

## پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود در استان گیلان<sup>۱</sup>

سادات فیض نیا<sup>۲</sup> حسن احمدی<sup>۳</sup> محمدحسن زاده نفوتی<sup>۴</sup>

### چکیده

در سال‌های اخیر، وقوع زمین‌لغزش‌ها در مناطق شمالی کشور به دلیل تغییر کاربری اراضی از جنگل به باغ‌های چای و احداث جاده افزایش یافته است. لزوم بررسی و تحقیق در خصوص این پدیده، عوامل موثر در وقوع آن و همچنین شناسایی مناطق حساس برای پیشگیری یا دوری‌جستن از خسارات ناشی از آن، بخوبی احساس می‌شود. روش‌های متعددی برای پهنه‌بندی مناطق مختلف از نظر حساسیت به وقوع زمین‌لغزش وجود دارد که از میان آنها روش آماری رگرسیون چندمتغیره برای پهنه‌بندی منطقه استفاده شد و در نهایت مدلی برای پهنه‌بندی منطقه ارائه گردید. در پایان، برای ارزیابی صحت آن، این مدل برای حوزه آبخیز مجاور که از بسیاری لحاظ (سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، بارندگی و...) مشابه حوزه مورد مطالعه بود، به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که اکثر زمین‌لغزش‌های وقوع یافته در این حوزه، در پهنه بسیار حساس که توسط مدل پیشنهادی مشخص شده بود، قرار گرفته‌اند، بنابراین صحت مدل پیشنهادی برای منطقه مورد مطالعه مورد تایید قرار گرفت.

**واژه‌های کلیدی:** زمین‌لغزش، پهنه‌بندی خطر، تجزیه و تحلیل آماری، سیستم اطلاعات جغرافیایی و حوزه شلمانرود گیلان

۱- تاریخ دریافت: ۷۹/۱۱/۸، تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۴/۱۸

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- کارشناس ارشد آبخیزداری

## مقدمه

زمین‌لغزش‌ها مانند سایر بلایای طبیعی، هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را در نقاط مختلف دنیا به بار می‌آورند. برای نشان دادن اهمیت آن، به پاره‌ای از این خسارات اشاره می‌شود. زمین‌لغزش‌های سال ۱۹۹۹ سارنوی ایتالیا، منجر به کشته شدن ۱۱۸ نفر و ناپدید شدن ۲۰۰ نفر گردید. همچنین در اثر زمین‌لغزش‌های سال ۱۹۹۹ که در ونزوئلا به دنبال چندین روز ریزش باران سنگین روی داد، بیش از ۲۰۰۰ نفر کشته و ۱۰ برابر این تعداد بی‌خانمان شدند (۳). کشور ما نیز به دلیل داشتن شرایط خاص زمین‌شناسی، فیزیوگرافی و آب و هوایی، مستعد وقوع این پدیده است. چنانچه تاکنون ۳۲۵۰ مورد زمین‌لغزش در استان‌های مختلف کشور به ثبت رسیده و تخمین زده می‌شود که تعداد آنها بالغ بر دو برابر این رقم باشد.

علاوه بر خسارات ذکر شده، تخریب اراضی کشاورزی، باغ‌ها، سازه‌های مهندسی و راه‌های ارتباطی و هدررفت سریع خاک، از دیگر آثار زمین‌لغزش‌ها به‌شمار می‌روند. با توجه به وسعت خسارات ذکر شده، می‌توان به‌صراحت اذعان کرد که هزینه بررسی و مطالعه چنین پدیده‌ای برای شناخت و برنامه‌ریزی بهتر به‌منظور پیشگیری یا کاهش خسارات ناشی از آن، بمراتب کمتر از خسارات آن است. بنابراین شناخت عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش و تشخیص مناطق مختلف از نظر حساسیت به وقوع آن، یکی از مهمترین و ضروری‌ترین اقدامات جهت دوری جستن یا کاهش صدمات زمین‌لغزش است.

روش‌های متعددی در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش وجود دارد، مانند روش‌های آن بالاگان، مورا و وارسون، براب، نیلسن و... (۵) که

اکثر آنها تجربی می‌باشند و برای مناطقی با شرایط خاص ارائه شده‌اند. در سال‌های اخیر، روش‌ها از حالت کیفی و تجربی خارج شده و به سمت روش‌های آماری و کمی سوق یافته‌اند. در این روش‌ها، براساس شواهد موجود در منطقه و پراکنش زمین‌لغزش‌ها، رابطه‌ای بین عوامل موثر و وقوع زمین‌لغزش‌ها پیدا شده و منطقه براساس رابطه به‌دست آمده، از نظر حساسیت به وقوع زمین‌لغزش پهنه‌بندی می‌شود. یکی از این روش‌ها، روش آماری رگرسیون چندمتغیره است. در این روش، ارتباط متقابل بین عوامل موثر در نظر گرفته شده و میزان تاثیر هر یک از عوامل در وقوع زمین‌لغزش‌ها به‌طور کمی بیان می‌شود. در این زمینه می‌توان به کارهای صورت گرفته توسط کارارا و همکاران (۱۹۹۱)، پژم (۱۳۷۵) و بداعی (۱۳۷۵) اشاره کرد. یکی دیگر از روش‌های آماری، روش دومتغیره است که توسط کامپوس و همکاران (۲۰۰۰) و صفوی (۱۹۹۷) برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مورد استفاده قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شلمانرود (منطقه مورد مطالعه) و حوزه آبخیز کیارود (منطقه آزمایش مدل) در شرق استان گیلان و در بین شهرستان‌های لنگرود و رودسر و همچنین در بین مختصات جغرافیایی  $49^{\circ} 55' 15''$  و  $50^{\circ} 18' 30''$  و طول شرقی و  $36^{\circ} 54' 55''$  و  $37^{\circ} 13' 25''$  عرض شمالی واقع شده‌اند. مساحت حوزه شلمانرود  $495/5$  کیلومتر مربع می‌باشد و بخشی از دامنه‌های شمالی البرز مرکزی است که از دو قسمت کوهستانی و دشتی تشکیل شده است.

