پهنه بندی خطر وقوع حرکتهای توده ای با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفارود)

امیر اسحاقی

دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

amir.eshaghi@gmail.com

دکتر بهارک معتمدوزیری

استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

دکتر سادات فیض نیا

استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده:

یکی از اقدامات اولیه جهت مدیریت حرکتهای توده‌ای و کاهش خسارات ناشی از آنها، تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای و شناسایی نواحی مستعد و دارای پتانسیل بالای خطر وقوع این پدیده می‌باشد. در تحقیق حاضر که با هدف پهنه‌بندی خطر وقوع حرکتهای توده ای در حوزه آبخیز صفارود به وسعت ۱۳۵ کیلومتر مربع صورت گرفته است، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کنترل میدانی و تفسیر عکسهای هوایی، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز نظیر نقشه های زمین شناسی، طبقات ارتفاعی، زاویه شیب، جهت شیب، بارندگی متوسط سالیانه، بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، حداکثر شتاب زلزله، فاصله از آبراهه ها و رودخانه‌ها و فاصله از جاده تهیه شده است. سپس با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره خطی، وزن و نقش عوامل مختلف مؤثر در وقوع حرکتهای توده‌ای تعیین شده و نهایتاً نقشه پهنه‌بندی خطر حوضه تهیه گردیده است. نتایج حاکی از این بوده است که ۵۶/۲۸ درصد از سطح حوضه دارای کلاسهای خطر زیاد و بسیار زیاد بوده‌اند که این مناطق، در نزدیکی جاده‌ها، آبراهه‌ها و گسلها، بر روی سازندهای زمین شناسی محتوی لایه‌های سیلت سنگ، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا و ذغال، در شیبهای ۱۵ تا ۳۵ درجه و ارتفاعات متوسط (۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا) حوضه که دارای بارندگی زیاد (بیش از ۸۵۰ میلیمتر) هستند، واقع شده اند.

واژه های کلیدی: حرکتهای توده ای زمین، نقشه پهنه بندی خطر، روش رگرسیون چندمتغیره، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

بلایای طبیعی، به عنوان بزرگترین دشمن طبیعی انسان، باعث کشته و مجروح شدن سالانه صدها هزار تن و بی خانمان شدن میلیون ها نفر در سراسر جهان می شوند. از این رهگذر، حرکت توده‌ای به عنوان یکی از معضلات

جهانی پیش روی انسان، دارای اهمیت خاصی می باشد. خصوصاً که با افزایش جمعیت و اسکان در مناطقی که مستعد حرکت توده‌ای هستند، آمارهای جهانی تلفات و خسارات مالی ناشی از این پدیده‌ها، پیوسته در حال افزایش می باشد. در کشوری با شرایط متنوع زمین‌شناسی، توپوگرافی، آب و هوایی و کاربری اراضی چون ایران که از لحاظ سایزموتکتونیکی (لرزه‌ای ساختمانی) یکی از فعال‌ترین پهنه‌ها در کمربند چین‌خوردگی آلپ هیمالیا می‌باشد، حرکت توده‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پدیده همه ساله در اکثر استانهای کشور، سبب وارد آمدن خسارتهای اقتصادی به جاده‌ها، خطوط آهن، خطوط انتقال نیرو، کانالهای آبیاری و آبرسانی، تأسیسات معدنی، تأسیسات استخراج و پالایش نفت و گاز، و کارخانه‌ها و مراکز صنعتی شده و موجب تخریب جنگلها، مراتع و اراضی کشاورزی، تسریع فرسایش و انتقال گسترده رسوبات به پشت سدها می‌گردد. با توجه به این مسائل، به جرأت می توان گفت که از جمله حساسترین و مهمترین مسائل در پروژهای عمرانی، مطالعه پایداری دامنه‌ها می‌باشد و با پهنه‌بندی خطر وقوع حرکتهای توده‌ای، می‌توان مناطق حساس و دارای پتانسیل بالای خطر را شناسایی نموده و با ارائه راه‌حلها و شیوه‌های مدیریت مناسب، تا حدی از وقوع حرکتهای توده‌ای جلوگیری نمود و یا از خسارات ناشی از وقوع آنها کاست (معتمدوزیری،۱۳۸۷).

