



## پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از رگرسیون چند متغیره

### (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کوهسار)

عبدالواحد کردی<sup>۱\*</sup>، مریم دشتی مرویلی<sup>۲</sup>، بهارک معتمد وزیری<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، vahedkordi@yahoo.com

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، maryamdashti90@yahoo.com

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

#### چکیده

هدف از انجام این تحقیق تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در حوزه آبخیز کوهسار واقع در شمال غرب تهران می‌باشد. ابتدا با استفاده از بررسی‌های میدانی، مصاحبه محلی و مرور مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور ۱۱ عامل موثر در ۲۹ دامنه حساس و مستعد به زمین لغزش در حوزه آبخیز کوهسار واقع در شمال غرب شهر تهران شناسایی شدند. این عوامل شامل: شیب، جهت، ارتفاع، لیتولوژی، کاربری اراضی، جاده، آبراهه، گسل، بارندگی، بافت خاک و اشکال فرسایش می‌باشند. سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوطه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از نرم افزار ARC GIS تهیه و هر کدام از این لایه‌ها با لایه اطلاعاتی پراکنش زمین لغزش‌ها مقایسه شد. سپس نقشه واحدهای همگن تهیه و به منظور کمی کردن عوامل و وزن‌دهی آن‌ها از درصد سطح لغزش یافته در واحدهای مختلف استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره انجام گرفت. نتایج نشان داد که سه عامل آبراهه، جاده و بافت خاک مهمترین عوامل موثر بر بروز زمین لغزش در این منطقه می‌باشد.

#### واژه‌های کلیدی:

زمین لغزش، پهنه‌بندی، رگرسیون چند متغیره، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، کوهسار

## ۱- مقدمه

مطالعه وقوع زمین لغزش با توجه به تلفات جانی، خسارات مالی و تاثیرات زیست محیطی امروزه در اکثر کشورهای جهان، توجه صاحب نظران و متخصصین فن را به خود جلب نموده است. منطقه کوهسار از پتانسیل های زیست محیطی و تفرجگاهی بالایی برخوردار است که از جمله آنها می توان به فلات های مرتفع با چشم انداز عالی و همچنین دره های زیبا و سرسبز فرحزاد و کن اشاره نمود. وجود باغات متعدد در حاشیه شمالی این منطقه در کنار عواملی نظیر شرایط جغرافیایی خاص، قرارگیری در منتهی الیه شمالی شهر تهران، آب و هوای بیلاقی، دید و مناظر عالی و نزدیکی به آزاد راه تهران- شمال موقعیت ویژه ای را برای این منطقه ایجاد نموده است. به دلیل ارزش اقتصادی منطقه درک این که زمین لغزش ها در چه جاهایی از منطقه بیشترین احتمال وقوع را دارند در کاهش خسارات مالی و جانی زمین لغزش های آینده بسیار مهم است. هدف از این تحقیق، تشخیص نقاط حساس به زمین لغزش به منظور اعمال مدیریت صحیح و تعیین کاربری مناسب و تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش بر اساس روابط موجود به منظور پیش بینی خطر در آینده است. مدل رگرسیون چند متغیره یک تکنیک آماری است که از طریق آن می توان رابطه بین یک متغیر وابسته و مجموعه ای 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 هم زمان آنها بر پارامتر غیر مستقل به کار گرفته می شود (بهشتی راد و همکاران، ۱۳۸۹). در دو دهه اخیر استفاده از GIS به علت دستیابی سریع به اطلاعات در فرمت رقومی با استفاده از این نرم افزار، تجزیه و تحلیل سریع تر، قابلیت استفاده برای روش های مختلف و ارزیابی آنها رو به پیشرفت است (Davis et al, 2006; Kanoungo et al, 2006; Lee & Sambath, 2006; Wang and Sassa, 2006; Irigaray et al, 2007; Carrara et al, 2008; Song, 2008; Eeckhaut et al, 2009; Roosi et al, 2004; Sanwei et al, 2012; Ohlmacher and Davice, 2003; Lee, 2010). رگرسیون چند متغیره نیز یک روش آماری است که با استفاده از آن می توان وزن عوامل موثر بر لغزش را تعیین و با استفاده از آن احتمال وقوع لغزش را پیش بینی نمود (Nandi & Shakoor et al, 2009; Dewitte et al, 2010). مطالعات دشتی مرویلی، ۱۳۸۷؛ گرابی، ۱۳۸۹؛ بهشتی راد و همکاران، ۱۳۸۹؛ و جوادی و همکاران، ۱۳۹۱ نیز مرتبط با همین زمینه بوده است.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال غربی شهر تهران و در محدوده جغرافیایی  $9^{\circ} 15' 51''$  تا  $2^{\circ} 22' 51''$  طول شرقی و  $48^{\circ} 46'$  تا  $35^{\circ} 5' 7''$  عرض شمالی قرار گرفته است و دارای مساحت  $59/535$  کیلومتر مربع، ارتفاع حداکثر  $3427$  متر، ارتفاع حداقل  $1386$  متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالانه  $559/9$  میلی متر و شیب متوسط  $56/5$  درصد می باشد. موقعیت حوزه آبخیز کوهسار در ایران و استان تهران در شکل ۱ آورده شده است (طرح جامع احیا و حفاظت منابع طبیعی شمال تهران و شمیرانات، شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، ۱۳۸۳).

