغییر در نوع استفاده از زمین و احداث جاده روبه فزونی یافته است. به این دلیل، بررسی و تحقیق و تفحص در رابطه با این پدیده و ارزیابی عوامل ایجاد و شناسایی مناطق حساس به‌منظور پیشگیری و جلوگیری از خسارات احتمالی آن امری ضروری می‌باشد. بدین منظور تحقیق فوق در حوزه آبخیز شمال تهران با مساحت حدود ٤٢/١٤ کیلومتر مربع به انجام رسیده است. به‌منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد نظر با استفاده از دو روش رگرسیون دو متغیره و چند متغیره در ابتدا پس از بررسی‌های میدانی، ۹ عامل شیب، جهت، ارتفاع، فاصله از گسل، سنگ‌شناسی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، بارندگی، کاربری اراضی در منطقه به‌عنوان عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها مورد شناسایی قرار گرفتند و سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوطه در محیط نرم‌افزاری ArcGIS تهیه و بر اساس هر روش نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تهیه گردید و برای ارزیابی روش‌ها با نقشه پراکنش زمین‌لغزش مقایسه گردیدند. نتایج نشان داد که در روش رگرسیون دو متغیره، وقوع زمین‌لغزش با معیارهای فاصله از جاده، شیب، فاصله از گسل، طبقات بارندگی و سنگ‌شناسی رابطه معنی‌داری دارد که میزان آنها به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۳۱، ۰/۱٦۷، ۰/۳۳، ۰/۱۰ می‌باشد. ضریب تبیین بدست آمده در روش چند متغیره برابر با ۰/٦۵ بود که تمامی عوامل در سطح ۰/۹۹ معنی‌دار بوده اند.با توجه به آنکه دقت نتایج برای روش دو متغیره ۰/۸۹ و برای روش رگرسیون چند متغیره برابر با ۰/۹۲ بوده می‌توان روش رگرسیون چند متغیره را روش مناسب‌تری تشخیص داد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، روش‌های آماری، شاخص زمین‌لغزش، حوزه آبخیز شمال تهران

مقدمه

زمین‌لغزش‌ها دارای فرآیندی پیچیده می‌باشند که عوامل مختلفی موجب رخ دادن آنها شده و هرساله خسارات فراوانی را به بار می‌آورند. از این رو پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن در مناطق مستعد، امری ضروری به نظر می‌رسد (۱). پهنه‌بندی زمین‌لغزش از جمله راهکارهایی است که میتوان به کمک آن، مناطق بحرانی را به لحاظ پایداری شیب مشخص کرده و از نقشه های پهنه‌بندی به دست آمده در برنامه ریزی‌های توسعه ی پایدار استفاده نمود (۸). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل و یا بالقوه خطر، از هیچ تا بسیار زیاد تقسیم می‌کند. این فرآیند که بر مبنای شناخت ویژگی‌های طبیعی و مدل‌سازی کمی بر پایه‌ی داده‌های ناحیه‌ی مورد مطالعه صورت می‌گیرد، می‌تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه و عمران در مقیاس منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی محسوب گردد (۱۰). از این رو در پژوهش حاضر به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شمال تهران با روش‌های رگرسیون دو و چندمتغیره پرداخته شده است. پژوهشگران بسیاری در مناطق گوناگون دنیا به پهنه‌بندی رمین لغزش با روش‌های گوناگون پرداخته‌اند که برخی از آنها به شرح زیر می باشد:

لان و همکاران (۱۰) پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش را در حوزه‌ی آبخیز جیائوجیانگ[1] ژاپن بررسی نمودند. ایشان وزن پارامترهای موثر در وقوع زمین‌لغزش را با روش قضاوت کارشناسی و تحلیل سلسله مراتبی تهیه نمودند و با آنالیز همپوشانی در محیط GIS نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش منطقه‌ی مورد مطالعه را در چهار طبقه‌ی آسیب پذیری خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم به‌دست آوردند.

روموندو و همکاران (۱۳) در منطقه‌ی باوجوبا[2] در شمال اسپانیا با استفاده از GIS رابطه‌ی بین فاکتورهای مربوط به زمین و وقوع زمین‌لغزش را به دست آوردند و یک ارزیابی کمی از خطر زمین‌لغزش انجام دادند.

حسن‌زاده (۸) عمل پهنه‌بندی خطر لغزش را با در نظرگرفتن عوامل سنگ شناسی، شیب دامنه، بارندگی و کاربری اراضی در حوزه‌ی آبخیز شلمانرود انجام داد و با به‌کارگیری روش رگرسیون چند متغیره و حذف عامل بارندگی پهنه‌بندی نهایی را برای این آبخیز بدست آورد و به نتایج قابل قبولی دست یافت. فیض‌نیا و همکاران (۴) با لحاظ کردن عواملی همچون شیب، جهت، ارتفاع و لرزه خیزی ضمن تهیه نقشه‌های لازم و قطع آنها با یکدیگر پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای را در حوزه ی آبخیز شاهرود به صورت کیفی انجام دادند. به علاوه نامبردگان استفاده از روش