نئوهاوزر و ترهوست (۲۰۰۶)، اقدام به ارزیابی پایداری دامنه‌ها در برابر حرکت توده‌ای در جنوب شرقی آلمان نموده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که مناطق مستعد وقوع حرکت توده‌ای، دارای شیب بین ۱۱ تا ۲۶ درجه بوده و متشکل از سنگهای آهکی، خاکهای رسی و کوهرفتهای سیلتی می‌باشند. دایموند و همکاران (۲۰۰۶)، در یکی از مناطق نیوزیلند، اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکات توده ای رخ داده در طی طوفان سال ۲۰۰۴ نموده‌اند. بررسی ها نشان داده است که مناطق پرخطر در شیبهای ۵ تا ۳۰ درجه و در اطراف خطوط زهکشی و نیز در اراضی جنگلی تخریب شده واقع شده‌اند. معتمدوزیری و کورکی‌نژاد (۲۰۰۶)، اقدام به پهنه‌بندی حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز سیاه‌رودبار واقع در استان گرگان، با استفاده از روشهای مورا وارسون، حائری سمیعی و آماری چندمتغیره، نمودند و ضمن تأیید دقت بالاتر روش آماری چندمتغیره در پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای، به این نتیجه رسیدند که مناطق پر خطر حوضه در نزدیکی گسلها، جاده‌ها و آبراهه‌ها و بر روی شیبهای تند قرار گرفته‌اند. نفسلیوگلو و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از روش آماری چندمتغیره اقدام به پهنه‌بندی حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز ایسپیر (واقع در شمال شرقی ترکیه) نمودند و نتیجه گرفتند که مناطق پرشیب و نزدیک به جاده‌ها و ارتفاعات متوسط، در کلاسهای خطر زیاد وبسیار زیاد قرار دارند. چانگ و همکاران (۲۰۰۸)، به پهنه‌بندی حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز هوشه (در مرکز تایوان) با استفاده از روش آماری چند متغیره اقدام نمودند. نتایج حاکی از این بود که مناطق پرخطر در نزدیکی آبراهه‌ها و دور از خط‌الرأس‌ها، در بخش غربی حوزه آبخیز و بر روی سازندهای زمین‌شناسی محتوی لایه‌های شیل و ماسه سنگ، واقع شده‌اند. یالچین (۲۰۰۸)، با پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای به وقوع پیوسته در حوزه آبخیز آردیسن (واقع در شمال شرقی ترکیه) بدین نتیجه رسید که کلاسهای پرخطر در شیبهای ۲۰ تا ۴۰ درجه و در مناطق چایکاری شده دارای سنگهای کاملاً هوازده واقع شده‌اند. کمپ و همکاران (۲۰۰۸)، اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای منطقه کشمیر پاکستان نموده و دریافت که اغلب حرکتهای توده‌ای در سازندهای از جنس شیل، اسلیت، آهک و دولومیت شدیداً درز و شکافدار، در دامنه‌های جنوبیِ در معرض بارشهای موسمی تابستانی با

شیب ۲۵ تا ۳۵ درجه، در ارتفاع متوسط (۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا)، در بوته‌زارها و علفزارها و همچنین در امتداد رودخانه‌ها و جاده‌ها رخ داده‌اند. تنگستانی (۲۰۰۹)، پس از پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز کاکان (واقع در شمال غربی شیراز) به این نتیجه دست یافت که مناطق پرخطر در دامنه‌های شمالی و غربی منطقه که دارای شیب نسبتاً زیاد و خاک عمیق می‌باشند، واقع شده‌اند و جنس سازند آنها مارن و شیل می‌باشد. حسن زاده نفوتی (۱۳۷۹)، با استفاده از روش آماری چند متغیره، منطقه سلمانرود واقع در استان گیلان را پهنه‌بندی نموده و نتیجه گیری کرده است که روش آماری چند متغییره دارای کاربرد مناسب برای پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت توده‌ای می باشند و نتایج این روش حاکی از تطابق مناطق پرخطر بر مناطقی است که در آنها اقدام به جاده سازی غیر اصولی شده است. احمدی و محمدخان (۱۳۸۱)، پس از پهنه‌بندی حرکتهای توده ای حوزه آبخیز طالقان به این نتیجه دست یافتند که مناطق پرخطر، به جای شیب‌های شمالی در شیب های جنوبی اتفاق افتاده‌اند؛ با بررسی عوامل دیگر مشخص شد که در این منطقه گسلها و روراندگی‌های فعالی وجود دارند که نقش جهت شیب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از سوی دیگر، مناطق پرخطر دارای شیبهای ۲۵–۱۰ و ۶۰–۴۰ درصد بوده‌اند. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۳)، اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای حوزه آبخیز شیرین‌رود نمودند و به این نتیجه دست یافتند که مناطق پرخطر منطبق بر مناطق دارای کاربری‌های نامناسب و ارتفاعات متوسط هستند. شادفر و همکاران (۱۳۸۶)، اقدام به پهنه‌بندی حرکت توده‌ای در حوزه آبخیز چالکرود واقع در شهرستان تنکابن نمودند. نتایج حاکی از این بوده است که مناطق پرخطر، منطبق بر مناطق پرشیب هستند. کورکی‌نژاد (۱۳۸۷)، اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی خطر وقوع حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز الموت‌رود نمود. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این بوده است که روش آماری چند متغیره دقت خوبی در تهیه نقشه خطر حرکت توده‌ای داشته است و مناطق پرخطر بر روی سازند روته (متشکل از سنگ آهک ریزدانه) و واحد سنگی PC (متشکل از ماسه سنگ، سیلت سنگ، گلسنگ و شیل)، در شیبهای شمالی و غربی ۱۵ تا ۲۵ درجه، در نزدیکی گسلها، جاده‌ها و آبراهه‌ها و در مراتع فقیر و متوسط واقع شده‌اند.