زمین لغزش‌ها مشخص گردید و پس از تهیه نقشه پراکنش، این نقشه توسط نرم‌افزار Arc/info راقومی و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شد (شکل ۱). چنانچه ذکر شد، چهار عامل به عنوان مهمترین عوامل در وقوع زمین لغزش‌های منطقه تشخیص داده شدند و نقشه‌های مربوطه به صورت زیر آماده گردیدند.

#### نقشه شیب

برای تهیه نقشه شیب، از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. ابتدا خطوط ارتفاعی ۱۰۰ متری و در بعضی قسمت‌ها خطوط ۲۰ متری نقشه توپوگرافی به کمک میز راقومی و نرم‌افزار Arc/info راقومی شد و سپس این اطلاعات به محیط نرم‌افزار Idrisi منتقل گردید و در آنجا مدل راقومی ارتفاع (DEM) منطقه تهیه شد. پس از تهیه مدل راقومی ارتفاع، نقشه شیب برحسب درصد با استفاده از آن تهیه شد (شکل ۲). نقشه شیب حوزه به پنج کلاسه تقسیم گردید که حدود هریک از آنها در جدول ۱ آمده است. در مورد عامل شیب، جهت شیب نیز بعضاً در وقوع زمین لغزش موثر است، اما در این تحقیق با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و محدود بودن جهت‌های شیب، عامل جهت شیب در نظر گرفته نشد.

#### نقشه بارندگی

برای تهیه نقشه بارندگی، از مدل راقومی ارتفاع و رابطه خطی بین بارندگی و ارتفاع که برای حوزه به دست آمده بود، استفاده شد. بدین صورت که رابطه به دست آمده بر روی نقشه مدل راقومی ارتفاع اعمال شد و سپس سه کلاسه بارندگی (جدول ۱) برای منطقه تعریف و نقشه مربوط به بارندگی منطقه تهیه گردید (شکل ۳).

ارتفاع متوسط آن ۵۲۳/۵ متر و اقلیم منطقه از نوع بسیار مرطوب معتدل تا سرد است. براساس رابطه خطی بین ارتفاع (H) و بارندگی (P)،  $(P = ۱۳۵۰/۵ - ۰/۲۸H)$ ، مقدار متوسط بارندگی سالیانه حوزه ۱۳۰۲/۹ میلی‌متر می‌باشد. از نظر سنگ‌شناسی نیز از واحدهای مربوط به دوران‌های زمین‌شناسی اول و دوم و دوره کواترنر تشکیل یافته است.

#### روش انجام تحقیق

اولین مرحله پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عواملی است که در وقوع زمین لغزش‌ها نقش موثری دارند. شناخت و انتخاب عوامل مهم، نقش زیادی در دقت و صحت پهنه‌بندی دارد. برای استفاده موفق از روش‌های آماری در پهنه‌بندی، انتخاب مهمترین متغیرها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای شناخت عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه، اقدام به بازدید صحرایی گردید و در طی آن چهار عامل بارندگی، شیب، سنگ‌شناسی و کاربری اراضی به عنوان عوامل موثر تشخیص داده شد. البته واحدهای سنگ‌شناسی  $K_2V$  و Cph در اثر آلتزه شدن (دگرسانی) خاک رسی ایجاد کرده‌اند که مستعد لغزش است. بنابراین وجود خاک رسی در منطقه در ایجاد زمین لغزش موثر بوده است که تاثیر آن در قالب نقشه سنگ‌شناسی بررسی گردید. همچنین در طول این بازدید نقشه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه تهیه شد. در این خصوص، برای هریک از زمین لغزش‌ها پرسشنامه‌ای که توسط وزارت جهاد سازندگی برای تشکیل بانک اطلاعات زمین لغزش تهیه شده، تکمیل شد و با استفاده از دستگاه GPS موقعیت دقیق

## نقشه کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM سال ۱۹۹۸ تهیه شد. ابتدا تصحیحات لازم بر روی تصاویر رقومی انجام شد و سپس با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و تعریف نمونه‌های تعلیمی برای

سیستم، نقشه کاربری اراضی حوزه تهیه گردید (شکل ۴). نمونه‌های تعلیمی براساس شناخت کافی از منطقه، برای سیستم تعریف شد. کلاسه‌های مختلف کاربری اراضی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- شماره کلاسه‌های مربوط به هر یک از عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش

شماره کلاسه عامل	۱	۲	۳	۴	۵
شیب دامنه	۰-۱۵٪	۱۶-۳۰٪	۳۱-۴۵٪	۴۶-۶۰٪	>۶۰٪
کاربری اراضی	اراضی زراعی و مسکونی	چایکاری	جنگل	جاده	-
سنگ‌شناسی	واحدهای دیگر	K <sub>2</sub> V	Cph	-	-
بارندگی	۱۲۰۰-۱۴۰۰mm	۱۰۰۰-۱۲۰۰mm	<۱۰۰۰mm	-	-

## نقشه واحدهای سنگ‌شناسی

برای تهیه نقشه واحدهای سنگ‌شناسی، از نقشه‌های زمین‌شناسی موجود استفاده شد. نخست واحدهای سنگ‌شناسی در محدوده حوزه رقومی گردید و سپس با انجام بازدید صحرایی، نقشه و بخصوص واحدهای سنگ‌شناسی کنترل شد و تصحیحاتی نیز روی آن صورت گرفت (شکل ۵). شایان ذکر است به‌دلیل اینکه فقط در دو واحد سنگ‌شناسی (Cph و K<sub>2</sub>V) زمین‌لغزش وقوع یافته بود، هر کدام از آنها به‌صورت یک کلاسه در نظر گرفته شد و سایر واحدها هم که زمین‌لغزش در آنها رخ نداده بود، به‌عنوان یک کلاسه در نظر گرفته شدند (جدول ۱ و ۴).

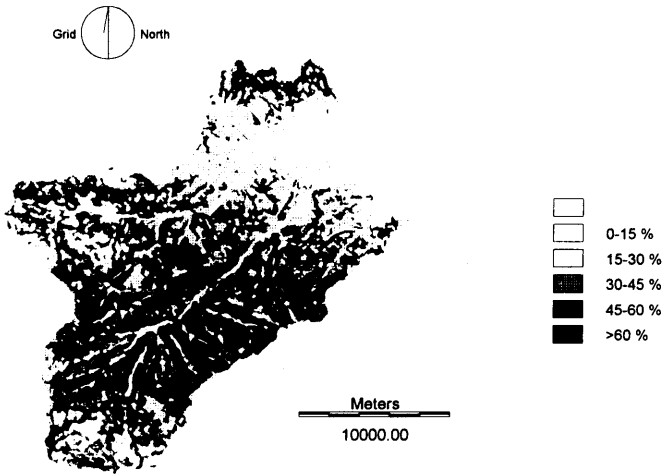
## تهیه نقشه واحدهای همگن

پس از تهیه نقشه‌های مختلف شیب، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی و بارندگی، از تلفیق آنها نقشه واحدهای همگن به‌دست آمد. واحدهای همگن، واحدهایی هستند که خصوصیات

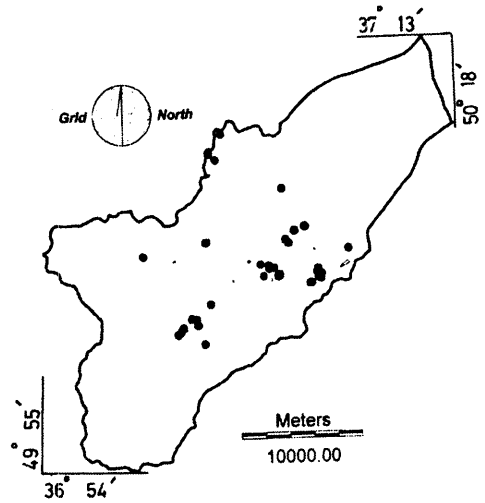
مشترکی از نظر عوامل شیب، بارندگی، سنگ‌شناسی و کاربری اراضی دارند و به‌دلیل داشتن اختلاف با واحدهای مجاور خود (از نظر یکی از عوامل ذکرشده)، از آنها متمایزند.

## تجزیه و تحلیل آماری

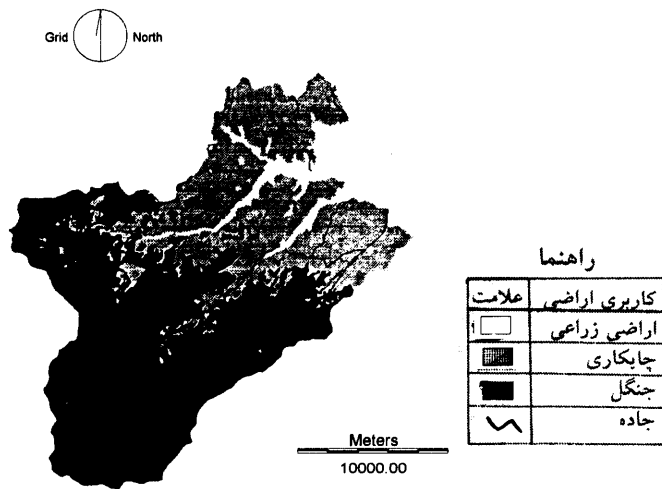
برای تجزیه و تحلیل آماری، از روش رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. قبل از انجام رگرسیون، عوامل در نظر گرفته‌شده کمی شد. چون بعضی عوامل مانند واحدهای سنگ‌شناسی و کاربری اراضی از واحدهای حرفی تشکیل یافته‌اند، از این رو بدین صورت نمی‌توان آنها را در تجزیه و تحلیل شرکت داد. از طرفی، عوامل دیگری همچون شیب که دارای واحدهای کمی است، رابطه خطی با وقوع زمین‌لغزش‌ها ندارند و از یک حدی به بالا، دارای رابطه معکوس می‌باشند. بنابراین لازم بود کلیه عوامل کمی شده و برای تمامی کلاسه‌های عوامل، کدهای معنی‌دار و



