



## پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول استان فارس)

محسن اسکندری<sup>۱\*</sup>، مسعود نجابت<sup>۲</sup>، سید مسعود سلیمان پور<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری اداره‌ی کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس

۲ و ۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

\* (mmp\_eskandari@yahoo.com)

### چکیده

با توجه به خسارت‌های فراوان حرکت‌های توده‌ای، و روند رو به رشد این پدیده در کشور، در این تحقیق سعی شده است، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای از طریق شناسایی عوامل مؤثر در رخداد، و گسترش این پدیده انجام شود. بر این اساس، در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول استان فارس، به مساحت ۱۲۵۹۸/۸ هکتار، از طریق تهیه لایه‌های اطلاعاتی در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، با بهره‌گیری از محیط Arc GIS 10.1، و با به کارگیری نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، و عکس‌های هوایی، همراه با بازدیدها و عملیات میدانی و ایجاد نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب، جهت، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، منحنی هم‌باران، خاک‌شناسی، رودخانه، راه‌ها، گسل، و پراکنش حرکت‌های توده‌ای به مورد اجرا درآمده است. روش انجام کار در این پژوهش مبتنی بر مشخص کردن واحدهای کاری ژئومرفولوژی از طریق تفسیر عکس‌های هوایی، و روی هم‌گذاری و قطع دادن نقشه‌های پایه و تهیه نقشه‌ی پراکنش حرکت‌های توده‌ای از یک سو، و تعیین ویژگی‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، شیب و کاربری اراضی از سوی دیگر بوده است. سپس عوامل مؤثر بر وقوع حرکت‌های توده‌ای با استفاده از روش همبستگی از طریق ایجاد روابط رگرسیون چند متغیره به نحوی که در آن فراوانی وقوع حرکت‌های توده‌ای به عنوان متغیر وابسته، و عوامل پایه به عنوان متغیرهای مستقل بوده، مورد شناسایی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتباط فراوانی بین وقوع حرکت‌های توده‌ای حادث شده در منطقه‌ی تحقیق، به ترتیب بین درجه‌ی شیب، سازند زمین‌شناسی، و بافت خاک است.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، حرکت‌های توده‌ای، حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول، خطر وقوع، رگرسیون چند متغیره

### مقدمه

حرکت‌های توده‌ای به عنوان یکی از معضلات جهانی پیش روی انسان که همواره در سراسر جهان باعث وارد آمدن خسارت‌های سنگین جانی و اقتصادی و آسیب به مناطق مسکونی، راه‌ها و جاده‌ها، تأسیسات و غیره می‌گردد، دارای اهمیت خاصی می‌باشد. خصوصاً که با افزایش جمعیت و اسکان در مناطقی که مستعد حرکت‌های توده‌ای هستند (سلیمان پور، ۱۳۹۴). بنابراین حرکت‌های توده‌ای در برگیرنده‌ی کلیه‌ی انواع حرکت‌های دامنه‌ای بوده و عموماً به رویدادهایی گفته می‌شود که بر اثر ناپایداری در دامنه‌ها اتفاق افتاده و سبب جابه‌جایی توده‌ای از مواد در طول دامنه می-



## یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز

11<sup>th</sup> National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran  
Participatory Development in Watershed Management

۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵  
April 19-21, 2016

شود (کونفورت، ۲۰۰۵). این پدیده بر اثر عوامل آبیگری و کاهش نیروی اصطکاک، و افزایش نیروی ثقل، تشدید می‌گردد (احمدی، ۱۳۹۰).