در تحقیق حاضر نیز، با استفاده از روش آماری چند متغیره، نقشه پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای حوزه آبخیز صفارود تهیه گردیده و مناطق پرخطر شناسایی شده است.

حوزه آبخیز صفارود، در غرب استان مازنداران، جنوب شهرستان رامسر، واقع شده است. این حوضه، با وسعت ۱۳۵ کیلومتر مربع، از شمال به دریای خزر، از غرب به حوزهٔ آبخیز اچارود، از شرق به حوزهٔ آبخیز رودخانه رمک و از جنوب به حوزه آبخیز چالکرود محدود گردیده است (شکل۱).

ارتفاع متوسط وزنی حوضه ۱۵۲۰ متر، حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه ۷۰ و۳۵۶۰ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی حوضه ۴۰/۱۸ درصد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوضه ۹۵۶ میلیمتر، متوسط درجه حرارت سالانه حوضه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد، حداکثر و حداقل درجه حرارت حوضه ۳۵ و ۱۰– درجه سانتی‌گراد و اقلیم حوضه بر اساس روش آمبرژه مرطوب معتدل و بر اساس روش دومارتن مرطوب است. متوسط دبی سالانه جریان حوضه ۲/۲ مترمکعب بر ثانیه و بیشترین دبی حداکثر لحظه ای حوضه ۲/۲۹۶ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. گسل اصلی موجود در منطقه، گسل بیناکسر بوده و یکی از فراوانترین و ساده ترین ساختهای تکتونیکی حوضه، درزه ها است.

شکل شماره۱ : محدوده جغرافیایی حوزه آبخیز صفارود

سازندهای زمین شناسی موجود در حوضه، puv (سنگهای آتشفشانی خاکستری مایل به ارغوانی)، سازند نسن یا pn (سنگ آهک چرت دار خوب لایه‌بندی شده خاکستری تیره همراه با میان لایه هایی از شیل و آهک دولومیتی)، سازند الیکا یا Tredl (دولومیت خاکستری روشن تا کرم)، سازند TR3J (تناوبی از سیلت سنگ، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا همراه با عدسی ها و لایه هایی از ذغال)، سازند جواهرده یا J1-2C (کنگلومرای خاکستری تیره پلی میکتیک همراه با میان لایه هایی از سیلتستون، ماسه سنگ و ذغال)، سازندJK1 (توده خاکستری تا کرم سنگ آهک همراه با دانه ها و لایه هایی از چرت)، سازند Qs (سنگریزه و ریزش سنگ) و سازند Qt2 (پادگانه‌های جوان) می باشند. کاربری‌های اراضی حوضه نیز شامل جنگل، مرتع، زراعت دیم و باغات می‌باشد که کاربری جنگل حدود ۷۴ درصد از مساحت منطقه را دربرگرفته است. (مهندسین مشاور خزر،۱۳۷۳).