### ۲-۲- داده های مورد استفاده

برای آنالیز خطر احتمالی زمین لغزش، شناسایی صحیح مناطق لغزشی امری ضروری به حساب می آید. لذا با استفاده از تفسیر استریسکوپیک عکس های هوایی موجود ( $1:40000$ ) نقاط لغزشی شناسایی و بر روی نقشه توپوگرافی ( $1:25000$ ) انتقال داده

شد. به منظور ارزیابی نتایج تفسیر عکس‌های هوایی، بازدیدهای صحرایی از منطقه مورد مطالعه صورت پذیرفت و موقعیت جغرافیایی زمین لغزش‌ها با دستگاه GPS ثبت گردید و نقشه اولیه تهیه شده اصلاح گردید. در مجموع ۲۹ نقطه لغزشی در منطقه شناسایی و پس از انتقال نقاط به نرم‌افزار Arc GIS 9.3 نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه تهیه گردید (شکل ۲). با استفاده از مرور منابع و اطلاعات افراد بومی منطقه یازده عامل شامل: شیب، جهت، ارتفاع، لیتولوژی، کاربری اراضی، جاده، آبراهه، گسل، بارندگی، اشکال فرسایش و بافت خاک به عنوان عوامل موثر اولیه تشخیص داده شدند. بافت خاک به عنوان یکی از ویژگی‌های موثر در وقوع زمین لغزش از متغیرهای مستقل مورد بررسی در این تحقیق می‌باشد. در این پژوهش بافت خاک به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شده و طبقه‌بندی آن بیانگر تفاوت در میزان ذرات رس، شن و سیلت در منطقه می‌باشد. نقشه بافت خاک از نقشه خاکشناسی اقتباس گردیده است (گزارش خاکشناسی طرح جامع احیا و حفاظت منابع طبیعی شمال تهران و شمیرانات، شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، ۱۳۸۳).

#### ۲-۳- تهیه لایه‌های اطلاعاتی

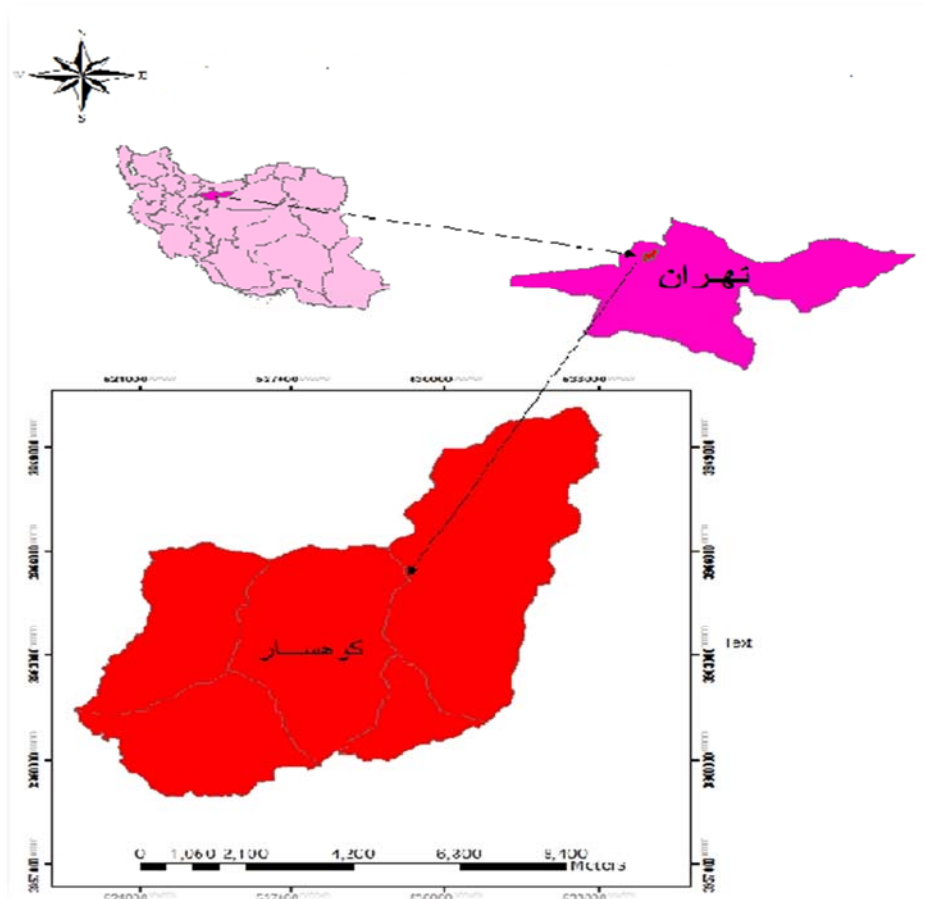
ابتدا نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) از روی نقشه توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) ساخته شد. با استفاده از نقشه DEM، نقشه طبقات ارتفاعی در ۵ طبقه، جهت شیب در ۸ طبقه و شیب در ۵ طبقه تهیه گردید (شکل ۳، ۴ و ۵). نقشه آبراهه و جاده با استفاده از نقشه توپوگرافی در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد. نقشه فاصله از جاده و فاصله از آبراهه با استفاده از منوی Distance در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد (شکل ۶ و ۷). نقشه فاصله از گسل و نقشه لیتولوژی از روی نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه و در محیط نرم‌افزار Arc GIS رقمی گردید (شکل ۸ و ۹). برای تهیه نقشه بارندگی متوسط سالانه، از آمار بارندگی ایستگاه‌های موجود در منطقه طی دوره ۴۰ ساله و از رابطه رگرسیونی موجود بین ارتفاع و بارندگی استفاده شد (شکل ۱۰). نقشه خاکشناسی، کاربری اراضی و رخساره‌های فرسایشی (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳) نیز جهت تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت (طرح جامع احیا و حفاظت منابع طبیعی شمال تهران و شمیرانات، شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، ۱۳۸۳). به منظور افزایش دقت نقشه واحدهای کاری نیز از تلفیق سه نقشه شیب، زمین‌شناسی و رخساره‌های فرسایشی در محیط ARC MAP و دستور Union استفاده شد (شکل ۱۴). در این تقسیم‌بندی ۱۸۷ واحد کاری تعیین گردید که در بین آن‌ها ۲۱ واحد کاری دارای زمین لغزش بود.