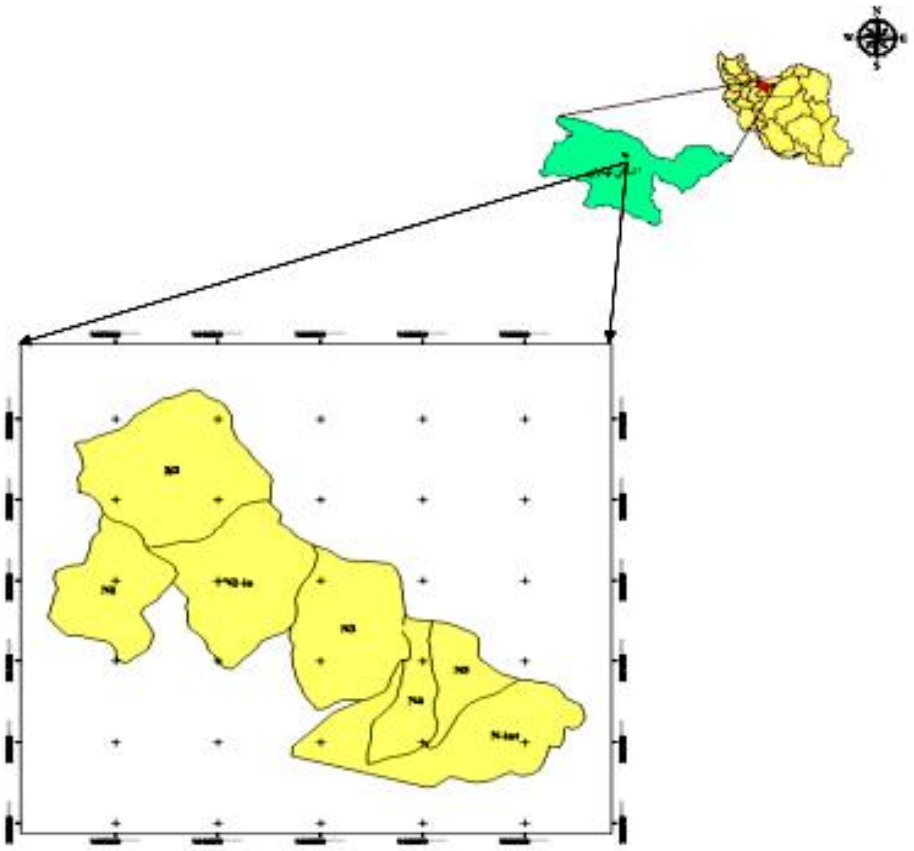
1- Xiaojiang watershed
2- Bavjoba

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]

آماری رگرسیون چند متغیره، مدلی را جهت پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای ارائه نمودند. گرایی و همکاران (۵) در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه‌ی آبخیز واستان ساری با استفاده از دو روش آماری دو متغیره‌ی ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح و با درنظرگرفتن عوامل اقلیمی و توپوگرافیکی منطقه، تشخیص دادند که روش ارزش اطلاعاتی در تفکیک کلاسه‌های خطر، نتایج بهتری را ارائه نموده است. در پژوهش حاضر نیز پس از بررسی‌های میدانی نه عامل شیب، جهت، ارتفاع، فاصله از جاده، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، بارندگی و فاصله از آبراهه بعنوان عوامل موثر در وقوع زمین لغزش شناخته شدند و با بهره‌گیری از دو روش آماری رگرسیون دو و چند متغیره و نیز با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه‌ی آبخیز شمال تهران انجام شده است.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیزشمال تهران با مساحت ۴۲/۱۴ کیلومتر مربع و با اقلیم نیمه خشک سرد در محدوده جغرافیایی "۰۰ '۴۷°۳۵ تا "۰۰'۵۳°۳۶ عرض شمالی و "۰۰ '۲۷ °۵۱ تا "۰۰'۰۰ °۵۱ طول شرقی قرار دارد. دمای متوسط در این حوزه آبخیز ۱۴/۷ درجه‌ی سانتی‌گراد، متوسط بارندگی سالانه‌ی آن ۱۸۰/۵ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی آن ۴۹/۸٪ می‌باشد (۲). در شکل ۱، موقعیت کلی حوزه آبخیز شمال تهران نشان داده شده است.

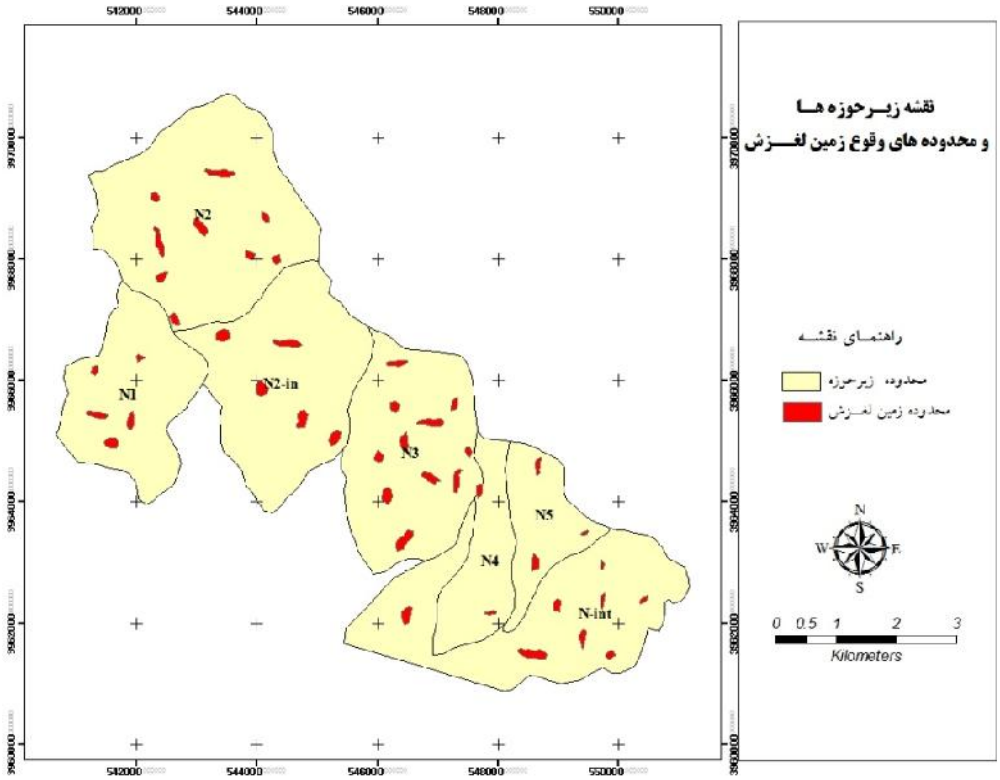


شکل ۱- موقعیت حوزه‌ی آبخیز شمال تهران در ایران و استان تهران
Figure 1. Location of Northen Tehran Watershed in Iran and Tehran Province