روش تحقیق

تهیه نقشهٔ پراکنش حرکتهای توده‌ای

نقشه‌های پراکنش حرکتهای توده‌ای، در مقیاسهای متوسط و بزرگتر، به عنوان مهمترین ابزار تعیین صحت و دقت نقشه‌های پهنه‌بندی خطر حرکت توده‌ای می‌باشند. بدین منظور، در تهیهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی در این مقیاسها، نقشهٔ پراکنش حرکتهای توده‌ای تهیه می‌گردند و در مراحل مختلف وزن‌دهی و امتیازدهی به عوامل گوناگون و تعیین کلاسهای آنها از این نقشه استفاده می‌شود. جهت تهیهٔ نقشه پراکنش حرکتهای توده‌ای در محدودهٔ مطالعاتی، کلیهٔ عکسهای هوائی در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ گردآوری شده و پس از بررسی های دفتری و تفسیر استریوسکوپی عکسهای مذکور، کلیهٔ حرکتهای توده‌ای به وقوع پیوسته در منطقه شناسائی گردیده و موقعیت آنها بر روی نقشه منطقه پیاده شد. متعاقباً با انجام بازدید صحرائی، کاستی‌هایی که به علت عدم کیفیت مناسب عکسها در تشخیص محدوده‌های گسیختگی، حضور سایه درختان و پستی و بلندی‌ها در عکس و جدید بودن حرکتهای توده‌ای به وقوع پیوسته در نقشه اولیه وجود داشت، رفع گردید و نقشهٔ اولیه تکمیل گردید. در مرحله بعد، عکسهای هوایی در محیط نرم افزار Arc-GIS زمین مرجع شده و نقشه پراکنش حرکتهای توده‌ای حوضه تهیه گردید.

تهیه لایه های اطلاعاتی مورد نیاز

جهت پهنه بندی حرکتهای توده‌ای منطقه مورد مطالعه، اقدام به تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاعی حوضه (DEM)، نقشه شبکه جاده‌ها، نقشه فاصله از جاده‌ها، نقشه شبکه آبراهه‌ای، نقشه فاصله از آبراهه‌ها، نقشه مقدار شیب، نقشه جهت شیب، نقشه هیپسومتری، نقشه همباران متوسط سالانه، نقشه همباران حداکثر بارندگی ۲۴ساعته بادوره بازگشت ۱۰۰ساله، نقشه سازندهای زمین شناسی حوضه، نقشه محدوده گسلهای حوضه، نقشه فاصله از گسل و نقشه حداکثرشتاب افقی زمین به g گردید. با توجه به نقشه کاربری اراضی که برای حوضه تهیه شده بود، ملاحظه گردید که قسمت عمده حوضه را کاربری جنگل در بر گرفته است. از آنجایی که چه مناطق دارای حرکت و چه مناطق فاقد حرکت دارای کاربری جنگل بودند، چنین نتیجه گرفته شد که کاربری اراضی نقش تعیین کننده‌ای در وقوع حرکت توده‌ای در منطقه مورد مطالعه ندارد. بنابراین در مراحل بعدی از این نقشه جهت پهنه‌بندی استفاده نگردید.

نحوه پهنه بندی خطر حرکتهای توده‌ای با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره

پس از بررسی و مطالعه منابع و تحقیقات صورت گرفته در مورد پهنه‌بندی حرکتهای توده‌ای، روش رگرسیون چند متغیره، به عنوان مناسب‌ترین روش جهت پهنه‌بندی حرکتهای توده‌ای تشخیص داده شد؛ بنابراین جهت پهنه‌بندی حرکتهای توده‌ای به وقوع پیوسته در حوزه آبخیز صفارود، از این روش استفاده شد. روش رگرسیون چند متغیره، امکان تحلیل همزمان اثر تعدادی متغیر مستقل بر یک متغیر وابسته را فراهم می‌نماید. از آنجایی که پدیده‌های طبیعی نظیر حرکت توده‌ای ناشی از عملکرد همزمان و با اثر متفاوت چند متغیره می‌باشد، لذا استفاده از روش رگرسیون چند متغیره، مناسب می‌باشد (سفیدگری،۱۳۸۱ و معتمدوزیری،۱۳۸۷). در این روش، رابطه یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل، به طور همزمان مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. متغیر وابسته نقشه

پراکنش حرکت توده‌ای (نشان دهنده میزان خطر حرکتهای توده‌ای) است و متغیرهای مستقل شامل لایه‌های اطلاعاتی میزان شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه و آبراهه، فاصله از راه، حداکثرشتاب زلزله، متوسط بارندگی سالانه، طبقات ارتفاعی، حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱۰۰ساله و پارامتر وابسته سازند زمین‌شناسی می‌باشد. مراحل انجام روش رگرسیون چند متغیره و تهیه مدل آماری چند متغیره به شرح ذیل می‌باشد:

الف) تبدیل نقشه پراکنش حرکتهای توده‌ای به نقشه درصد تراکم سطحی در واحدهای مربعی شکل به ابعاد ۲۵۰*۲۵۰ متر مربعی