امروزه شناسایی راه‌حل‌های مناسب جهت کنترل و کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع حرکت‌های توده‌ای مورد توجه خاص قرار دارد؛ بنابراین شناخت عوامل مؤثر در جهت تعدیل خطرات این پدیده‌ی طبیعی همواره در تمام جوامع حائز اهمیت می‌باشد؛ لذا با پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای، می‌توان مناطق حساس و دارای پتانسیل بالای خطر را شناسایی نموده و با ارائه‌ی راه‌حل‌ها و شیوه‌های مدیریت مناسب، تا حدی از وقوع حرکت‌های توده‌ای جلوگیری نمود و یا از خسارت‌های ناشی از وقوع آن‌ها کاست. پهنه‌بندی عبارت است از تقسیم‌بندی اراضی به بخش‌های مجزا و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس درجه‌ی واقعی یا پتانسیل خطر ناشی از بروز حرکت‌های توده‌ای (سلیمان‌پور، ۱۳۹۴). بنابراین نقشه‌ی پراکندگی حرکت‌های توده‌ای محلی که در آن وضعیت فعالیت و موقعیت مکانی تمامی ناپایداری‌ها ثبت شده است، به عنوان مهمترین محور تجزیه و تحلیل نقشه‌های خطر حرکت‌های توده‌ای در مقیاس‌های متوسط و بزرگ محسوب می‌گردد. بدیهی است که هر چه اطلاعات و داده‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی بیشتری در اختیار باشد، این نقشه‌ها از دقت بالاتری برخوردار بوده و جزئیات کامل‌تری را نشان خواهند داد (کورکی‌نژاد، ۱۳۸۷).

در تحقیق حاضر، جهت پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول، از روش رگرسیون چند متغیره استفاده شده است. این روش، یک تکنیک آماری است که از طریق آن می‌توان رابطه‌ی بین یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این روش به عنوان یک ابزار استنباطی در بررسی روابط موجود بین پارامترهای مستقل و تأثیر همزمان آن‌ها بر پارامتر غیر مستقل، به کار گرفته می‌شود.

با توجه به سابقه‌ی وقوع پدیده‌ی حرکت‌های توده‌ای در برخی از نقاط حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول، و تهدید زندگی اهالی برخی از روستاها و همچنین قابلیت رسوب‌زایی چشمگیر این پدیده‌ی طبیعی، و نظر به این که حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول بخشی از حوزه‌ی آبخیز سد درودزن می‌باشد؛ به منظور جلوگیری از تولید و انتقال رسوب به مخزن سد، ضرورت انجام این تحقیق احساس می‌گردد. بنابراین لازم است در این حوضه بنا به حساسیت‌های ذکر شده، اقدام به شناخت عوامل مؤثر بر وقوع حرکت‌های توده‌ای و انجام پهنه‌بندی مناطق با درجه‌های مختلف خطر نمود و نسبت به مدیریت صحیح و علمی این پدیده اقدام مؤثری انجام داد.

دانامزرعه (۱۳۸۹)، با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و با در نظر گرفتن ۴ عامل زمین‌شناسی، نوع سازند، درجه‌ی شیب، کاربری اراضی و پوشش گیاهی، که از مهمترین عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای شناخته شده بودند، اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز گرمی‌چای نمود و به این نتیجه رسید که عوامل مذکور، از مهمترین علل وقوع حرکت‌های توده‌ای در این منطقه هستند.

مردوخ‌پور و معتمدوزیری (۱۳۹۰)، در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در حوزه‌ی آبخیز پارک جنگلی آبدرد به وسعت ۲/۸ کیلومتر مربع اقدام کردند. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که مناطق نزدیک به جاده‌ها، گسل‌ها و آبراهه‌ها، مناطق دارای خاک‌های فرسایش یافته و مناطق دارای سازند زمین‌شناسی محتوی سیلت سنگ، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا، مستعدترین مناطق جهت وقوع پدیده‌ی لغزش، و مناطق نزدیک به جاده‌ها، گسل‌ها و آبراهه‌ها، مناطق دارای خاک‌های قهوه‌ای آهکی و مناطق دارای سازندهای زمین‌شناسی محتوی لایه‌های سنگ آهکی، مستعدترین مناطق برای وقوع ریزش هستند؛ در حالی که مناطق دارای کاربری جنگل با پوشش ۲۵ تا ۵۰ درصد، مناطق پایدار در مقابل هر دو نوع حرکت توده‌ای می‌باشند.