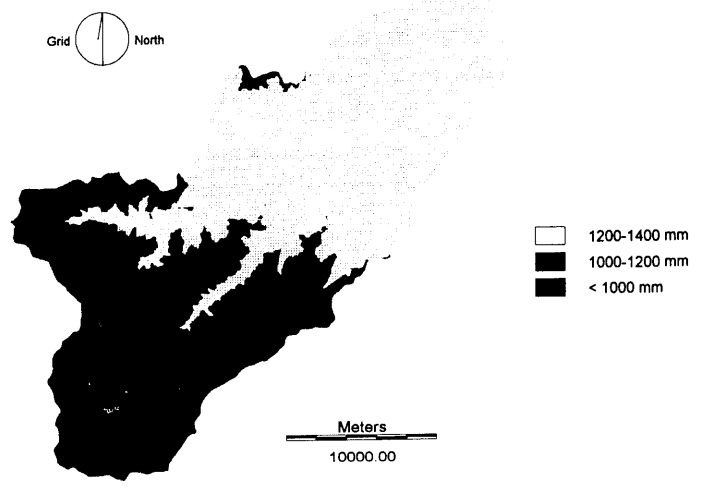
شکل ۲- نقشه شیب حوزه آبخیز شلمانرود



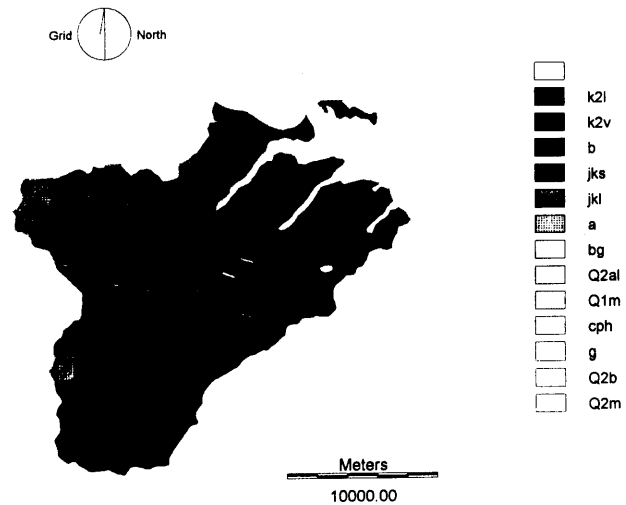
شکل ۱- نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های حوزه آبخیز شلمانرود



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز شلمانرود



شکل ۳- نقشه بارندگی حوزه آبخیز شلمانرود



شکل ۵- نقشه سنگ‌شناسی حوزه آبخیز شلمانرود

راه‌نما		علامت	خصوصیت سنگ‌شناسی	اسم سازند	سنگهای آذرین منطقه
دوران	دوره				خصوصیت سنگ‌شناسی
سنوزونیک	کوثرتر	Q2al	نهنه های نفت سیلانی و آبرفتی	-	g
		Q2b	مسه ها و نهنه های مسالی	-	a
		Q2m	رسوبات دریایی نمک‌نمده	-	-
		Q1m	رسوبات دریایی	-	-
مروزونیک	زوراسیک	k2l	اگ خاکستری و اگ گلی	-	a
		k2v	خاکستری های آتشفشانی	-	-
		jkl	اگ خاکستری همراه با جرت	-	b
		jks	مسه سنگ - نسل و در بخشهایی همراه با اگ	-	-
پالئوزونیک	کربونیفر	cph	سنگهای آتشفشانی ناهمه رست - زاهدان	-	bg

نظر سه عامل مشابه و تنها به واسطه کلاسه‌های یک عامل از هم مجزا شده بودند، در نظر گرفته شد و مقدار  $Y$  آنها مقایسه گردید. برای مثال در مورد عامل بارندگی، مقدار  $Y$  در واحدهای همگن مطابق جدول ۲ مورد مقایسه قرار گرفت.