ب) تبدیل نقشه کیفی زمین شناسی به یک نقشه کمی، بر مبنای درصد سطحی ناپایداری ثبت شده در محدوده هر یک از کلاسهای نقشه

ج) ورود اطلاعات به نرم افزار SPSS 16.0 برای انجام مدل گام به گام رگرسیون خطی چند متغیره

د) استخراج ضرایب مربوط به عواملی که دارای ارتباط معنی‌داری با متغیر وابسته می‌باشند و اعمال ضرایب بدست آمده برای لایه‌های مستقل و بدست آوردن مقدار خطر محاسباتی

و) تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای که دارای کلاسهای مختلف خطر اعم از بی‌خطر، خطر خیلی کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد می‌باشد.

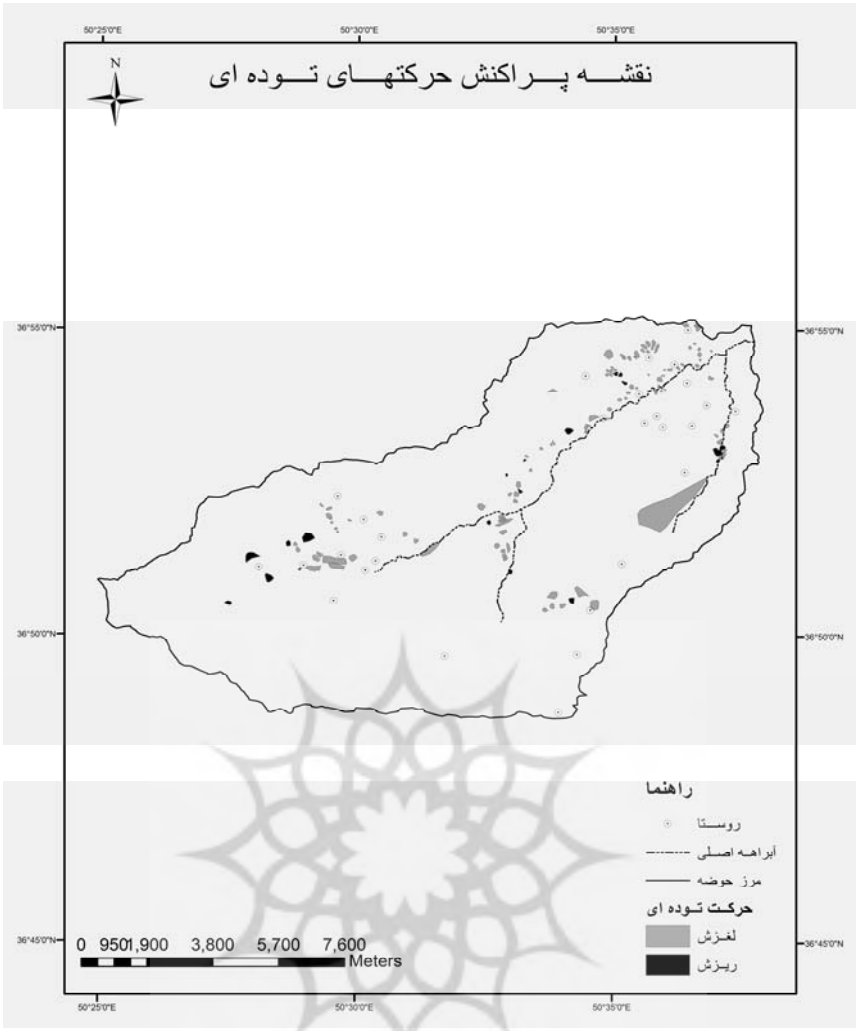
تحلیل کمی نقشه پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای

پس ازانطباق نقشه های پهنه‌بندی خطر حرکت توده‌ای در مدل های مختلف با نقشه پراکنش حرکتهای توده‌ای حوضه، چنانچه درصد سطحی گسیختگی در کلاسهای با خطر بالا بیشتر باشد و روند توزیع درصد سطحی گسیختگی، از کلاسهای کم خطر به سمت کلاسهای با خطر بالا افزایش یابد، بیانگر این است که روش پهنه‌بندی خطر حرکت توده‌ای مناسب می باشد. اگر این روند بالعکس بوده یا تقریباً به صورت یکسان باشد، نشان دهنده کارایی ضعیف مدل می‌باشد. (کورکی نژاد، ۱۳۸۷).