#### ۲-۴- روش کار

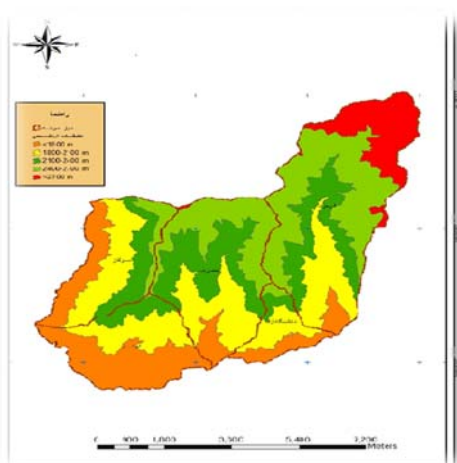
در این تحقیق متغیر وابسته، نقشه پراکنش زمین لغزش و متغیرهای مستقل لایه‌های اطلاعاتی شامل سازند زمین‌شناسی، شیب، طبقات ارتفاعی، جهت شیب، فاصله از گسل، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، متوسط بارندگی سالانه، اشکال فرسایش و بافت خاک می‌باشد. ابتدا در هر واحد کاری نقشه پراکنش زمین لغزش به نقشه درصد تراکم سطحی و نقشه‌های کیفی به کمی (با توجه به تعداد طبقات) تبدیل شد. پس از تفکیک واحدهای کاری و درصد زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته در هر واحد کاری (متغیر وابسته)، درصد تشکیل دهنده زمین لغزش‌ها در هر کدام از عوامل موثر نسبت به واحدهای کاری (متغیر مستقل) نیز تعیین گردید که این کار از طریق GIS و دستور "ZONAL STATISTIC" انجام پذیرفت (مردخ پور، ۱۳۸۹). سپس مقادیر متوسط هر یک از نقشه‌های کمی در هر واحد کاری نیز تعیین گردید.

با در نظر گرفتن پارامترهای درصد سطحی زمین لغزش در هر واحد کاری به عنوان متغیر وابسته و پارامترهای مختلف محاسبه شده به عنوان متغیر مستقل و ورود اطلاعات به نرم افزار SPSS 16.0 مدل رگرسیون چند متغیره تهیه گردید. تمامی متغیرهای مستقل از طریق مسیر آنالیز رگرسیون خطی و انتخاب روش پلکانی پس‌رونده وارد محیط اصلی رگرسیون شدند و

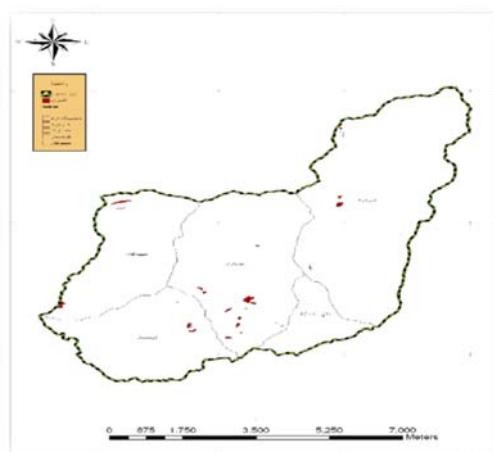
در صورتی که دارای شرایط لازم جهت باقی ماندن در مدل (ضریب همبستگی مخالف صفر و معنی داری) نبودند، تک تک از مدل حذف شدند (بهشتی‌راد و همکاران، ۱۳۸۹؛ جوادی، ۱۳۹۱؛ گرای، ۱۳۸۹). مقدار ضرایب نشان دهنده میزان اهمیت آنها در وقوع زمین لغزش است. به طوریکه هر چه مقدار عددی ضرایب بزرگتر باشد نقش موثرتری در وقوع زمین لغزش دارد. علامت مثبت در فرمول به معنی رابطه مستقیم یعنی با افزایش عامل دارای علامت مثبت احتمال وقوع زمین لغزش بیشتر، و علامت منفی نشانه رابطه معکوس می‌باشد، به طوریکه با افزایش آن عامل احتمال وقوع زمین لغزش کاهش می‌یابد. در نهایت فرمول رگرسیون بدست آمده در مرحله قبلی برای محاسبه درصد وقوع زمین لغزش در سطح منطقه مورد مطالعه و پهنبندی آن در محیط Arc GIS 9.3 اعمال شد و نقشه پهنبندی خطر در ۵ طبقه تهیه گردید. به منظور ارزیابی صحت روش به کار برده شده نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها با نقشه پهنبندی مقایسه شد. اگر درصد سطحی زمین لغزش در کلاس‌های خطر بالا بیشتر باشد و روند توزیع درصد سطحی لغزش از کلاس‌های کم خطر به سمت کلاس‌های پر خطر افزایش یابد و دارای روند صعودی باشد بیانگر این است که روش پهنبندی خطر زمین لغزش مناسب است اگر این روند نزولی یا تقریباً یکسان باشد نشان دهنده کارایی ضعیف مدل است (جوادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Lan, 2004; Lee, 2007).