نفلسیگو و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره، اقدام به بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز ایسپیر (واقع در شمال شرقی ترکیه) نمودند و به این نتیجه دست یافته‌اند که درجه-



ی شیب، ارتفاع از سطح دریا، و فاصله از جاده، مهمترین عوامل در وقوع حرکت‌های توده‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند.

کلارستانی و احمدی (۲۰۰۹)، به کمک روش رگرسیون دو متغیره تراکم سطح، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای را برای مناطق کوهستانی شمال ایران و با تفکیک ۵ کلاس بسیار کم خطر، کم خطر، خطر متوسط، پرخطر و بسیار پرخطر تهیه کردند و نشان دادند که ۲۶ درصد از منطقه‌ی مورد مطالعه در کلاس‌های پرخطر و بسیار پرخطر واقع شده‌اند.

التوایینی و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیقی اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در شهر پوهانگ کره‌ی جنوبی، به روش رگرسیون چند متغیره کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان به قابلیت مدل رگرسیون چند متغیره استناد کرد، و آن را با اطمینان قابل قبولی مورد استفاده قرار داد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول، با وسعتی برابر ۱۲۵/۹۸ کیلومتر مربع (۱۲۵۹۸ هکتار)، بخشی از حوزه‌ی آبخیز سد درودزن است که در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه و ۵۰ ثانیه الی ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه و ۳۲ ثانیه‌ی طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۷ ثانیه الی ۲۹ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۵ ثانیه‌ی عرض شمالی قرار گرفته است. این حوضه در فاصله‌ی تقریبی ۹۵ کیلومتری شمال غرب شهر شیراز واقع شده است. ارتفاع متوسط آن ۲۳۷۰ متر از سطح دریا است؛ که بیشترین ارتفاع حوضه کوه رونج با ۳۶۹۴ متر، و حداقل ارتفاع آن با ۱۹۱۳ متر در محل خروجی حوضه می‌باشد. دمای متوسط ماهانه در این حوضه برابر ۱۰/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است. همچنین میزان متوسط بارندگی سالانه در این حوضه، ۵۲۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه و دومارتن، اقلیم حوضه‌ی مورد مطالعه را مرطوب نشان داده است (معاونت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی، ۱۳۸۲).

### روش تحقیق

در این پژوهش، مراحل انجام روش رگرسیون چند متغیره، شامل پنج مرحله، به شرح زیر می‌باشد.  
**مرحله‌ی اول-** بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای: معمول‌ترین روش بررسی عوامل مؤثر، استفاده از پرسش‌نامه و مرفومتری هر کدام از حرکت‌های توده‌ای به وقوع پیوسته با استفاده از عملیات و بازدیدهای صحرائی می‌باشد. بدین منظور، با حضور در منطقه در سه نوبت در بهار ۱۳۹۴، نسبت به تکمیل پرسش‌نامه‌ی چهار صفحه‌ای در مناطقی که پدیده‌ی حرکت‌های توده‌ای در آن‌ها به کمک عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، و تصاویر ماهواره‌ای، شناسایی شده بود، تکمیل گردید.

**مرحله‌ی دوم-** تهیه‌ی نقشه‌های عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای: با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز شامل خط، نقطه و پلی‌گون رقومی گردید. سپس نقشه‌های رقومی شده، در محیط Arc GIS 10.1 با دستور Merge به هم چسبانده شده و پس از آن پلی‌گون مرز حوضه با دستور Clip با این نقشه قطع داده شد. پس از این مرحله نقشه‌های درجه‌ی شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، آبراهه‌ها و فاصله از آن‌ها، سازند زمین‌شناسی، ژئومرفولوژی، گسل‌ها و فاصله از آن‌ها، بافت خاک، کاربری اراضی، تراکم پوشش گیاهی، طبقات



بارش، و راه‌ها و فاصله از آن‌ها، تهیه گردید. که به علت محدودیت صفحات، از ارائه‌ی آن‌ها در این مقاله خودداری شده است.