نتایج تحقیق

به دنبال بازدیدهای صحرایی و تفسیر استریوسکوپی عکسهای هوایی حوضه، نقشه پراکنش حرکتهای توده‌ای حوزه آبخیز صفارود تهیه گردید. (شکل شماره ۲)

جهت انجام مدل رگرسیون چندمتغیره، از برنامه SPSS و روش گام به گام استفاده گردید. نتایج مدل حاکی از این بوده است که از بین ۱۰ عامل وارد شده به مدل، به ترتیب، سازند زمین شناسی، نزدیکی به جاده، نزدیکی به گسل، ارتفاع از سطح دریا، نزدیکی به رودخانه و آبراهه، مقدار بارندگی و شیب دامنه، مؤثرترین و مهمترین عوامل می‌باشند.

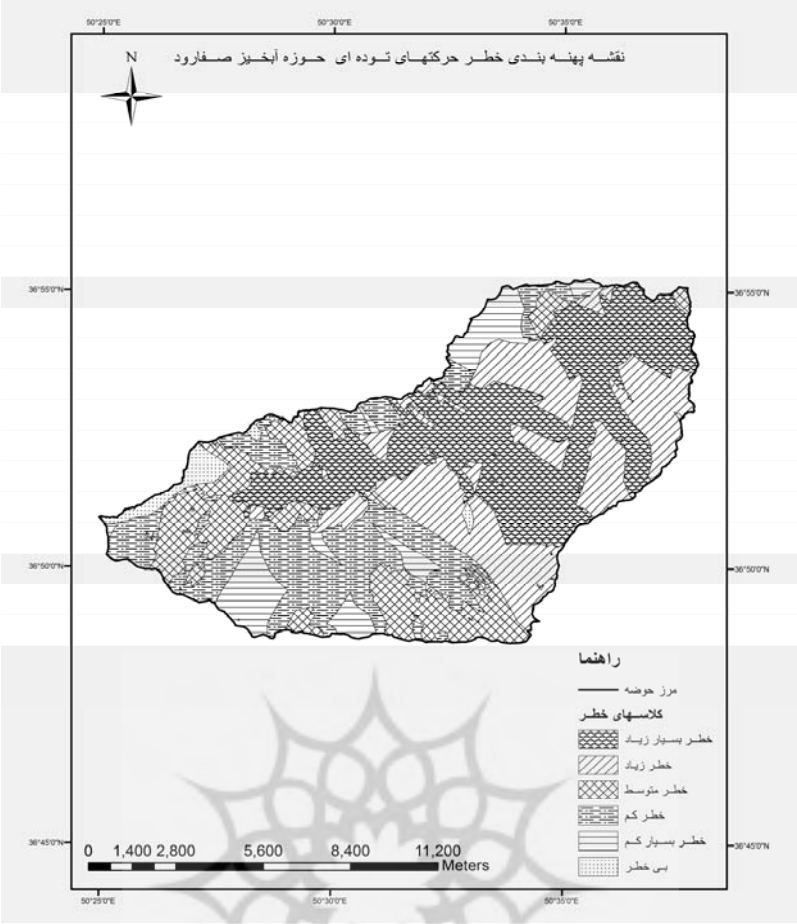


شکل شماره ۲: نقشه پراکنش کلیه حرکتهای توده‌ای در حوضه

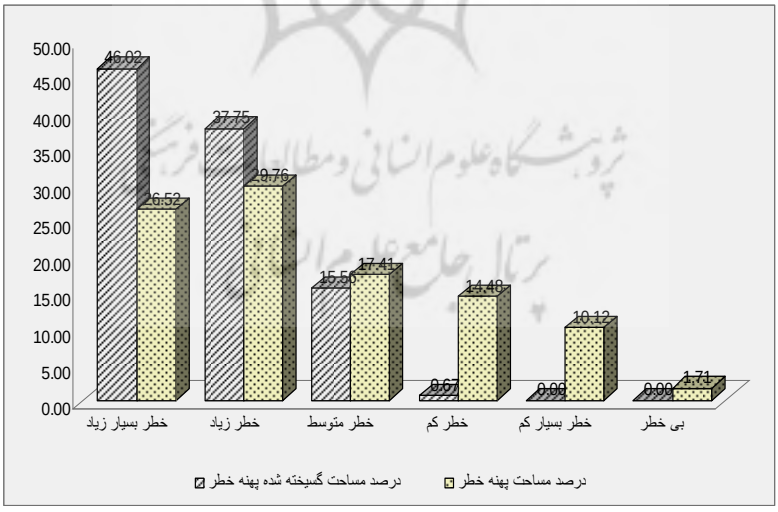
در مرحله بعد با استفاده از این هفت عامل به عنوان متغیر مستقل و درصد سطحی حرکتهای توده‌ای به عنوان متغیر وابسته، اقدام به تعیین بهترین معادله به شکل زیر شده است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد.