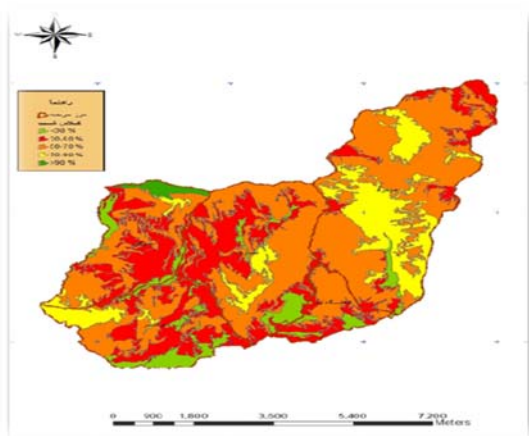
شکل ۱ - محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



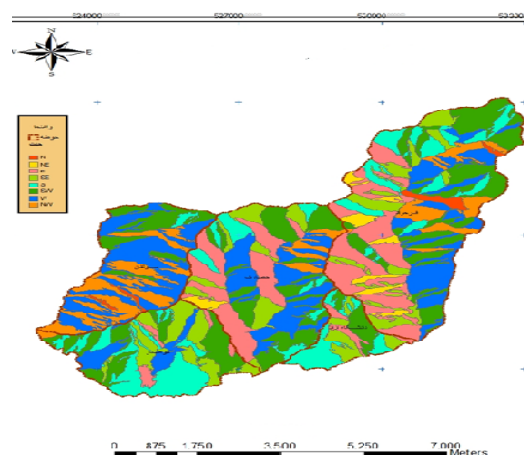
شکل ۳- نقشه طبقات ارتفاعی



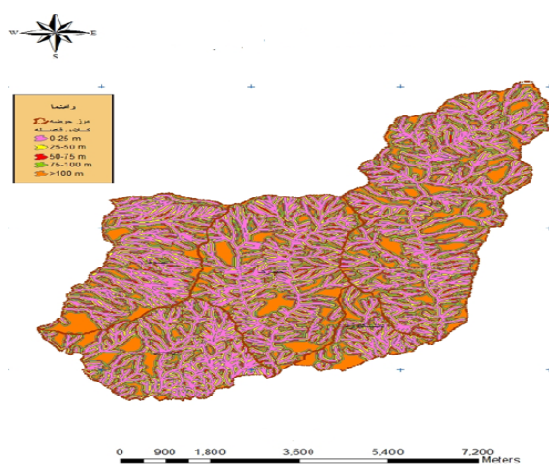
شکل ۲: نقشه پراکنش زمین لغزش



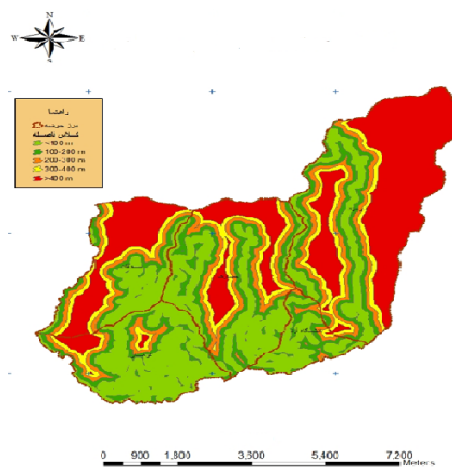
شکل ۵- نقشه شیب



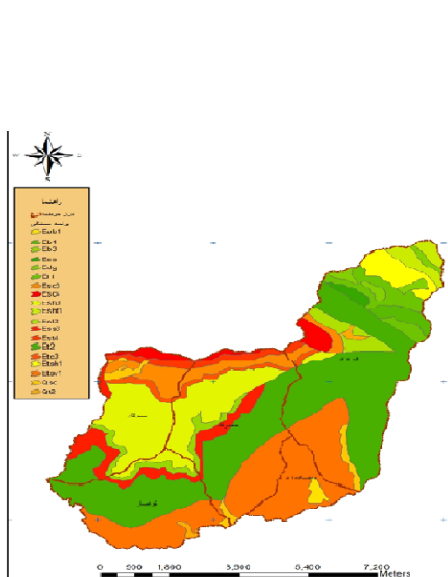
شکل ۴- نقشه جهت شیب



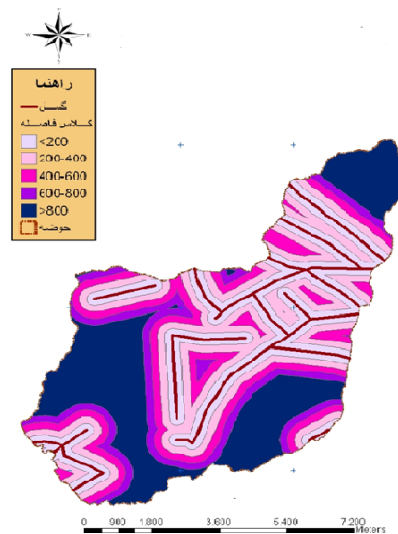
شکل ۷- فاصله از آبراهه



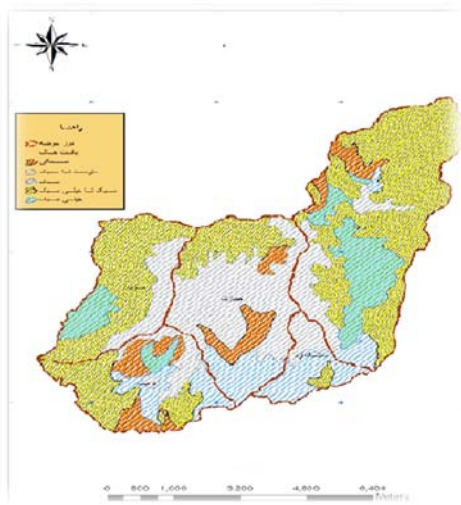
شکل ۶- فاصله از جاده



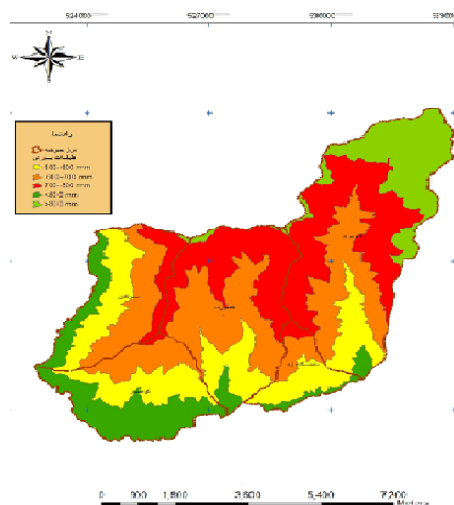
شکل ۹- نقشه لیتولوژی



شکل ۸- فاصله از گسل

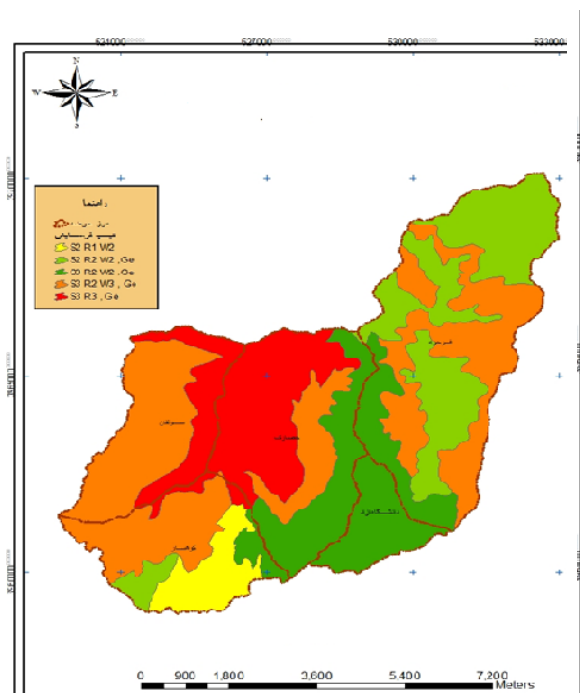


شکل ۱۱- نقشه خاکشناسی

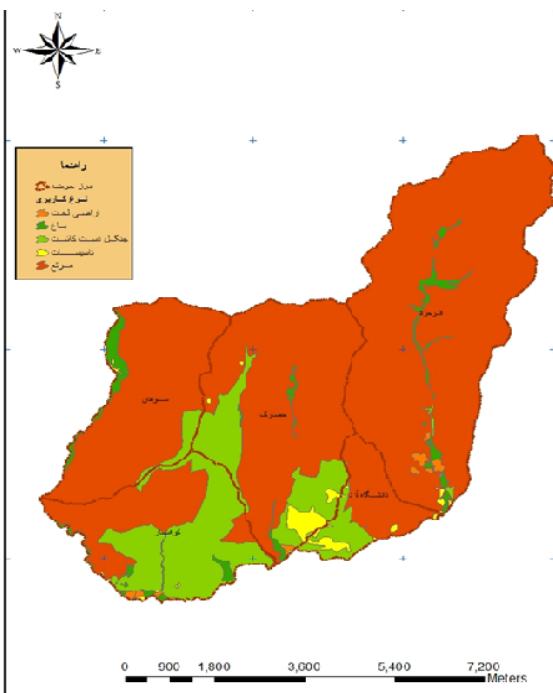


شکل ۱۰- نقشه بارندگی

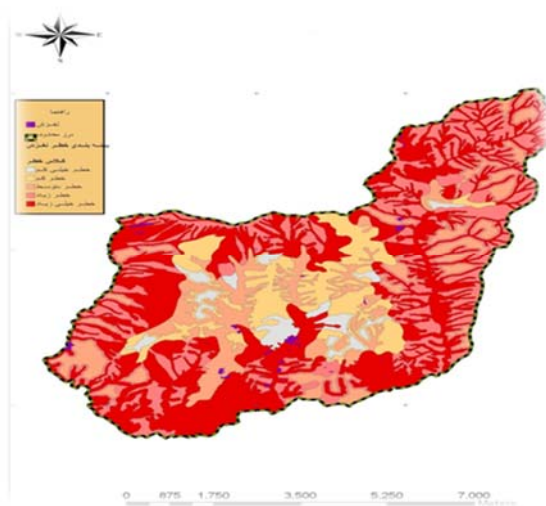




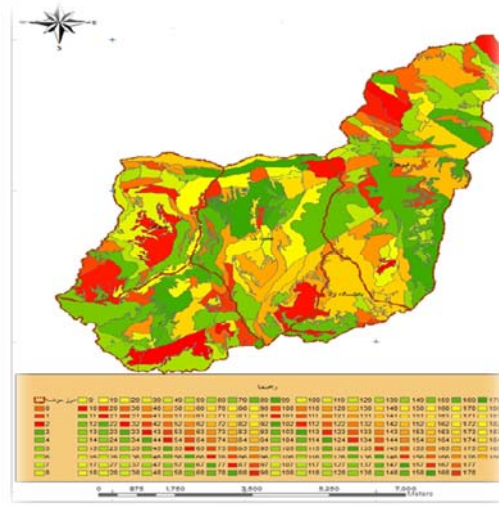
شکل ۱۳ - نقشه اشکال فرسایش



شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی



شکل ۱۵ - نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش



شکل ۱۴- نقشه واحدهای کاری

## ۳- نتایج

در محدوده مورد مطالعه تعداد ۲۹ مورد زمین لغزش با سطحی معادل ۲۲ هکتار به وقوع پیوسته است. تحلیل و بررسی میزان تاثیرگذاری عوامل موثر در وقوع زمین لغزش در منطقه طی این تحقیق، نتایج زیر را به همراه داشته است که به اختصار بیان می گردد. نتایج حاصل از بررسی لغزش های منطقه، حاکی از بیشترین ارتباط معنی دار بترتیب با فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و بافت خاک می باشد. بهترین مدل با موثرترین عوامل روی وقوع لغزش جهت پیش بینی وقوع زمین لغزش انتخاب شد که در رابطه ۱ آمده است که در سطح ۹۵٪ معنی دار است.

$$Y = 21.92 - 0.45 x_1 - 0.15 x_2 + 0.12 x_3 - 0.01 x_4 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:

Y: عدد خطر زمین لغزش

X1: فاصله از آبراهه

X2: فاصله از جاده