بدون بعد به دست آید. برای این کار نخست نقشه واحدهای همگن و نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها روی هم انداخته شد و مساحت زمین‌لغزش‌های موجود در هر واحد همگن محاسبه گردید. نسبت این مساحت به مساحت واحد همگن به عنوان  $Y$  در نظر گرفته شد. سپس واحدهای همگنی که از

جدول ۲- مقایسه مقدار  $Y$  برای کلاسه‌های ۱ و ۲ بارندگی در واحدهای همگن مشابه

مقدار $Y$		واحدهای همگن		
۱۲۰۰-۱۴۰۰mm	۱۰۰۰-۱۲۰۰mm	سنگ‌شناسی	کاربری اراضی	شیب
۰/۰۹۷۱	۰/۰۲۱۹	کلاسه ۲	کلاسه ۲	کلاسه ۲
۰/۸۲۷	۰/۵۰۸	کلاسه ۲	کلاسه ۲	کلاسه ۲
۰/۶۱۴	۰/۱۷۳	کلاسه ۲	کلاسه ۲	کلاسه ۴
۰/۰۶۹۹	۰/۱۴۳	کلاسه ۲	کلاسه ۲	کلاسه ۲
۰/۰۸۰۱	۰/۰۲۸۴	کلاسه ۲	کلاسه ۳	کلاسه ۴
۰/۵۸۸	۰/۳۲۸	کلاسه ۲	کلاسه ۴	کلاسه ۴

$$Y = 3/2.3X - 0.037 \quad (3)$$

$$r = 0.97$$

رابطه بین کلاسه‌های ۲ و ۳ سنگ‌شناسی:

$$Y = 0.158X + 0.058 \quad (4)$$

$$r = 0.93$$

رابطه بین کلاسه‌های ۲ و ۳ شیب:

$$Y = 1/6828X + 0.577 \quad (5)$$

$$r = 0.95$$

رابطه بین کلاسه‌های ۳ و ۴ شیب:

$$Y = 0.5036X - 0.0595 \quad (6)$$

$$r = 0.99$$

بر اساس روابط به دست آمده، کدهای مربوط به کلاسه‌های هر یک از عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش محاسبه شد که در جداول ۳-۶ آمده است.

سپس رابطه خطی زیر بین کلاسه‌های ۱ و ۲ بارندگی به دست آمد.

$$Y = 0.4804X + 0.145 \quad (1)$$

$$r = 0.89$$

بر اساس این رابطه و با در نظر گرفتن کد ۱۰ برای کلاسه ۱ بارندگی، کد ۴/۸ برای کلاسه ۲ بارندگی به دست می‌آید. برای کلاسه ۳ بارندگی هم که هیچ‌گونه زمین‌لغزشی در آن به وقوع نپیوسته بود، کد صفر تعیین شد. این کار برای سایر عوامل نیز بدین ترتیب انجام شد و روابط خطی زیر بین کلاسه‌های مختلف عوامل به دست آمد.

رابطه بین کلاسه‌های ۲ و ۳ کاربری اراضی:

$$Y = 0.0657X + 0.023 \quad (2)$$

$$r = 0.85$$

رابطه بین کلاسه‌های ۲ و ۴ کاربری اراضی:

جدول ۳- کدهای مربوط به عامل بارندگی

۱۲۰۰-۱۴۰۰mm	۱۰۰۰-۱۲۰۰mm	<۱۰۰۰mm	کلاسه‌های بارندگی
۱۰	۴/۸	۰	کد

جدول ۴- کدهای مربوط به عامل سنگ‌شناسی

کلاسه‌های سنگ‌شناسی	واحد‌های دیگر	Cph	K <sub>2</sub> v
کد	۰	۰/۲۱	۱۰

جدول ۵- کدهای مربوط به عامل کاربری اراضی

کلاسه‌های کاربری اراضی	اراضی زراعی	چایکاری	جنگل	جاده
کد	۰	۳/۱۳	۰/۲۳	۱۰

جدول ۶- کدهای مربوط به عامل شیب

کلاسه‌های شیب	>٪۶۰	٪۴۶-۶۰	٪۳۱-۴۵	٪۱۶-۳۰	٪۰-۱۵
کد	۰	۵	۱۰	۵/۵	۰

نیز همبستگی قوی‌تری نشان می‌داد و رابطه به شکل دیگری تغییر می‌یافت.

مقدار ضریب همبستگی چندگانه و  $R^2$  به ترتیب ۰/۷۷۵ و ۰/۶۰۱ به‌دست آمد. مدل کلی و هریک از متغیرهای S، L و g، در سطح بالای ۹۹ درصد معنی‌دارند. بنابراین، نتیجه حاصل از رگرسیون چندمتغیره قابل قبول است.

$$Y = -0.2453 + 0.211g + 0.0651L + 0.261S \quad (7)$$

پس از حصول معادله فوق، این معادله برای کلیه واحدهای همگن استفاده شد و مقدار Y برای هر یک از آنها محاسبه گردید و سپس فایل متنی نقشه به‌دست آمده به محیط نرم‌افزار Excel منتقل و نمودار آن ترسیم شد (شکل ۶).

چنانچه، شکل ۶ نشان می‌دهد، پنج کلاسه قابل تفکیک است و براساس آنها، اقدام به طبقه‌بندی نقشه به‌دست آمده شد و پنج کلاسه حساسیت به شرح زیر در آن تفکیک گردید و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود به‌دست آمد (شکل ۷).