به‌منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش درحوزه آبخیز مورد نظر با حضور در عرصه، تعداد ۴۳ نقطه‌ی لغزشی ثبت گردید و مساحت هر کدام از توده‌های لغزشی به دست آمد. سپس با وارد کردن مختصات محدوده‌های لغزشی به نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$ نقشه‌ی پراکنش توده‌های لغزشی منطقه به‌دست آمد که در شکل ۲، نشان داده شده است (۱). در مرحله‌ی بعد، نقشه‌ی رقومی ارتفاع تهیه شد و با استفاده از آن نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع استخراج گردید. سپس با مراجعه به سازمان زمین شناسی و اداره منابع طبیعی استان تهران، نقشه‌های زمین‌شناسی و کاربری اراضی و در ادامه نقشه‌های فاصله از جاده و آبراهه و نیز نقاط همباران تهیه گردید و از روی آنها با استفاده از افزودن لایه‌ی بافر در نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$ نقشه‌های مورد نیاز تهیه گردید. نقشه‌های مربوطه در شکل شماره‌ی ۳، نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]



شکل ۲- پراکنش سطوح لغزشی در حوزه آبخیز شمال تهران
Figure 2. distribution of land slide area on NorthenTehranWatershed

در پهنه‌بندی خطرزمین‌لغزش با استفاده از روش آماری رگرسیون دو متغیره، ارتباط پایه ای بین عوامل تاثیرگذار و پراکندگی لغزش‌های رخ داده، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار می گیرد (۴). در تحلیل‌های آماری دو متغیره، قطع دادن لایه‌های مربوط به پارامترهای تاثیرگذار با لایه‌ی پراکندگی لغزش و محاسبه‌ی تراکم لغزش در هر کلاس از این پارامترها اساس تحلیل‌ها را تشکیل می‌دهد (۱۵). برای انجام این روش با محاسبه‌ی ارزش اطلاعات برای هر رده متغیر، اقدام به ثبت مقدار ارزش اطلاعات محاسبه شده برای هر رده گردید و در نهایت با جمع جبری ارزش اطلاعات عوامل و طبقه‌بندی نتایج به دست آمده، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تهیه شد. در این روش پس از به دست آمدن فراوانی تجمعی وزن‌ها، آستانه‌های هر طبقه با توجه به نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی وزن‌ها، به دست آمدو از آنها جهت طبقه بندی نقشه‌ی تجمعی وزن‌ها و تولید نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شده است (۹). سپس با استفاده از نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$، نقشه پهنه‌بندی تهیه شده با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها روی هم‌گذاری شد و نسبت تراکم زمین‌لغزش درکلاس‌های مختلف، بدست آمد. در مرحله‌ی بعد، پس از روی هم‌اندازی نقشه‌های مربوط به هر یک از متغیرها با نقشه ی مربوط به پراکنش زمین‌لغزش در منطقه، اهمیت هر یک از این عوامل محیطی در ارتباط با ناپایداری دامنه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر تاثیر در وقوع زمین‌لغزش به عنوان داده‌های اولیه مربوط به زمین‌لغزش به نرم‌افزار $SPSS_{ver13}$ وارد گردیده و رگرسیون دو متغیره برای تک تک معیارها به عنوان متغیر مستقل و تراکم زمین‌لغزش به عنوان متغیر وابسته محاسبه شد. در مرحله‌ی بعدی با استفاده از پنج معیار فاصله از جاده، سنگ‌شناسی، فاصله از گسل، بارندگی و شیب که همبستگی بالاتری نسبت به سایر معیارها نشان دادند و ضرایب به دست آمده برای این معیارها اقدام به نوشتن فرمول رگرسیونی دو متغیره و تهیه‌ی پهنه‌بندی نقشه خطر وقوع زمین‌لغزش گردید.

فرمول پایه‌ی روش رگرسیون دو متغیره عبارت است از:

$$y = ax + b \quad \text{(معادله ۱)}$$

که دراین فرمول: y: متغیر وابسته، x: نشانگر متغیر مستقل، a: ضریب رگرسیونی و b: ضریب ثابت می‌باشد.

روش آماری رگرسیون چند متغیره روشی است که به تحلیل همزمان تعدادی متغیر با یکدیگر می‌پردازد و از آنجا که پدیده‌هایی نظیر زمین‌لغزش، از تاثیر همزمان چندین عامل ناشی می گردند، لذا بررسی این پدیده‌ها توسط روش رگرسیون چند متغیره مناسب به نظر می‌رسد (۱۲). در واقع هر واحد همگن به عنوان یک مشاهده در تحلیل آماری می‌تواند استفاده گردد. در روش آماری رگرسیون چند متغیره در تحلیل خطرزمین‌لغزش متغیرهای گوناگونی نظیر سنگ شناسی،

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]

شیب دامنه، جهت دامنه، ارتفاع، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و بارندگی عواملی هستند که می بایست با هم مورد تحلیل و بررسی قرار گیرند. در این روش این عوامل به عنوان پارامترهای فیزیکی که ممکن است بر احتمال، تاثیر بگذارند مورد توجه واقع می‌شوند. در این روش با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{ver13}$ و استفاده از واحدهای همگن اقدام به تعیین بهترین معادله و رگرسورها (عوامل) می‌گردد. در واقع این واحدهای همگن حاصل تلفیق متغیرهای مستقل به کار گرفته شده می‌باشند. طی انجام این محاسبات ضریب همبستگی معادله و نیز سطح اطمینان هر متغیر به‌دست می‌آید. به گونه ای که ضرایب مثبت در معادلهی رگرسیون نشانگرافزایش ناپایداری و ضرایب منفی نشانگر کاهش ناپایداری می‌باشد.