X3: بافت خاک (سنگین)

X4: بافت خاک (خیلی سبک)

عدد ثابت: ۲۱/۹۲

با توجه به اختلاف در شرایط اقلیمی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی و سایر فاکتورهای طبیعی در هر منطقه نسبت به مناطق دیگر، انجام هرگونه مطالعات زمینی و تعیین مدل های آماری نیاز به آزمون و ارزیابی صحت مدل آماری بدست آمده دارد. ارزیابی صحت مدل آماری خطر زمین لغزش با تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره به چند طریق قابل انجام می باشد. در این تحقیق تغییرات تدریجی پراکنش زمین لغزش ها با تغییرات احتمال وقوع در طبقات نقشه پهنه بندی مورد مقایسه قرار گرفت. پس از انطباق نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با نقشه پراکنش آن، درصد وسعت زمین لغزش ها در کلاس های با خطر بالا بیشتر بود و روند توزیع درصد وسعت در منطقه، از کلاس های کم خطر به سمت کلاس های با خطر بالا افزایش یافت و دارای یک روند صعودی بود. در این تحقیق صحت نقشه پهنه بندی نیز مورد تأیید قرار گرفت (جدول ۱).



جدول (۱) وضعیت توزیع مساحت بر اساس کلاس‌های خطر زمین لغزش

پهنه های خطر	مساحت هر پهنه (هکتار)	مساحت زمین لغزش (هکتار)	درصد سطحی زمین لغزش
خیلی کم	۷۳۴/۲	۰	۰
کم	۲۰۹/۸	۰/۱۵	۰/۰۰۶
متوسط	۱۵۰۸/۲	۳/۶۲	۰/۱۶۵
خطر زیاد	۹۸۲	۲/۵۶	۰/۱۱۸
خیلی زیاد	۲۵۱۹/۳	۱۵/۶۷	۰/۷۱۱
مجموع	۵۹۵۳/۵	۲۲	۱

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

آب به صورت جریان یا به واسطه انحلال ذرات، سبب جابجایی مواد در سطح دامنه می‌شود. با افزایش فاصله از آبراهه میزان لغزش کاهش می‌یابد. بیشترین میزان لغزش با وسعت ۱۳/۷ هکتار در فاصله کمتر از ۲۵ متر از آبراهه اتفاق افتاده است. این نتیجه با نتایج تحقیقات (Dymond et al, (2006); Lee & Pradhan, (2007) و (Chang et al (2008) دشتی مرویلی (۱۳۸۷)، اسحاقی (۱۳۸۸) و بهشتی‌راد (۱۳۸۹) مبنی بر تاثیر مثبت آبراهه بر لغزش مطابقت دارد بطوری که اغلب زمین لغزش‌ها در این منطقه نیز در فاصله‌ای نزدیک به آبرهه ایجاد شده