**مرحله‌ی سوم-** تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش حرکت‌های توده‌ای: به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش حرکت‌های توده‌ای در محدوده‌ی مطالعاتی، کلیه‌ی عکس‌های هوایی موجود گردآوری و پس از بررسی‌های دفتری و تفسیر استریوسکوپی عکس‌های مذکور، کلیه‌ی حرکت‌های توده‌ای شناسایی شده، به نقشه در آورده شد؛ اما مهمترین بخش تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش حرکت‌های توده‌ای مربوط به سه نوبت بازدید از منطقه‌ی مورد مطالعه در بهار ۱۳۹۴ بود. بدین صورت که تک- تک مناطق، علامت‌گذاری شده در روی عکس‌های هوایی، با مشاهده‌ی صحرایی و تکمیل پرسش‌نامه‌ی چهار صفحه‌ای، مورد بازدید قرار گرفت و مناطقی را که احتمالاً مربوط به حرکت‌های توده‌ای نبوده و علل دیگری داشته‌اند حذف شدند. همچنین به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی حرکت‌های توده‌ای، نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده، ژئورفرنس شد و کلیه‌ی مناطق حرکت‌های توده‌ای هم به صورت پلی‌گونی و هم به صورت نقطه‌ای دیجیت گردید و سپس با تفسیر عکس‌های هوایی و پرسش‌نامه‌ی چهار صفحه‌ای، همراه با بازدید صحرایی، نقشه‌ی حرکت‌های توده‌ای تهیه شد و مساحت کل حرکت‌های توده‌ای حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول به دست آمد.

**مرحله‌ی چهارم-** تهیه‌ی نقشه‌ی واحد کاری: به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی واحد کاری، از سه نقشه‌ی شیب، زمین- شناسی و ژئومرفولوژی استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا نقشه‌ی شیب در محیط Arc Map وارد گردید و از روی نقشه‌ی شیب، کلاس‌بندی شیب و ژئومرفولوژی به دست آمد. نقشه‌ی سوم هم به عنوان نقشه‌ی زمین‌شناسی در محیط نرم‌افزار وارد شد و بقیه‌ی مراحل اجرا گردید. شایان ذکر است با توجه به این که نقشه‌ی زمین‌شناسی به صورت پلی‌گونی است؛ جهت این که بتوانیم از دستور Union قسمت Cross اجرا گردد، نقشه‌های شیب و ژئومرفولوژی (که به صورت رستری است)، تبدیل به پلی‌گون شد و در نهایت سه نقشه‌ی مذکور با هم ترکیب شدند.

**مرحله‌ی پنجم-** پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای: در این روش، یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل، به طور هم‌زمان مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. متغیر وابسته‌ی نقشه‌ی پراکنش حرکت توده‌ای (نشان‌دهنده‌ی میزان خطر حرکت‌های توده‌ای) است؛ و متغیرهای مستقل شامل لایه‌های اطلاعاتی سازند زمین‌شناسی، میزان شیب، طبقات ارتفاعی، جهت شیب، پوشش گیاهی، طول گسل، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و آبراهه، فاصله از راه و متوسط بارندگی سالانه‌ی طبقات می‌باشد. مراحل انجام روش رگرسیون چند متغیره به شرح زیر می‌باشد:

الف- تبدیل نقشه‌ی پراکنش حرکت‌های توده‌ای به نقشه‌ی درصد تراکم سطحی در هر واحد کاری.

ب- محاسبه‌ی درصد مساحت کلاس‌های مختلف نقشه‌های کیفی در هر واحد کاری.

پ- محاسبه‌ی مقادیر متوسط هر یک از نقشه‌های کمی در هر واحد کاری.

ت- ورود اطلاعات به نرم‌افزار SPSS (نسخه‌ی ۱۶) و انجام مدل رگرسیون خطی چند متغیره با در نظر گرفتن پارامترهای درصد حرکت‌های توده‌ای در هر واحد کاری به عنوان متغیر وابسته، و پارامترهای مختلف محاسبه شده به عنوان متغیر مستقل در مدل.

ث- انتخاب بهترین روش رگرسیون خطی جهت پیش‌بینی وقوع حرکت‌های توده‌ای در هر واحد کاری از روی سطح معنی‌داری و ضریب همبستگی مدل.