$$Y < -0.03 \quad \text{مناطق با حساسیت خیلی کم}$$

$$-0.03 < Y < 0.075 \quad \text{مناطق با حساسیت کم}$$

$$0.075 < Y < 0.12 \quad \text{مناطق با حساسیت متوسط}$$

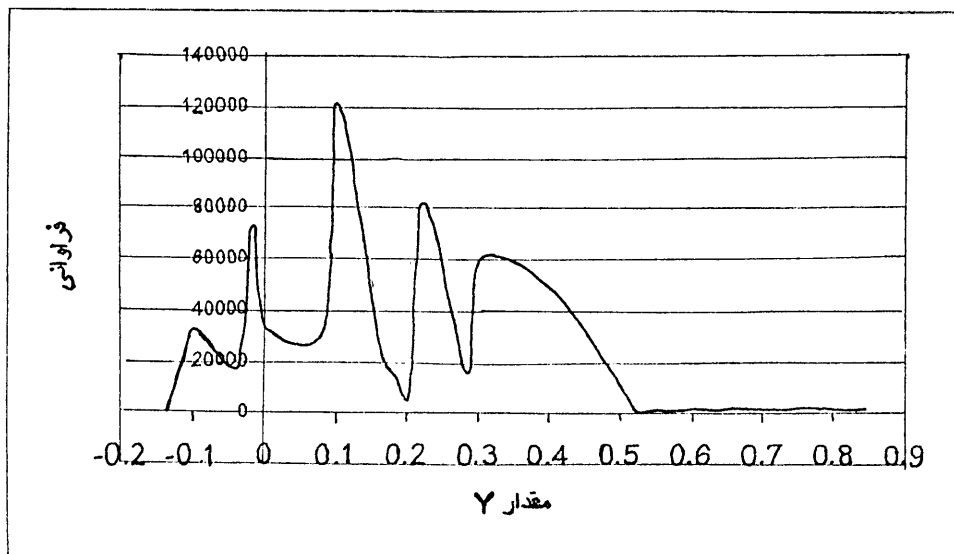
$$0.12 < Y < 0.285 \quad \text{مناطق حساس}$$

پس از دستیابی به کد مربوط به کلاسه‌های هریک از عوامل، این اطلاعات برای واحدهای همگن به‌صورت ۵۱ تکرار و چهار تیمار، "R"، "g"، "L" و "S" مربوط به عوامل بارندگی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و شیب دامنه به محیط نرم‌افزار SPSS منتقل شد. برای رگرسیون چندمتغیره، از روش گام به گام<sup>۱</sup> استفاده گردید.

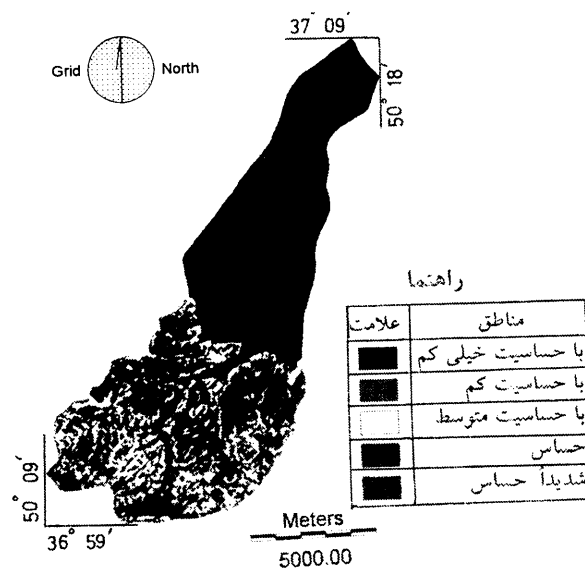
## نتایج

پس از انجام تجزیه و تحلیل آماری، رابطه Y برای منطقه به‌دست آمد. چنانچه در این رابطه ملاحظه می‌شود، عامل R که مربوط به بارندگی است به‌دلیل داشتن همبستگی ضعیف از مدل حذف شده است. باید اذعان داشت که یکی از عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش، وجود رطوبت در خاک است. عامل بارندگی نیز در وقوع زمین‌لغزش معمولاً عامل موثری است، اما به‌علت عدم وجود آمار شدت بارندگی در منطقه، برای در نظر گرفتن عامل بارندگی، از متوسط بارندگی سالانه استفاده شد و به این دلیل همبستگی ضعیفی به‌دست آمد. چنانچه آمار شدت بارندگی در این منطقه وجود داشت، احتمالاً عامل بارندگی

۱- Stepwise

$Y > 0.285$  مناطق شدت حساس


شکل ۶- فراوانی پیکسل‌های مختلف از نظر مقدار Y



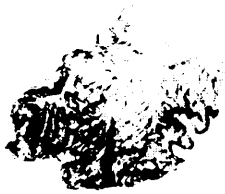
شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود

کاربری اراضی مشابه آن است، به‌عنوان منطقه آزمایش مدل استفاده شد. بدین صورت که نخست نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های حوزه آبخیز کیارود با انجام بازدید صحرایی تهیه و رقومی گردید (شکل ۸). پس از آن نقشه عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه برای حوزه کیارود به

ارزیابی صحت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش اگرچه ضریب همبستگی قابل قبولی برای مدل به‌دست آمد، ولی برای اطمینان بیشتر از صحت نقشه پهنه‌بندی، اقدام به ارزیابی آن شد. برای این کار از حوزه آبخیز کیارود که در مجاورت حوزه شلمانرود واقع شده و از نظر خصوصیات آب و هوایی، سنگ‌شناسی، شیب و

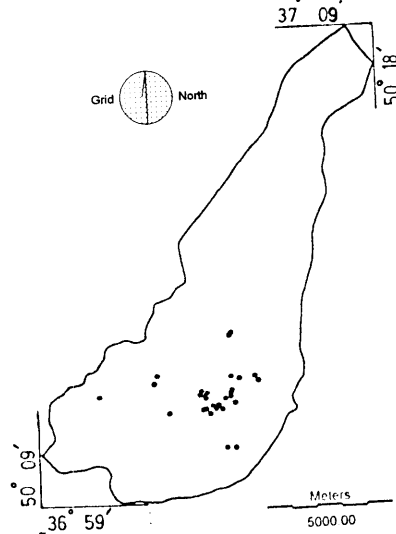
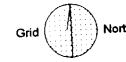
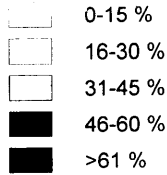


روشی که برای حوزه شلمانرود عمل شده بود، تهیه شد (شکل های ۹، ۱۰ و ۱۱).



Meters  
10000.00

شکل ۹- نقشه شیب حوزه آبخیز کیارود



شکل ۸- نقشه پراکنش زمین لغزش های حوزه آبخیز کیارود

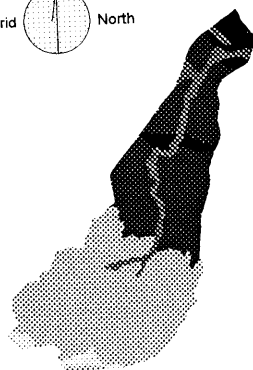
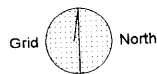


Meters  
10000.00

شکل ۱۰- نقشه کاربری ارضی حوزه آبخیز کیارود

راهنما

علامت:	کاربری اراضی
[White box]	اراضی زراعی
[Light gray box]	بنایکاری
[Dark gray box]	بازنگل
[Wavy line]	جاده



Meters  
10000.00

شکل ۱۱- نقشه سنگ شناسی حوزه آبخیز کیارود

راهنما

اسم سازند	خصوصیات سنگ شناسی	علامت	نورده	سین
—	پهنه های نشت سازنی و ایزنی	Q2al	که از بر	سنزوبک
—	ماده ها و پهنه های ساحلی	Q2b		
—	پهنه های نابی	Q1m		
—	انگ خاکستری و انگ گلی	k2l	ک بده	مروونیک
—	جنگله های سنگینی	k2v	روزسک	
—	ماده سنگ، سن و در نخبانی هم، دوتا انگ	jks		

به‌دست آمد (شکل ۱۲). در پایان، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها با این نقشه روی هم انداخته شد و تعداد زمین‌لغزش‌های وقوع‌یافته در هر یک از کلاس‌های حساسیت محاسبه گردید (جدول ۷).

سپس مدل به‌دست آمده از حوزه شلمانرود بر روی این نقشه‌ها اعمال شد و کلاس‌های حساسیت، مشابه حوزه شلمانرود تعریف گردید و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه کیارود



راه‌نما

علامت	مناطق
	با حساسیت خیلی کم
	با حساسیت کم
	با حساسیت متوسط
	حساس
	شدیداً حساس

Meters  
10000.00

شکل ۱۲- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز کیارود

جدول ۷- مقایسه تعداد زمین‌لغزش‌های وقوع یافته در پهنه‌های مختلف خطر در حوزه آبخیز کیارود

تعداد زمین‌لغزش‌های مشاهده‌شده	پهنه خطر
۰	خیلی کم
۰	کم
۱	متوسط
۳	بالا
۲۵	خیلی زیاد

می‌توان نتیجه گرفت که نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود نیز از صحت قابل قبولی برخوردار است.

### بحث و نتیجه‌گیری

براساس مدل به‌دست آمده، نتایج زیر حاصل شد:

۱- عامل کاربری اراضی، مهمترین عامل در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه بوده است. تغییر کاربری اراضی از جنگل به باغ‌های چای (که دارای ریشه‌های کم‌عمق‌تری نسبت به درختان

چنانچه در جدول ۷ ملاحظه می‌شود، این مدل بخوبی توانسته است کلاس‌های مختلف حساسیت به وقوع زمین‌لغزش را از هم مجزا کند. همچنین مشاهده می‌شود که اکثر زمین‌لغزش‌های این حوزه، در مناطق با خطر زیاد که توسط مدل مشخص گردیده، به‌وقوع پیوسته‌اند. بنابراین صحت نقشه به‌دست آمده مورد تایید است.

از آنجایی‌که این مدل از حوزه شلمانرود به‌دست آمده بود و برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش هر دو حوزه از این مدل استفاده شد،

۲- به دلیل نبود اطلاعات لازم در زمینه تاریخ دقیق وقوع زمین لغزش‌ها و شدت بارندگی در این تاریخ‌ها، در تهیه مدل این تحقیق از شاخص متوسط بارندگی سالیانه استفاده شد که براساس نتایج، همبستگی معنی‌داری با وقوع زمین لغزش‌ها نداشت و از مدل حذف شد. توصیه می‌شود در این گونه مناطق، در صورت وجود اطلاعات لازم، به جای متوسط بارندگی سالیانه، از شدت بارندگی استفاده شود.

۳- به دلیل اینکه جهت دامنه می‌تواند نقش مهمی در وقوع زمین لغزش‌ها داشته باشد، توصیه می‌شود یک منطقه وسیع‌تر انتخاب شود تا نقش جهت نیز در وقوع زمین لغزش‌ها مشخص گردد.

۴- توصیه می‌شود در صورت وجود اطلاعات کافی و مناسب، پهنه‌بندی خطر برای انواع حرکت‌های توده‌ای به‌طور مجزا صورت گیرد.

### تقدیر و تشکر

این تحقیق با همکاری مالی معاونت پژوهشی دانشکده منابع طبیعی انجام شد که بدین وسیله از ایشان تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. از آقایان مهندس نادر جلالی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری که در بخش سنجش از دور و GIS و مهندس محمودرضا پژم، کارشناس ارشد مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری که در بخش کدبندی عوامل همکاری‌های موثری داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

جنگلی می‌باشند) و جاده‌سازی غیراصولی، دلیل عمده اکثر زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه است.

۲- دومین عامل مهم، عامل سنگ‌شناسی است. واحدهای سنگ‌شناسی خاکستر آتشفشانی ( $K_2V$ ) و فیلیت (Cph) در اثر آتره شدن، خاک‌های عمیق ریزدانه (رسی) و حاوی کانی‌های رسی را ایجاد کرده‌اند که مستعد حرکت هستند و در صورت فراهم بودن سایر شرایط، نقش خود را در وقوع زمین لغزش ایفا می‌کنند.

۳- سومین عامل مهم در وقوع زمین لغزش‌های منطقه، شیب است. اکثر زمین لغزش‌های منطقه، در شیب‌های ۳۰-۵۰ درصد اتفاق افتاده‌اند.

۴- روش استفاده‌شده، یک روش کمی است و نسبت به روش‌های کیفی و تجربی مزیت‌هایی دارد، از جمله اینکه ارتباط متقابل متغیرهای مستقل (عوامل موثر) را در خصوص متغیر وابسته (زمین لغزش) در نظر می‌گیرد و میزان تاثیر هر یک از عوامل را نیز به‌صورت کمی بیان می‌کند.

### پیشنهادها

۱- هرچه تعداد عوامل موثر بیشتری در تهیه مدل به‌کارگرفته شود، مدل از ضریب همبستگی بالاتری برخوردار خواهد بود، علاوه بر این نقشه پهنه‌بندی حاصل صحت بالاتری خواهد داشت. توصیه می‌گردد که تجزیه و تحلیل آماری با تعداد بیشتری متغیر مستقل شروع شود و در صورتی که هر یک از آنها همبستگی معنی‌داری با وقوع زمین لغزش‌ها نداشته باشد توسط نرم‌افزار از مدل حذف خواهد شد.

## منابع

- ۱- بداعی، بهزاد، ۱۳۷۶. بررسی و ارائه مدل جهت پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه آبخیز شاهرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- پژم، محمودرضا، ۱۳۷۵. بررسی و ارائه مدل جهت پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه آبخیز الموت رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۳- جام جم (روزنامه)، ۱۳۷۹. به نقل از وب سایت <http://Landslides.Usp.gov>.
- ۴- حسن‌زاده نفوتی، محمد، ۱۳۷۹. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۵- شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۵. زمین‌لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی). انتشارات سازه.
- 6- Compus. F. & C.Scavia, 2000. Preliminary study for landslide hazard assessment: GIS techniques and a multivariate statistical approach. Landslides: Proceeding of the 8th Internaional Symposium on Landslides, Vol 1.: 215-220.
- 7- Carrara, A., M. Cardinali, R.Detti, F.Guzzetti, V.pasqui & P.Reichenbach, 1991. GIS technique and statistical models in evaluating Landslide hazard. Earth Surface processes and Landforms, Vol 16 (5):427-445.
- 8-Safavi, S.M. 1997. Landslide hazard zonation in Damavand region. MSc Thesis. ITC Netherlands.

## Landslide Hazard Zonation in Shalmanrood Basin in Gilan Province

S. Feiznia<sup>1</sup>    H. Ahmadi<sup>2</sup>    M. Hassanzadeh Nafuti<sup>3</sup>

### Abstract

In recent years, landslide occurrence, due to change of forests into tea farms and construction of roads, has been on the increase in northern regions of Iran. The investigation of phenomena and factors, effective in landslide occurrence is vital and determining susceptible zones for the purpose of preventing and avoiding the harmful consequences, is indispensable. There are several methods for landslide hazard zonation. In this research, the statistical method of multiple regression was employed. For evaluation of accuracy of the model, a neighbouring basin with similar lithology, land use, rainfall and other characteristics was chosen, the model being used for this basin. The results of the investigation showed that most recorded landslides in the area have occurred in zones marked as susceptible in the offered model. Therefore the use of the proposed and employed model for the study area was confirmed.

**Keywords:** Landslide, Hazard zonation, Statistical analyses, Geographic information system, Shalmanrood basin

---

<sup>1</sup> - Professor, Natural Resources Faculty of Tehran University

<sup>2</sup> - Professor, Natural Resources Faculty of Tehran University

<sup>3</sup> - Senior expert, Watershed Management