است و با دور شدن از آبراهه زمین لغزش‌ها کاهش می‌یابد. پس از آبراهه عامل جاده نیز اهمیت بالایی در وقوع لغزش‌های منطقه داشت. در کل احداث جاده اگر چه برای توسعه اقتصادی در منطقه ضروری است. اما ممکن است با احداث غیراصولی باعث ناپایداری در دامنه‌ها گردد. جاده با تغییر هندسه شیب که با بارگذاری و باربرداری همراه است موجب ناپایداری و گسیختگی دامنه‌ها می‌گردد. با افزایش فاصله از جاده میزان لغزش کاهش می‌یابد. بیشترین میزان لغزش با وسعت ۱۱/۲ هکتار در فاصله کمتر از ۱۰۰ متر از جاده اتفاق افتاده است. این نتیجه با نتایج تحقیقات (Yamagishi & Ayalew (2006)، Sambath & Lee (2006)، Kamp, Chang et al (2006) et al (2008) اسحاقی (۱۳۸۸) و بهشتی‌راد (۱۳۸۹) مطابقت دارد. در بین ذرات خاک، رس دارای بیشترین توانایی در جذب آب می‌باشد و در وقوع زمین لغزش نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. در بافت خاک سنگین به دلیل حضور رس و برخورداری از رطوبت بیشتر، نسبت به دیگر کلاس‌های بافت خاک میزان لغزش (۷/۶ هکتار) بیشتر است. تاثیر بافت خاک خیلی سبک بر وقوع زمین لغزش نیز منفی است. نتایج (Lee (2004)، Pradhan (2010)، تنگستانی (۲۰۰۹) و رأفت نیا و همکاران (۱۳۹۱) نیز تاثیر بافت سنگین را در وقوع زمین لغزش نشان داده است. عامل ارتفاع از سطح دریا و میزان بارش وارد مدل نشدند که این مساله نشان از همبستگی کم این دو عامل با لغزش‌های به وقوع پیوسته در منطقه دارد، بهشتی راد (۱۳۸۹) در آبخیز باغ دشت، موسوی خطیر و همکاران، (۱۳۸۹) و (Mandi (2001 در آبخیز آیداهو به نتایج مشابهی دست یافتند. عوامل تکتونیکی در فعالیت زمین لغزش‌ها مرتبط با گسل‌های بزرگ و فعال می‌باشد (Yamagishi & Ayalew, 2006). عامل گسل در حوزه در بین عوامل خطی کمترین تاثیر را بر وقوع لغزش داشت و از مدل حذف گردید. این نتیجه با یافته‌های جوادی و همکاران (۱۳۹۱) در حوزه آبخیز کن، موسوی خطیر و همکاران (۱۳۸۹) و گرایبی (۱۳۸۹) در حوزه سد ایلام مطابقت دارد. عامل

شیب نیز به دلیل همبستگی ضعیف این عامل با لغزش‌های به وقوع پیوسته در منطقه وارد مدل نشد. جوادى و همکاران (۱۳۹۱) در حوزه آبخیز کن، گرایى (۱۳۸۶) نیز به نتیجه‌ی مشابهی دست یافتند. عامل کاربری اراضی نیز ارتباط معنی‌داری با وقوع زمین لغزش نداشت، این یافته با نتایج Nefeslioglu et al, 2008 همخوانی دارد. عامل جهت شیب، لیتولوژی و اشکال فرسایش نیز به علت عدم معنی‌داری با وقوع زمین لغزش از مدل نهایی حذف گردیدند.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در مجموع دارای پتانسیل زیادی برای وقوع زمین لغزش است و بیش از ۴۲ درصد از سطح منطقه در پهنه خطر خیلی زیاد قرار دارد. عوامل فاصله از آبراهه و بافت خاک غیر قابل تغییر می‌باشند. این در حالی است که برخی از عوامل دیگر مانند احداث جاده مدیریت‌پذیر می‌باشند و می‌توان با جلوگیری از احداث ناصحیح و غیر ضروری جاده و همچنین مدیریت صحیح برخی پروژه‌های عمرانی دیگر، و همچنین احیا و توسعه پوشش گیاهی تا حدود زیادی از بروز پدیده زمین لغزش جلوگیری کرد. همچنین در مناطق حساس به زمین لغزش در این منطقه باید از صدور هر گونه مجوز بهره‌برداری جلوگیری نمود. لازم به ذکر است با توجه به قرارگیری منطقه در ارتفاعات شمالی کلان شهر تهران و لزوم استفاده از اراضی کوهپایه‌ای در برنامه‌های توسعه شهری، بایستی اقداماتی جدی در جهت پایدارسازی دامنه‌های آن صورت گیرد. به منظور کاهش نسبی خطرات و افزایش پایداری دامنه‌ها و با توجه به شرایط حاکم بر منطقه، هر گونه سرمایه‌گذاری و احداث سازه باید با توجه به شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی محل صورت گیرد و از تغییر کاربری در مناطق دارای استعداد بالای زمین لغزش اجتناب گردد.

## ۶- مراجع

- ۱- اسحاقی، ا.، ۱۳۸۸. بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای و پهنه‌بندی آن درحوزه آبخیز صفارود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران.
- ۲- بهشتی‌راد، م.، س. فیض‌نیا، ع. سلاجقه، ح. احمدی.، ۱۳۸۹. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌ها با مدل رگرسیون چند متغیره با استفاده از، GIS فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۷، صفحات ۳۳ تا ۴۰.
- ۳- شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، ۱۳۸۳. طرح جامع احیا و حفاظت منابع طبیعی شمال تهران و شمیرانات.
- ۴- جوادی، م.ر.، ه. طهرانی‌پور، ش. غلامی، م.ع. فتاحی اردکانی، ۱۳۹۱. مقایسه روش های مورا و وارسون و رگرسیون چند متغیره در پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه آبخیز کن، مجله پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، صفحات ۹۲ تا ۱۰۵.
- ۵- دشتی مرویلی، م.، ۱۳۸۷. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: بخشی از حوزه‌ی آبخیز گاماسیاب) پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس ۷۳ص.
- ۶- رأفت نیا، ن.ا.، م.ک. کاویانپور، ت. احمدی، ۱۳۹۰. بررسی علل وقوع پدیده زمین لغزش در جنگل گلندرود (مطالعه موردی: سری ۳ آبخیز ۴۸)، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم، شمار اول.
- ۷- گرای، پ.، ۱۳۸۹. تهیه نقشه حساسیت به وقوع زمین لغزش با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی حوزه سد ایلام)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال اول، شماره اول، صفحات ۱ تا ۱۶.
- ۸- مردخپور، گ.، ۱۳۸۹. آنالیز خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه شهری سندرود با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی: منطقه آبدرد) پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران ۹۰ص.
- 9- Ayalew, L., and H. Yamagishi., 2006. The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the kakuda-yahiko mountains- central japan. *Geomorphology*, vol: 65, PP: 31.
- 10- Chung, C.J., and A.G. Fabbri., 2008. Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. *Natural hazard*, 30: 451-472.
- 11- Davis, J.C., C.J. Chung., and G.C. Ohlmacher., 2006. Two models for evaluating landslide hazards. *Computer & Geosciences*, 32: 1120-1127.
- 12- Dewitte, O., C. Chung., Y. Cornet., M. Daoudi., and A. Demoulin., 2010. Combining spatial data in landslide reactivation susceptibility mapping: a likelihood ratio-based approach in W Belgium. *Geomorphology*, 122: 153-166.
- 13- Dymond. J. R., A.G. Ausseeil., J.D. shepherd, and I. Buettner., 2006 validation of a Region – wide Model of Landslide susceptibility in the Manawatu. Wanganui Region of New Zealand. *Geomorphology* (74), 70- 79.
- 14- Kamp, U., B.J. Growley, G. Khattak and L.A. Owen, 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region. *Geomorphology*, Vol: 101, PP: 631-642.
- 15- Lan, H.X., C.H. Zhou., L.J. Wang., and R.H. Li., 2004. Landslide Hazard Spatial Analysis and Prediction Using GIS in the Xiaojiang Watershed, 18. Yunnan, China. *Engineering Geology*, 76:109-128.
- 16- Lee. S., 2007. Application and Verification of Fuzzy Algebraic Operators to Landslide Susceptibility Mapping. *Environmental Geology*. 52: 615-623.
- 17- Lee, S., and Pradhan, B., 2007. Landslide hazard mapping at Selangor-Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. *Journal of Landslides*, 4: 33-41.
- 18- Lee, S., and Sambath, T., 2006. Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. *The journal of Environmental Geology*. 50: 847-855.
- 19- Lee, S., 2004. Application of likelihood ratio and logistic regression models to landslide susceptibility mapping using GIS. *Journal of Environmental Management*, 34: 223-232.