$$Y = 0.06X1 + 0.037X2 + 0.03X3 + 0.011X4 + 0.01X5 + .007X6 + 0.005X7 - 0.026$$

که در آن Y عدد خطر حرکت توده‌ای، X1 سازند حساس زمین شناسی ($TR3j^{ssh}_{2}$)، X2 فاصله از جاده، X3 فاصله از گسل، X4 ارتفاع از سطح دریا، X5 فاصله از رودخانه و آبراهه، X6 مقدار بارندگی و X7: شیب دامنه می‌باشد. سپس با استفاده از معادله فوق، نقشه پهنه‌بندی خطر حرکت توده‌ای در محیط برنامه Arc-GIS برای حوضه اصلی تهیه شد (شکل شماره۳). در ادامه، نمودار توزیع کلاسهای خطر مدل برای حوضه تهیه گردید (شکل شماره ۴).



شکل شماره ۳- نقشه پهنه بندی خطر حرکتهای توده‌ای



شکل شماره ۴- نمودار توزیع کلاسهای خطر مدل رگرسیون چند متغیره

ارزیابی کارایی نقشه‌خطر مدل رگرسیون چندمتغیره، براساس انطباق آن با نقشه پراکنش حرکتهای توده‌ای حوضه (شکل **شماره۴**) حاکی از روند افزایشی مساحت گسیختگی از کلاس بی‌خطر به کلاس با خطر بسیار زیاد و کارایی مناسب مدل است.

بحث و نتیجه‌گیری

هر ساله پدیده حرکت توده‌ای، در مناطق کوهستانی کشور، آسیبهای قابل توجهی را به مناطق مسکونی، راههای ارتباطی و منابع طبیعی وارد می سازد. بنابراین ضروری است تا مطالعات ویژه‌ای در زمینه شناخت نواحی مستعد وقوع حرکت توده‌ای صورت گیرد که این امر، یکی از گامهای اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای و عمرانی است. در حوزه آبخیز صفارود مجموعاً تعداد ۱۳۰ مورد حرکت توده ای رخ داده است که سطحی معادل ۴/۶ درصد سطح حوزه آبخیز است را در بر می‌گیرند.

در این تحقیق نشان داده شده است که مناطق پرخطر (کلاس‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد) در اطراف جاده‌ها، آبراهه‌ها و گسلها، بر روی سازند زمین شناسی $TR3l^{ssh}_{2}$ (متشکل از تناوبی از سیلت سنگ، شیل، ماسه‌سنگ و

کنگلومرا همراه با عدسی‌ها و لایه‌هایی از ذغال) در کلاسهای شیب ۲۵-۱۵ و ۳۵-۱۵درجه، در ارتفاعات متوسط، در مناطق با بارندگی زیاد (بیش از ۸۵۰ میلیمتر) واقع شده‌اند. این یافته‌ها با نتایج نئوهاورز و ترهوست (۲۰۰۶)، دایموند و همکاران (۲۰۰۶)، معتمدوزیری و کورکی‌نژاد (۲۰۰۶)، نفسلیوگلو و همکاران (۲۰۰۸)، چانگ و همکاران (۲۰۰۸)، کمپ و همکاران (۲۰۰۸)، یالچین (۲۰۰۸)، تنگستانی (۲۰۰۹)، حسن زاده نفوتی (۱۳۷۹)، احمدی و محمدخان (۱۳۸۱)، فیض نیا و همکاران (۱۳۸۳)، شادفر و همکاران (۱۳۸۶) و کورکی نژاد (۱۳۸۷) هم راستا می‌باشد. نتایج مطالعات مربوط به جهت شیب نشان داده است که شیب های شرقی، شمال شرقی و جنوب شرقی به ترتیب دارای بیشترین میزان حرکت توده‌ای می باشند که با نتایج حاصل از مرور منابع (به جز مطالعه احمدی و محمدخان،۱۳۸۱) همخوانی نداشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گیری نمود که باید عامل دیگری در منطقه وجود داشته باشد که نقش جهت را پوشش داده است. با توجه به بررسی سایر عوامل در دامنه‌های مذکور، این نتیجه حاصل شده که علت اصلی غالب بودن حرکات توده‌ای در این دامنه‌ها، احداث جاده می‌باشد. بررسی ارتباط کاربری اراضی و حرکت توده‌ای نشان داده که ارتباط معناداری بین وقوع حرکت توده‌ای با کاربری اراضی وجود ندارد. علت این امر، غالب بودن کاربری جنگل در حوضه مورد مطالعه می‌باشد؛ به طوری که حدود ۷۵ درصد منطقه را پوشش جنگلی در بر می‌گیرد.