پس از تعیین معادله‌ی رگرسیونی بر اساس ضرایب موجود، مطابق معادله‌ی استاندارد رگرسیون چند متغیره (معادله‌ی ۲)، yبه عنوان متغیر وابسته و ضرایب B_0 تا B_n ضرایب معادله و X_1 تا X_n متغیرهای مستقل به عنوان رده‌های هر پارامتر با در نظر گرفتن سطوح فراوانی رده‌های خطر برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش در منطقه تعیین می‌گردد (۱۱).

$$Y=B_0+B_1X_1+B_2X_2+\ldots+B_nX_n \quad \text{(معادله ۲)}$$

متغیرهای مورد استفاده در تحلیل خطر زمین‌لغزش در منطقه‌ی مورد بررسی این پژوهش در برخی موارد کمی (شیب، بارندگی، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از جاده،فاصله از آبراهه) و در مواردی نیز کیفی (جهت، کاربری اراضی، زمین شناسی) می‌باشند. تحلیل رگرسیون عمدتاً براساس استفاده از داده‌های کمی می‌باشد، اما استفاده از داده‌های کیفی در متغیرهای مستقل شامل متغیرهای اسمی یا ترتیبی نیز امکانپذیر است. اما در صورتی که داده‌ها از نوع اسمی باشند و از تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شود بایستی این گونه داده‌ها به صورت متغیرهای مجازی که حالت دو وجهی دارند، تبدیل شوند.محاسبه رگرسیون برای متغیرهای مجازی درست مانند محاسبه رگرسیون برای متغیرهای کمی است و معادله رگرسیون آن نیز مانند معادله رگرسیون چندگانه برای متغیرهای کمی می‌باشد (۱۲). در این مطالعه نیز به منظورتبدیل داده‌های کیفی شامل کاربری اراضی، زمین شناسی، جهت، از روش تبدیل این داده‌ها به متغیرهای مجازی استفاده شده است (۱). به‌منظور ارزیابی رده‌های خطر زمین‌لغزش در پهنه‌بندی با استفاده از هر دو روش از شاخص زمین‌لغزش استفاده گردید (۲). شاخص زمین‌لغزش به صورت معادله‌ی ۳، تعریف می‌شود:

$$Li = [(Si / Ai) / (\Sigma n1(Si / Ai)]* 100 \quad \text{(معادله ۳)}$$

که درآن؛ نسبت شاخص زمین‌لغزش عبارت است از درصد نسبت سطح لغزش در هر پهنه به مساحت آن پهنه، تقسیم بر نسبت مجموع لغزش به سطح کل پهنه ها در این رابطه، Li: عبارت است از شاخص خطر وقوع زمین‌لغزش در هر پهنه‌ی خطر به درصد، Si: مساحت لغزش در هر پهنه‌ی خطر، Ai: مساحت هر پهنه‌ی خطر و n: تعداد رده‌های خطر می‌باشد (۶). در مرحله‌ی بعدی به‌منظور بررسی و مقایسه‌ی دقت نتایج حاصل از دو روش پهنه‌بندی، پارامتر دقت نتایج پیش‌بینی شده مورد توجه قرار گرفت. پارامتر دقت نتایج پیش‌بینی شده طبق رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌گردد:

$$P = Ks / S \quad \text{(معادله ۴)}$$

که در آن، Ks: مساحت سطح لغزش یافته در رده‌های خطر متوسط به بالا و S: مساحت زمین‌لغزش‌ها در منطقه می‌باشند (۱۲).

نتایج و بحث

به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی حاصل از دو روش رگرسیون دو و چند متغیره پس از تعیین معادله مورد نظر از توانایی نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$ و محاسبه ارزش‌های فیلدهای نقشه‌های مورد نظر و روابط مربوطه استفاده شده است.

الف) نتایج حاصل از روش رگرسیون دو متغیره

در روش رگرسیون دو متغیره، با توجه به میزان R^2 (ضریب تبیین) وقوع زمین‌لغزش با معیارهای فاصله از جاده، بارندگی، شیب، فاصله از گسل و سنگ‌شناسی رابطه معنی‌داری دارد. جدول ۱ ضرایب رگرسیون و ضریب تعبیین را برای هر یک از معیارها و وقوع زمین‌لغزش نشان می‌دهد. فرمول‌های رگرسیونی مربوط به پنج متغیر مستقل ذکر شده در بالا به ترتیب به صورت روابط ۵ تا ۹ می‌باشند:

$$Y=-0.003X_1+0.014 \quad \text{(معادله ۵)}$$
$$Y=0.003X_2-0.005 \quad \text{(معادله ۶)}$$
$$Y=0.036X_3-0.079 \quad \text{(معادله ۷)}$$
$$Y=0.01X_4+0/002 \quad \text{(معادله ۸)}$$
$$Y=0.109X_5+0.379 \quad \text{(معادله ۹)}$$

که در آنها Y: نشانگر متغیر وابسته‌ی زمین‌لغزش، X_1: متغیر مستقل فاصله از جاده، X_2: متغیر مستقل بارندگی، X_3: متغیر مستقل شیب، X_4: متغیر فاصله از گسل و X_5: متغیر سنگ‌شناسی می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]

جدول ۱- ضرایب ثابت و رگرسیونی و میزان ضریب تبیین به دست آمده برای معیارهای نه گانه‌ی مورد بررسی در روش رگرسیون دو متغیره
Table 1. Constant and RegressionCoefficients and Rate of R^2Coefficient. Resulting of Nine factorsinvestigated on two variate Regressions