ج- اعمال فرمول رگرسیون به دست آمده در مرحله‌ی قبلی در محیط Arc GIS 10.1 به منظور محاسبه‌ی درصد وقوع حرکت‌های توده‌ای در سطح منطقه‌ی مورد مطالعه و پهنه‌بندی آن.



بدین ترتیب با اعمال ضرایب به دست آمده در فرمول رگرسیون برای لایه‌های مستقل وارد شده در مدل آماری، نهایتاً نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای که دارای کلاس‌های مختلف خطر اعم از خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، و خیلی زیاد می‌باشد، تهیه گردید.

## نتایج

با توجه به شناسایی و تعیین موقعیت مکانی حرکت‌های توده‌ای به وقوع پیوسته در حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه، مشخص شده است که در این آبخیز، جمعاً ۳۳ مورد یا واقعه‌ی حرکت توده‌ای اتفاق افتاده است که مجموعاً ۲۸۹/۸ هکتار، معادل ۲/۳۰ درصد از حوزه‌ی آبخیز را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج تهیه‌ی نقشه‌ی واحد کاری در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول نشان داد که این حوضه دارای ۲۳ واحد کاری است.

پس از بررسی عوامل مؤثر در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول و مشخص کردن واحدهای کاری، و درصد حرکت‌های توده‌ای در هر واحد کاری به عنوان متغیر وابسته، تک‌تک عوامل زمین‌محیطی به عنوان پارامترهای مستقل در نظر گرفته شد، و درصد تشکیل دهنده‌ی هر کدام از عوامل زمین‌محیطی (پارامترهای مستقل)، نسبت به واحد کاری، از طریق نرم‌افزار Arc GIS 10.1، و دستور Zonal statistics و قسمت Mean، به دست آمد.

پس از انجام مراحل فوق، مقادیر پارامترهای مختلف در هر واحد کاری، وارد نرم‌افزار SPSS (نسخه‌ی ۱۶)، گردید. با در نظر گرفتن پارامترهای درصد حرکت‌های توده‌ای در هر واحد کاری به عنوان متغیر وابسته، و پارامترهای مختلف محاسبه شده به عنوان متغیر مستقل، بهترین معادله‌ی نهایی مدل، جهت پیش‌بینی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای، به شرح زیر استخراج گردید.

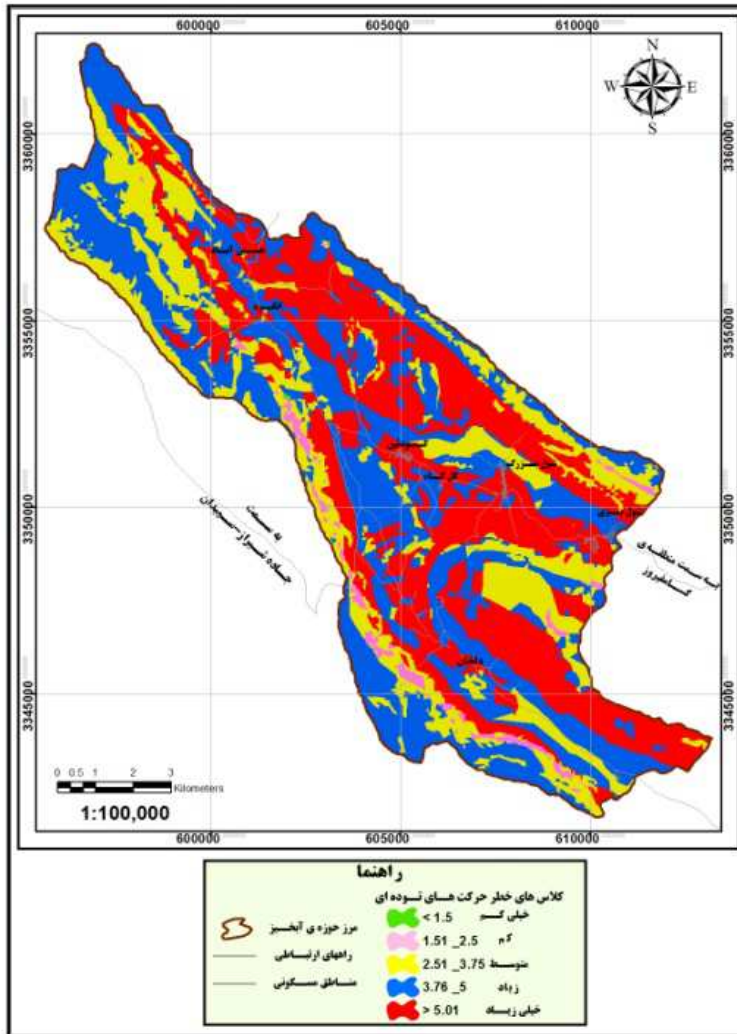
$$Y = -0.578 + 0.364slopeangle + 0.98 formation + 0.478soiltexture$$

این معادله با ضریب همبستگی ۰/۸۳۳، در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. طبق این مدل، وقوع حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول، تابع سه عامل درجه‌ی شیب، سازند زمین‌شناسی، و بافت خاک می‌باشد.

با اعمال ضرایب به دست آمده در فرمول رگرسیونی فوق برای لایه‌های مستقل، در محیط Arc GIS 10.1، نهایتاً نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای در کلاس‌های مختلف خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد، تهیه گردید (نقشه‌ی ۱).

با توجه به جدول ۱، و نمودار ۱، ملاحظه می‌شود که به ترتیب، کلاس خطر زیاد با وسعت ۴۸۶۳/۳ هکتار (۳۸/۶۰ درصد مساحت حوضه)، و کلاس خطر خیلی زیاد، با وسعت ۴۵۴۱/۶ هکتار (۳۶/۰۵ درصد مساحت حوضه)، به عنوان دو کلاس فراوان در این حوضه مشخص گردیدند.



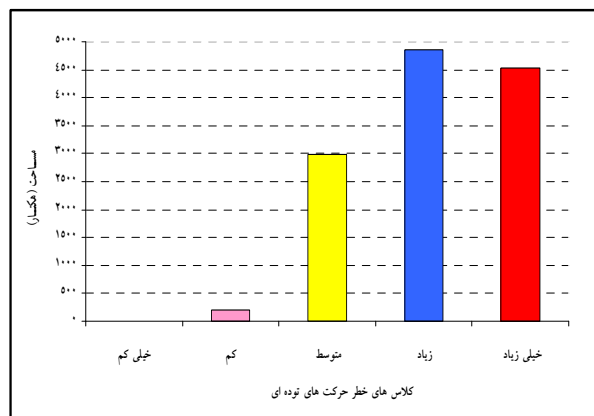


نقشه‌ی ۱- پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول بر اساس روش رگرسیون چند متغیره

جدول ۱- توزیع مساحت بر اساس پهنه‌بندی کلاس‌های خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول

بر اساس روش رگرسیون چند متغیره

| کلاس خطر  | محدوده‌ی امتیاز | مساحت (هکتار) | درصد مساحت از کل حوزه‌ی آبخیز |
|-----------|-----------------|---------------|-------------------------------|
| خیلی کم   | $1/5 <$         | ۳/۸           | ۰/۰۳                          |
| کم        | ۱/۵۱-۲/۵        | ۲۱۲/۰         | ۱/۶۸                          |
| متوسط     | ۲/۵۱-۳/۷۵       | ۲۹۷۸/۲        | ۲۳/۶۴                         |
| زیاد      | ۳/۷۶-۵          | ۴۸۶۳/۳        | ۳۸/۶۰                         |
| خیلی زیاد | $> ۵/۰۱$        | ۴۵۴۱/۶        | ۳۶/۰۵                         |
| جمع       |                 | ۱۲۵۹۸/۸       | ۱۰۰                           |



### نمودار ۱- توزیع مساحت بر اساس پهنه‌بندی کلاس‌های خطر حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول بر اساس روش رگرسیون چند متغیره

به طور کلی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول، به شرح زیر، تقسیم می‌شوند.

- درجه‌ی شیب: بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که اکثر مناطق دارای پدیده‌ی حرکت‌های توده‌ای، دارای شیب ۳۰ تا ۶۰ درصد (۱۷۰/۹۹ هکتار) می‌باشند. عامل شیب، موجب افزایش نیروی ثقل و به حرکت در آمدن لایه‌ها می‌شود که در اغلب این مناطق، به وضوح قابل رؤیت است.
- نوع سازند زمین‌شناسی: در حقیقت نوع سازند، از نظر نوع املاح (گچ و نمک) و رس می‌باشد که در نتیجه‌ی شست و شو از منطقه خارج شده و یا به افق‌های پایین‌تر حرکت نموده است؛ بنابراین اغلب حرکت‌های توده‌ای مربوط به دوره‌های مرطوب گذشته می‌باشد که هنوز املاح شسته نشده‌اند. در حقیقت نمک به عنوان عامل تشدید کننده، و آهک به عنوان عامل کند کننده‌ی حرکت‌های توده‌ای در سازندهای ماری و رسی عمل می‌کند. بیشترین رخداد حرکت‌های توده‌ای در سازندهای حساس آجاجاری (۱۰۹/۲۴ هکتار)، از گروه فارس رخ داده است و سازندهای آسماری- جهرم (۱۰۸/۹۸ هکتار)، و رازک (۷۱/۴۱ هکتار) در رده‌های بعدی قرار دارند که خود، دلیلی بر این ادعا است.
- بافت خاک: بافت خاک در مناطق دارای حرکت‌های توده‌ای، اغلب لوم رسی (۱۷۴/۲۵ هکتار) می‌باشد و بافت‌های لوم شنی (۶۵/۱۴ هکتار)، و لوم (۴۴/۳۰ هکتار) در رده‌های دوم و سوم قرار دارند. با توجه به این موضوع که بافت غالب منطقه (لوم رسی)، موجب بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب می‌گردد، افزایش عامل رطوبت در توده، یکی از عوامل مهم در وقوع پدیده‌ی حرکت‌های توده‌ای است که این مورد، به ویژه در مورد لغزش‌ها بسیار مهم و اثرگذار است.

با توجه به جمیع موارد مطرح شده، و در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان داشت: در هر منطقه، با توجه به شرایط محیطی، عوامل ویژه‌ای باعث به وجود آمدن حرکت‌های توده‌ای می‌شوند. بنابراین مطالعه و شناخت کلیه‌ی عوامل آب و هوایی و محیطی می‌تواند در تعیین عوامل مؤثر، شناخت، و ارائه‌ی راهکارهای کنترلی بسیار حائز اهمیت باشد. همچنین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، حوزه‌ی آبخیز تنگ‌شول از نظر شرایط آب و هوایی و زمینی، برای ایجاد حرکت‌های توده‌ای مستعد است؛ بنابراین باید در استفاده و بهره‌وری از عرصه‌های آن، کمال دقت را داشت.



**یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران**  
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز

**11<sup>th</sup> National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran**  
Participatory Development in Watershed Management

۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵  
April 19-21, 2016



## پیشنهادها

- از ساخت و ساز، در شیب‌های حساس، ممانعت به عمل آید.
- پیشنهاد می‌گردد به منظور کاهش و کنترل وقوع حرکت‌های توده‌ای، حفاظت و قرق، جهت جلوگیری از توسعه‌ی اراضی کشاورزی، و جلوگیری از ایجاد ترانشه، در منطقه اجرایی شود و از تغییر کاربری‌های غیر اصولی، ممانعت به عمل آید.
- در صورت وجود اطلاعات کافی و مناسب، توصیه می‌شود پهنه‌بندی خطر، برای انواع حرکت‌های توده‌ای، به طور مجزا صورت گیرد.
- در ابتدا عوامل مؤثر بیشتری از جمله جنس، بافت و ضخامت مؤثر خاک، اقلیم، شکل شیب، و شاخص‌های متنوع پوشش گیاهی از جمله مقاومت کششی ریشه‌ها و ...، که تأثیر قابل توجهی در وقوع حرکت‌های توده‌ای دارند نیز در مدل دخالت داده شوند، تا پس از تعیین همبستگی آماری آن‌ها با متغیر وابسته (وقوع و یا عدم وقوع حرکت‌های توده‌ای)، نقشه‌ی پهنه‌بندی نهایی با صحت دقیق‌تری تهیه گردد.
- در آینده مدل‌های حساس‌تر و پیشرفته‌تری با توجه به گنجاندن خصوصیات دینامیکی حرکت‌های توده‌ای، به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع آن‌ها، ایجاد و مورد استفاده قرار گیرد تا پیشگویی دقیق‌تری از احتمال وقوع حرکت‌های توده‌ای در منطقه فراهم شود.
- به دلیل نبودن اطلاعات در زمینه‌ی تاریخ دقیق وقوع حرکت‌های توده‌ای و شدت بارندگی در آن تاریخ‌ها، در تهیه‌ی مدل رگرسیون چند متغیره‌ی این تحقیق، از شاخص بارندگی متوسط سالیانه استفاده گردید که با توجه به نتایج، ارتباط معنی‌داری با وقوع حرکت‌های توده‌ای نداشت و از مدل حذف گردید؛ بنابراین توصیه می‌شود در این مناطق، در صورت وجود اطلاعات لازم، به جای متوسط بارندگی سالیانه، از شدت بارندگی استفاده شود.
- در حوضه‌ی مورد مطالعه، برای اجرای مدل آماری رگرسیون چند متغیره از تعداد ۳۳ حرکت توده‌ای در مساحت ۲۸۹/۸ هکتار استفاده شده است. با وجودی که ارائه‌ی قطعی حداقل تعداد حرکت‌های توده‌ای برای تحلیل رگرسیون چند متغیره بسیار مشکل است، اما به دلیل تأثیر متغیرهای مستقل بر مجموع پیکسل‌های وقوع و عدم وقوع حرکت‌های توده‌ای، بهتر است در آینده، برای دستیابی به نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای با دقت و صحت بالاتر، تعداد حرکت‌های توده‌ای بیشتری شناسایی و در مدل‌های آماری، به کار گرفته شود.

## منابع

- احمدی، ح.، (۱۳۹۰)، ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۷۱۴ صفحه.
- دانامزرعه، ب.، (۱۳۸۹)، بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای و روش‌های کنترل آن در حوزه‌ی آبخیز گرمی-چای، پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ۱۳۷ صفحه.
- سلیمان‌پور، س.م.، (۱۳۹۴)، اصول و مبانی حرکت‌های توده‌ای، جزوه‌ی درسی دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، ۲۶۱ صفحه.
- کورکی‌نژاد، م.، (۱۳۸۷)، ارائه‌ی مدل منطقه‌ای جهت پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز الموت‌رود)، رساله‌ی دوره‌ی دکتری تخصصی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۷۳ صفحه.





مردوخپور، گ. و معتمدوزیری، ب.، (۱۳۹۰)، بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز آبدیر)، مجله‌ی پژوهش‌های فرسایش محیطی، جلد ۱، شماره‌ی ۱، صفحات ۱۰۵ تا ۱۱۶.

معاونت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی، (۱۳۸۲)، گزارش نهایی مطالعات تفصیلی- اجرایی حوضه‌ی معرف و زوجی تنگ‌شول، ۷۵۳ صفحه.

Althuwaynee, O.F., Pran, B., Paek, H., and Lee, J.H., (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.

Cornforth, D., (2005), *Landslides in Practice: Investigation, Analysis, and Remedial/Preventative Options in Soils*, Wiley, ISBN: 978-0-471-67816-8, 624 pp.

Kelarestaghi, A. and Ahmadi, H., (2009), Landslide susceptibility analysis with a bivariate approach and GIS in Northern Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 2: 95-101.

Nefeslioglu, H.A., Gokceoglu, C., and Sonmez, H., (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.