- 20- Mandy, L.G., Andrew, W.M., Richard, A., and Stephana, G.C., 2001. Assessing Landslide Potential Using GIS, Soil Wetness Modeling and Topographic Attribute, Payette River, Idaho, *Geomorphology*, 37: 149- 165.
- 21- Nefeslioglu, H.A., C. Gokceoglu., and H. Sonmez., 2008. An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. *Engineering Geology*, 97: 171-191.
- 22- Ohlmacher, G.C., and Davis, J.C., 2003. Using multiple logistic regression and Gis technology to predict landslide hazard in northeast Kansast USA. *Engineering Geology*, 69: 331-348
- 23- Pradhan, B., 2010. Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross-validation using multivariate logistic regression model on three test areas in Malaysia. Published by Elsevier Ltd.
- 24- Tangestani, M.H., 2009. A comparative study of Dempster-Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS: An experience from Zagros Mountains, Sw Iran.
- 25- Song, R. H., D. aimaru, K. Abe., K. urosawa, and M. atsuura, 2008. Modelling the potential distribution of shallow-seated landslides using the weights of evidence and the logistic regression model: a case study in the Sabae area, Japan. *International Journal of Sediment Research*, 23: 106–118.
- 26- Eeckhaut, V.D., M. Reichenbach., P. Guzzetti., F. Rossi., and Poesen, J., 2009. Combined landslide inventory and susceptibility assessment based on different mapping units: an example from the Flemish Ardennes, Belgium. *Natural Hazards and Earth Systems Sciences*, 9: 507–521.
- 27- Carrara, A., G.B. Crosta., and P. Frattini., 2008. Comparing models of debris—flow susceptibility in the alpine environment. *Geomorphology*, 94: 353–378.
- 28- Song, R.-H., D aimaru, H., Abe, K., K urosawa, U., M atsuura, S., 2008. Modelling the potential distribution of shallow-seated landslides using the weights of evidence and the logistic regression model: a case study in the Sabae area, Japan. *International Journal of Sediment Research* 23, 106–118.
- 29- Kanungo, D.P., Arora, M.K., Sarkar, S., Gupta, R.P., 2006. A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. *Engineering Geology* 85, 347–366.
- 30- Irigaray, C., Fernandez, T., El Hamdouni, R., Chacon, J., 2007. Evaluation and validation of landslide—susceptibility maps obtained by a GIS matrix method: examples from the Betic Cordillera (southern Spain). *Natural Hazards* 41, 61–79.
- 31- Rossi. M. Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini A. C., Silvia, P., 2010. Optimal landslide susceptibility zonation based on multiple forecasts. *Geomorphology*, 14, 122-149.



Quarterly Journal of  
Environmental Erosion Researches  
No. 8, winter 2013, pp: 49-61  
[www.magazine.hormozgan.ac.ir](http://www.magazine.hormozgan.ac.ir)

## Landslide Hazard Zoning Using Multivariate Linear Regression (case Study: Kohsar watershed)

Kordi. A<sup>1\*</sup>, Dashtimarvili. M<sup>2</sup>, Motamedvaziri. B<sup>3</sup>

- 1- \*Corresponding Author: Department of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- 2- Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran
- 3- Department of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Abstract

The aim of this research is generating land slide hazard zoning map by using of Multivariate linear Regression method in Kohsar watershed that is located in northwest of Tehran. The first, in this research, we using of field surveys, local interview and review on carried out studied in the outside and inside of Iran, eleven factors effective was recognized on land slide. These factors include; slope degree, slope aspect, elevation, lithology, land use, road, drainage, fault, precipitation, soil texture and erosion. In the next stage, the information layers of above parameters were prepared in Geographic Information System (GIS) environment using Arc GIS 9.3 software and these maps were overlaid with the landslide inventory map. Then, homogeneous units map is prepared and In order to quantify the factors and give an appropriate weight to the parameters, the slide area percentage in each unit was calculated. Multiple regressions were used for statistical analysis. The results showed that the three factors including river, road and soil Texture have the highest effect on landslide occurrence respectively.

### Keywords:

Land Slide, Multivariate Linear Regression, Geographical Information System, Kohsar