ردیف	معیار	ضریب تبیین (R^2)	ضریب ثابت	ضریب رگرسیون
۱	شیب	۰/۳۱*	-۰/۰۷۹	۰/۰۳۶
۲	جهت	۰/۰۱۷	۰/۱۰۱	۰/۰۱۰
۳	ارتفاع	۰/۰۴۹	۰/۰۰۹	۰
۴	بارندگی	۰/۳۳*	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۳
۵	کاربری اراضی	۰/۰۴۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲
۶	سنگ شناسی	۰/۱۰**	۰/۰۲۴	۰/۱۰۹
۷	فاصله از گسل	۰/۱۶۷**	۰/۰۰۲	۰/۰۱
۸	فاصله از آبراهه	۰/۰۳۳	۰/۳۹۷	۰/۰۶۶
۹	فاصله از جاده	۰/۵۱۰*	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۳

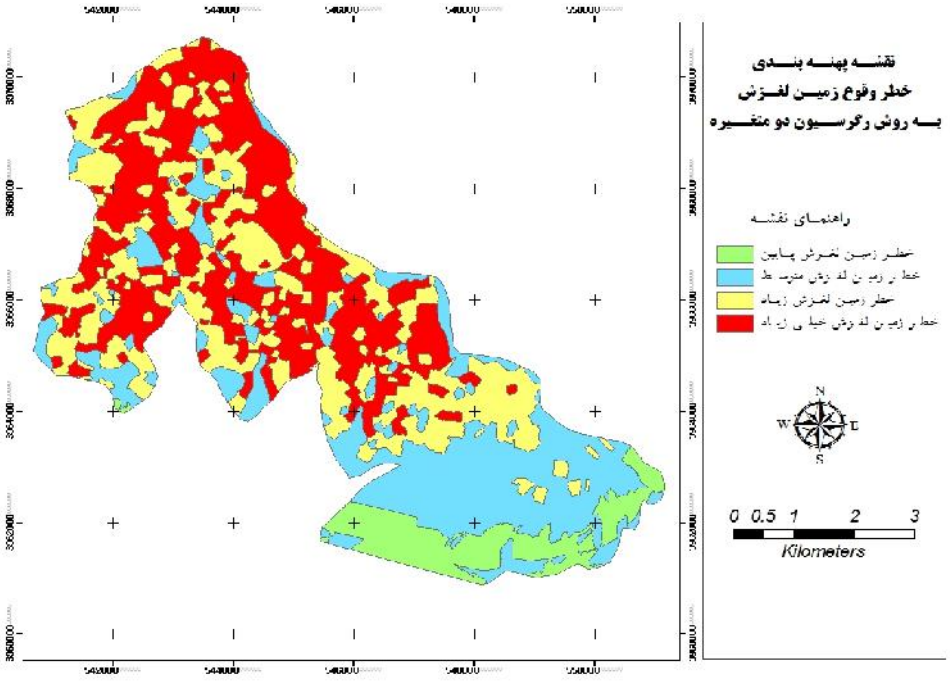
* و **: به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار است.

در مرحله‌ی نهایی با استفاده از دامنه تغییرات متغیر وابسته و شناسایی نقاط عطف منحنی فراوانی متغیر وابسته، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش انجام شد.

برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، خطر وقوع زمین‌لغزش به چهار طبقه‌ی خطر پایین، خطر متوسط، خطرزیاد و خطر خیلی زیاد تقسیم‌بندی شد. جدول ۲، طبقات مختلف خطروقوع زمین‌لغزش و دامنه متغیر وابسته مربوطه را نشان می‌دهد. در نهایت با استفاده از نتایجی که تاکنون به دست آمد، نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی با به کارگیری نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$ تهیه گردید که در شکل ۳، آمده است.

جدول ۲- طبقات مختلف خطر وقوع زمین‌لغزش در روش رگرسیون دو متغیره
Table 2. Different Ranges of Land Slide hazard on Two Variate Regression method

طبقه	دامنه متغیر وابسته
خطر کم	-۰/۰۵< Y =<۰/۰۵
خطر متوسط	۰/۰۵< Y =<۰/۱۰
خطر زیاد	۰/۱۰< Y =<۰/۱۴
خطر خیلی زیاد	۰/۱۴< Y



شکل ۳- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش رگرسیون دو متغیره
Figure 3. Land Slide hazardZonationMap،Using Two Variate Regression method

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]

ب) نتایج حاصل از روش رگرسیون چند متغیره

برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه‌ی آبخیز شمال تهران به روش رگرسیون چند متغیره ابتدا تمامی نقشه‌های معیارهای مورد بررسی (شیب، جهت، ارتفاع، بارندگی، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی (لیتولوژی)، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و نقشه پراکنش وقوع زمین‌لغزش‌ها با استفاده از نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$ روی هم‌گذاری شدند و تعداد ۱۱۲۹۳ واحد همگن به‌دست آمد. جدول داده‌های توصیفی حاصل از روی هم‌گذاری لایه‌ها وارد محیط Excel گردید و پس از کدگذاری وارد نرم‌افزار $SPSS_{ver13}$ شد. داده‌ها با استفاده از روش رگرسیون گام به گام تحلیل شدند و در نهایت از بین ۲۴ متغیر مورد بررسی تنها ۹ متغیر وارد مدل گردیدند که همگی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بودند. ضریب تبیین به‌دست آمده ۰/۶۵ بود که در سطح ۱٪ قابل قبول می‌باشد.

نتایج به دست آمده از روش رگرسیون چند متغیره با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{ver13}$ و متغیرهای وارد شده در مدل و ضرایب ثابت و ضرایب متغیرها و نیز سطح معنی داری برای هر کدام از متغیرها در جدول ۳، آمده است.

در مرحله‌ی بعدی با استفاده از ضرایب و معیارهای به دست آمده از روش رگرسیون چند متغیره اقدام به اعمال ضرایب رگرسیون در لایه‌های اطلاعاتی و روی هم‌گذاری این لایه‌ها گردید که در نتیجه آن تعداد ۸۴۱۰ واحد همگن به دست آمد. با استفاده از فراوانی داده‌های متغیر وابسته حاصل ازروش رگرسیون چند متغیره، نقاط عطف شناسایی و طبقه‌بندی دامنه‌های خطر وقوع با استفاده از آن انجام شد. طبقه‌بندی دامنه متغیر وابسته به منظور پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با شناسایی نقاط عطف داده‌های متغیر وابسته در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول۳- نتایج حاصل از روش رگرسیون چند متغیره در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه ی آبخیز شمال تهران

Table 3. Results of Multi Regression method for Land Slide Hazard Zonation map on North of Tehran Watershed

متغیر	ضرایب رگرسیون	ضرایب استاندارد شده	سطح معنی‌داری
طبقات شیب	۰/۱۶	۰/۵۵۶	۰/۰۰۰
فاصله از جاده	۰/۱۱۱	۰/۵۷۰	۰/۰۰۰
کاربری مرتع	۰/۱۰۶	۰/۱۸۲	۰/۰۰۰
طبقات همباران	-۰/۰۳۴	-۰/۱۶۲	۰/۰۰۴
فاصله از گسل	۰/۰۳۷	۰/۱۸۳	۰/۰۰۰
پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های کنگلومرایی سست	۰/۱۴	۰/۰۸۹	۰/۰۰۱
شرق	-۰/۱۴۷	۰/۱۰۱	۰/۰۰۱
ارتفاع	-۰/۰۸	۰/۱۳۲	۰/۰۰۱
شیل‌های خاکستری با تناوب توف های سبز	۰/۰۹۶	-۰/۰۹۵	۰/۰۳۹

جدول ۴- طبقات مختلف خطر زمین‌لغزش در روش رگرسیون چند متغیره

Table 4. Different Ranges of Land Slide hazard on multi Variate regression method

طبقه	دامنه متغیر وابسته
خطر زمین‌لغزش پایین	$-1 < Y =< 0$
خطر زمین‌لغزش متوسط	$0 < Y =< 0/25$
خطر زمین‌لغزش زیاد	$0/25 < Y =< 0/50$
خطر زمین‌لغزش خیلی زیاد	$0/50 < Y$

معادله‌ی رگرسیون چند متغیره به دست آمده به‌صورت معادله‌ی ۱۰ است که در آن y: متغیر وابسته یعنی وقوع زمین‌لغزش می‌باشد و x_1 تا x_9 به ترتیب متغیرهای مستقل وارد شده در این رگرسیون می‌باشد که به‌ترتیب عبارت از: X_1: طبقات شیب، X_2: فاصله از جاده، X_3: کاربری مرتع، X_4: طبقات همباران، X_5: فاصله از گسل، X_6: پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های کنگلومرایی سست،X_7:جهت شرق، X_8: شیل‌های خاکستریبا تناوب توف‌های سبز، X_9: طبقه ارتفاعی می‌باشند.

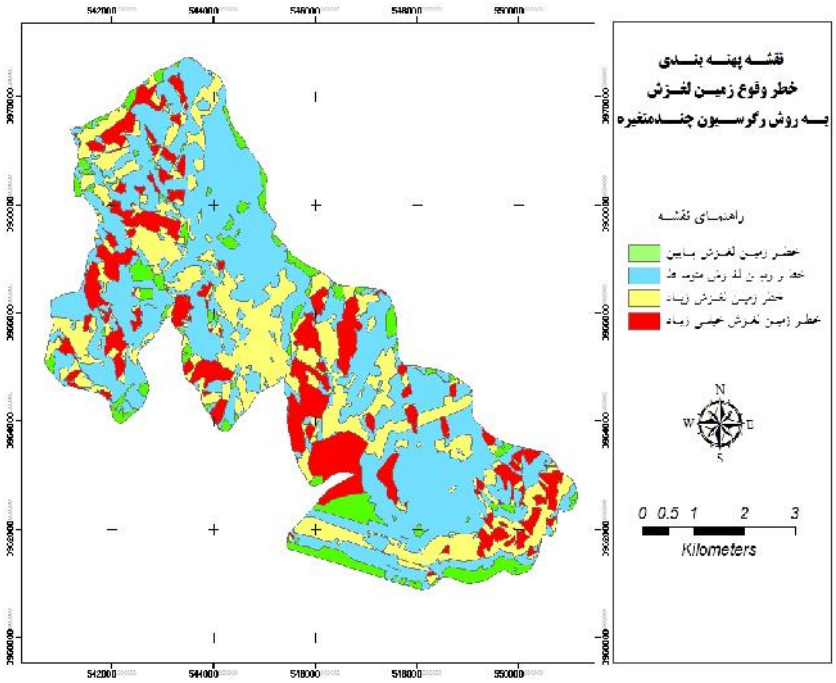
در نهایت با استفاده از نتایج حاصل شده و با استفاده از نرم‌افزار $ArcGISver_{9.2}$ نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه‌ی آبخیز شمال تهران با استفاده از رگرسیون چند متغیره به دست آمد که در شکل ۴ آورده شده است.

(معادله ۱۰)

$$Y = 0.16X1 + 0.111X2 + 0.106X3 - 0.034X4 + 0.037X5 + 0.14X6 + 0.147X7 + 0.096X8 - 0.08X9$$

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]



شکل ۴- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش به روش رگرسیون چند متغیره
Figure 4. Land Slide hazard Zonation Map, Using Multi Variate Regression method

با توجه به میزان ضریب تبیین (R^2) در رگرسیون دو متغیره وقوع زمین‌لغزش با معیارهای فاصله از جاده، بارندگی، شیب، فاصله از گسل و سنگ شناسی (لیتولوژی) رابطه معنی‌داری دارد که میزان R^2 در آنها به‌ترتیب ۰/۵۱۰ برای معیار فاصله از جاده، ۰/۳۳ برای عامل بارندگی، ۰/۳۱ برای عامل شیب، ۰/۱۶۷ برای فاصله از گسل و ۰/۱۰ برای معیار سنگ‌شناسی می‌باشد. سپس با توجه به این معیارها، اقدام به نوشتن معادله‌ی رگرسیونی دو متغیره و تهیه‌ی پهنه‌بندی نقشه خطر وقوع زمین‌لغزش گردید. پهنه‌بندی نهایی زمین‌لغزش در حوزه‌ی آبخیز شمال تهران با استفاده از روش رگرسیون دو متغیره نشان می‌دهد که بالاترین میزان ریسک وقوع زمین‌لغزش در منطقه با خطر وقوع بالای ۰/۱۴ که بیشترین سطح را به خود اختصاص داده است در بخش ارتفاعات بالای ۲۹۰۰ متر و شیب بالای ۶۰ درصد در نقاطی با بارندگی بیش از ۷۰۰ میلی‌متر و اکثراً در کاربری‌های مرتعی بعضاً سنگلاخی منطقه رخ داده است که در مناطق گسترده‌ای از شیل‌های خاکستری با تناوب توف‌های سبز و مناطق متناوب توف سبز و شیل وجود دارد.

در روش آماری رگرسیون چند متغیره لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نرم‌افزار $Arc\ GIS_{ver9.2}$ روی هم‌گذاری شدند و تعداد ۱۱۲۹۳ واحد همگن به دست آمد. جدول داده‌های توصیفی حاصل از روی هم گذاری لایه‌ها وارد محیط Excel گردیده و پس از کدگذاری وارد نرم‌افزار $SPSS_{ver13}$ شد. داده‌ها با استفاده از روش رگرسیون گام به گام تحلیل شدند و در نهایت از متغیرهای مورد بررسی تنها ۹ متغیرشامل طبقات شیب، فاصله از جاده، کاربری مرتع، طبقات همباران، پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های کنگلومرایی سست، جهت شرقی، شیل‌های خاکستری با تناوب توف‌های سبز و طبقات ارتفاعی وارد مدل گردیدند که همگی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بودند. ضریب تبیین به دست آمده در این روش رگرسیونی برابر با ۰/۶۵ بود که در حد قابل قبولی می‌باشد و با استفاده از ضرایب و معیارهای به‌دست آمده از رگرسیون چند متغیره اقدام به اعمال ضرایب رگرسیون در لایه‌های اطلاعاتی و روی هم‌گذاری این لایه‌ها گردید که در نتیجه آن تعداد ۸۴۱۰ واحد همگن به دست آمد و معادله‌ی رگرسیونی مربوطه تولید شد. با توجه به سطح معنی‌داری ۹۹٪ و ضریب تبیین ۶۵٪ اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش گردید و مشخص شد که بیشترین ریسک وقوع زمین‌لغزش به میزان بالای ۰/۵۰ در شیب‌های بین ۴۰ تا ۶۰ درصد و بالای ۶۰ درصد در جهت شرقی می‌باشد که در محدوده‌ی پراکنش پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های کنگلومرایی رودخانه و شیل‌های خاکستری با تناوب توف‌های سبز قرار دارد.

شاخص لغزش به دست آمده در رده‌های خطر پایین، متوسط، زیاد و خیلی زیاد برای روش رگرسیون دو متغیره به ترتیب ۱۶/۸۷، ۱۸/۷۴، ۲۶/۱۹، ۲۹/۲۹ درصد وبرای روش رگرسیون چند متغیره به‌ترتیب ۲۶/۸۴، ۲۵، ۳۳/۲۲ و ۳۸/۱۹ می‌باشد که همانطور که ملاحظه می‌شود به‌ترتیب از رده‌ی خطر پایین تا رده‌ی خطر خیلی زیاد میزان شاخص لغزش، افزایش داشته است که نشانگر آن است که هر دو روش در طبقه بندی خطر زمین‌لغزش نتایج قابل قبولی داشته‌اند. میزان دقت نتایج پیش‌بینی شده در روش رگرسیون دو متغیره ۰/۸۹ و رگرسیون چند متغیره ۰/۹۲ می‌باشد که نشان می‌دهد که روش رگرسیون چند متغیره از دقت بالاتری برخوردار است و در نتیجه مطابقت بیشتری با منطقه دارد و از

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]

میان دو روش به کار گرفته شده در حوزه‌ی آبخیز شمال تهران روش مناسب‌تری می‌باشد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج حق شناس (۷)، مبنی بر مناسب‌تر بوده روش رگرسیون چند متغیره نسبت به دو متغیره و نتایج رسایی و همکاران (۱۴) مبنی بر مناسب بودن کاربرد این روش در مناطق مورد مطالعه مطابقت داشته و با نتایج تحقیقات شیرانی و همکاران (۲۰) در تضاد می‌باشد.

بطور کلی بررسی‌ها نشان داد که در منطقه، عوامل فاصله از جاده، شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، بارندگی و فاصله از گسل در ایجاد و وقوع زمین لغزش تاثیر به سزایی دارند که نتایج این بخش از تحقیق با بخشی ازنتایج مطالعات شیرانی و همکاران (۲۰)، گرایی (۵)، فرهادی (۳)، شادفر (۱۹)، احمدی (۱)، حسن‌زاده (۸)، تهرانی‌پور و همکاران (۲۱)، شعبانی (۱۷)، پسته دار (۱۱)، شعبانی و همکاران (۱۸) مبنی بر تاثیرگذاری یک و یا تعدادی از عوامل ذکر شده در بالا در وقوع زمین لغزش در مناطق تحت تاثیر هم‌خوانی دارد.

با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در هر منطقه انتخاب بهترین روش به‌منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش بسته به نوع روش‌های مورد بررسی و شرایط منطقه متفاوت خواهد بود و بیان بهترین روش منوط به ارزیابی کلیه روش‌ها در یک تحقیق جامع امکان‌پذیر می‌باشد.

منابع

1. Ahmadi, H., A. Esmaeili, S. Feyznia and M. Shariat Jafari. 2004. Mass movement hazard zonation using MR and AHP methods (case study: Garmi Chay Watershed). Journal of Iranian Natural Resources, 56: 323-335 (In Persian).
2. Dolatkhani, Z. 2012. Landslide hazard zonation using two and multiple variables Regresion and AHP methods in North of Terhran Watershed, M.Sc. Islamic Azad University, Noor Branch, 133 pp (In Persian).
3. Farhadi Nejad, T., J. Ghayoomian and M. Abdolvand. 2006. Soil slide effective factors, 8th Geology Conference of Iran, pp: 15-16, Tehran, Iran.
4. Feyznia, S. and B. Bodaghi. 2000. Modeling and Mass Movement Hazard Zonation in Shahrood Watershed , the first Conference of Geological Engineering and Biological Environment of Iran, Tarbiat Moalem University, pp: 203-214 (In Persian).
5. Geraei, P., H. Karimi and M. Teymoori. 2012. Landslide hazard zonation in Vastan Sari Watershed, 7th National Conference of Watershed Management and Science Engineering, pp: 121-123. Nour, Iran.
6. Guzzetti, F., A. Carrarra, M. Cardinali and P. Reichenbach. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study Central Italy. Geomorphology, 14: 181-216.
7. Haghshenas, E. 1996. Relationship between landslide hazard zonation and sediment production in Taleghan watershed, M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, 183 pp (In Persian).
8. Hasanzade Nefvati, M. 2001. Landslide Hazard Zonation in Shalmanrood Watershed, M.Sc. Thesis, Tehran University, 145 pp (In Persian).
9. Karam, A. 2003. Landslide quantitative modeling and Landslide hazard zonation in Zagross. PhD. Treatise, Tehran University, 175 pp.
10. Lan, H.X., C.H. Zhou, L.J. Wong, H.Y. Zhang and R.H. Li. 2004. Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed Yunna, China, Engineering Geology, 76: 109-128.
11. Pestehdar, M. 2012. Land slide Zonation with using Quantitative Methods (A case study: Goldian Watershed-Rood bar), M.Sc. Thesis, Islamic Azad University Nour Branch, Iran, 110 pp.
12. Ramesht, M.H. 1997. Geomorphology usage in planning, Esfahan University First Publishing, 170 pp (In Persian).
13. Ramezani, B. 2010. Landslide and it's stabilize methods, Geography Journal, 3: 129-137.
14. Rasai, A., Kh. Khosravi, M. Habibnejad, A. Heidari and A. Mashayekh khan. 2015. Land Slide Hazard Zonation using Multivariate Regression in GIS Environment (Case Study: Aghmashhad Watershed, Mazandaran). Journal of Watershed Management Research, 20(6): 205-215.
15. Romondo, J., J. Bonachea Cendrere and A. Quanti. 2007. Tatitre landslide rosk assessment and mapping on the basis of resen occurrences Geomorphology, 150 pp.
16. Satty, T.L. 1994. How to make a decision: The Analytical Hierarchy Process, Interface 24:19-43.
17. Shabani, E. 2012. Land slide Zonation with using Two variable Regression and Bolian Methods (A case study: ShalmanRood Watershed), M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Nour Branch, 120 pp (In Persian).
18. Shabani, E., M. Javadi and M. Khosh Eghbal. 2014. Land slide Hazard Zonation Using Information Value and Analytical Hierarchy Process (AHP) Method (A Case Study: Shalmanrood Watershed). Journal of Watershed Management Research, 5: 157-169.
19. Shadfar, S., J. Ghayoomian, A. Khalkhali and A. Kelarestaghi. 2009. Landslide Assessment using two variables Regression and LNRF methods in Janat Roodbar watershed, Natural Resources Researches Journal, 81(78): 56- 64.
20. Shirani, K. and S. Chavoshi and J. Ghayoomian. 2005. Landslide hazard zonation methods, Watershed and Soil Conservation Research Center Journal, 20(4): 20-31.
21. Tehranipour, H. 2012. Investigation of Some Methods Application for Mapping of Land slide hazard (Case Study: Kan Watershed), M.Sc. Thesis, Ialamic Azad University Nour Branch, 135 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]

Using of Two and Multi Variate Regression Methods on Landslide Hazard Zonation (A Case Study: Northern Tehran Watershed)

Zahra Dolatkhahi[1], Mohammad Reza Javadi[2] and Mahdi Vafakhah[3]

1- Graduated M.Sc. Student, Watershed Man, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.
2- Assistant Professor, Watershed Man, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran
(Corresponding Author: javadi.desert@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
Received: April 30, 2012 Accepted: December 16, 2013

Abstract

During recent years, landslide incidence has been increased in different areas with different reasons like change in land use and road introduction. It is necessary to research and survey that's creation factors and identity sensitive areas to prohibit of probable damages. For this reason, This study were carried out in Northern of Tehran watershed with about 42.14 km^2 area. In order to landslide hazard zonation in this area, Two and Multi Variate Regression methods were selected after survey the watershed. At first, nine effective factors on landslide were identified. Including: slope, aspect, height, distance from fault, lithology, distance from stream, distance from road, Precipitation and land use. Then, data layers using Arc GIS base on each methods were prepared. Then the land slide hazard zonation maps were prepared. For evaluation methods, the land slide hazard zonation maps of each method were compared with actual landslide scattering maps. The results of two variate regression shows that occurrence of landslides have significant relevance with distance from road, slope, distance from fault, precipitation and lithology parameters, that R^2 measures are 0.51 for distance from road, 0.31 for slope, 0.167 for distance from fault, 0.33 for precipitation and 0.10 for lithology. R^2 measure of multi regression was 0.65 that the nine factors were significant at 0.99 level. The results showed that (P) measure in two and multiregression methods are 0.89 and 0.92, respectively. According to results the multi regression is better than two regression method.

Keywords: landslide hazard zonation, landslide index, North of Tehran Watershed, Statistics methods

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.15.171]