عوامل سازند زمین‌شناسی، شیب، طبقات ارتفاعی، بارندگی و شبکه آبراهه‌ها که جزء عوامل اصلی وقوع حرکت توده‌ای در حوضه می‌باشند، غیر قابل تغییر می‌باشند؛ این در حالی است که عامل جاده که مهمترین عامل وقوع حرکت توده‌ای در حوزه آبخیز صفارود می‌باشد، قابلیت بیشتری برای مدیریت دارد؛ بنابراین با احداث جاده بر اساس شرایط منطقه و جلوگیری از احداث جاده‌های غیر اصولی و کاربری مناسب در این مناطق، می‌توان از تحریک و افزایش حرکتهای توده‌ای در این گونه مناطق جلوگیری کرد.

با توجه به نمودار توزیع فراوانی کلاسهای خطر بدست آمده برای حرکتهای توده‌ای، که دارای روند افزایش گسیختگی از کلاسهای بی خطر به کلاسهای با خطر زیاد می‌باشد، می‌توان به این نتیجه رسید که روش رگرسیون چند متغیره، روشی مناسب جهت پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز صفارود می‌باشد.

منابع

۱- احمدی، حسن و شیرین محمدخان، (۱۳۸۱): بررسی برخی از عوامل حرکتهای توده ای (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره ۴، صفحات ۴۵۵ تا ۴۶۴

۲- حسن زاده، محمدحسن، (۱۳۷۹): پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه آبخیز شلمانرود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران

۳- سفیدگری، رضا، (۱۳۸۱): ارزیابی روشهای پهنه بندی خطر زمین لغزش درمقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (مطالعه موردی حوزه آبخیزدماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران

۴- شادفر، صمد، مجتبی یمانی، جمال قدوسی و جعفر غیومیان، (۱۳۸۶): پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکرود تنکابن)، مجله پژوهش و سازندگی، جلد ۲۰، صفحات ۱۱۸ تا ۱۲۶

۵- فیض نیا، سادات، عطاءالله کلارستاقی و حسن احمدی، (۱۳۸۳): بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزشها و پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین رود- سد تجن)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱، صفحات ۳ تا ۲۰

۶- کورکی نژاد، مسعود، (۱۳۸۷): ارائه مدل منطقه ای جهت پهنه بندی خطر خرکتهای توده‌ای (مطالعه موردی: حوزه آبخیز الموت رود)، پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۷- معتمدوزیری، بهارک، (۱۳۸۷): حرکتهای توده‌ای زمین، جزوه درسی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۸۶ صفحه

۸- مهندسین مشاور خزر، (۱۳۷۳): مطالعات توجیهی اجرایی طرح آبخیزداری حوزه آبخیز صفارود، سازمان جهاد سازندگی مازندران، مدیریت آبخیز

9-Chang, K.T., S.H. Chiang and M.L. Hsu, (2007): Modeling typhon and earthquake induced landslides in a mountainous watershed using logistic regression, Geomorphology, Vol:89, PP:335-347

10- 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

11- Motamedvaziri, B. and Koorkinejad, M., (2006): The applicability of Mora-Vahrson landslide hazard zonation model in the Ciaroodbar watershed, Proceeding of the international symposium, 4-7 september 2006, Ghent, Belgium, PP: 91-97

12- 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 preparation of landslide susceptibility maps, Engineering Geology, Vol:97, PP:171-191

13- Neuhause, B. and B. Terhorst, (2006): Landslide susceptibility assessment using weights of evider applied to a study area at the Jurassic Escarpment (SW-Germany), Geomorphology, 1-13

14- Song, R.H., D. Hiromu, A. Kazutoki, K. Usio and M. Sumio, (2008): Modeling the potential distribution of shallow-seated landslides using the weights of evidence method and a logistic regression model: A case study of the Sabae area-japan, International journal of sediment research, Vol:23, PP:106-118
15- 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
16- Yalchin, A., (2008): GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierachy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): comparisions of results and confirmations,Catera, Vol:72, PP:1-12

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی