ارزیابی کارایی مدل‌های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه شیرین دره، خراسان شمالی)

سیامک بهاروند*[۱] و سلمان سوری[۲]

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

نویسنده مسئول: Sbbaharvand53@gmail.com *

دریافت: ۹۲/۱۰/۵ پذیرش: ۹۴/۳/۱۱

چکیده

شناخت نواحی مستعد وقوع حرکت‌های توده‌ای و زمین‌لغزه‌ها یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی است. حرکت‌های توده‌ای و زمین لغزه‌ها تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی متعددی رخ می‌دهند که ارزیابی تاثیر هر یک از این عوامل، نقش بسزایی در پیش‌بینی احتمال وقوع حرکت‌های توده‌ای و پهنه‌بندی خطر آن‌ها دارد. در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه شیرین دره روش‌های آماری دو متغیره ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. به منظور بررسی پایداری دامنه‌ها در این حوضه؛ با تلفیق نقشه عوامل موثر بر لغزش با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، تاثیر هر یک از این عوامل از قبیل شیب، زمین‌شناسی،کاربری اراضی، فاصله از گسل، رودخانه و جاده در محیط نرم‌افزار Arc GIS سنجیده شده است. برای ارزیابی و طبقه‌بندی نتایج خروجی مدل‌های مورد استفاده در برآورد خطر لغزش منطقه از شاخص جمع مطلوبیت استفاده شده است، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مدل ارزش اطلاعاتی، روش کارآمدتری نسبت به مدل تراکم سطح در تهیه نقشه خطر لغزش‌های حوضه شیرین دره می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری دامنه‌ها، تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

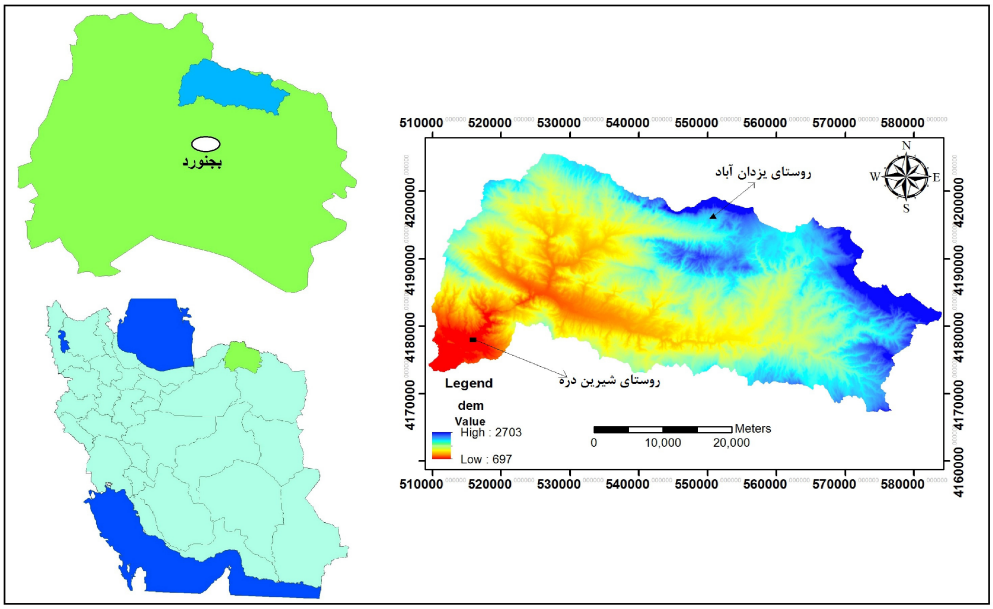
اصطلاح خطر طبیعی، به یک سری شرایط یا پدیده‌ای طبیعی در یک زمان و مکان مشخص اشاره دارد که به طور مخاطره‌آمیزی عمل می‌نماید و یا تهدید محسوب می‌شود [۱۰]. رخدادهای طبیعی فرآیندهای پیچیده‌ای هستند که بر تمامی بخش‌های کره زمین تأثیر گذارند. در این بین، زمین‌لغزش به عنوان یکی از معضلات جهانی پیش روی انسان، که همواره در سرتاسر جهان باعث خسارات سنگین جانی و مالی می‌شود، دارای اهمیتی ویژه است. حرکت‌های توده‌ای نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز دارند.

بر اساس گزارش کمیته بلایای طبیعی در ایران، در طی برنامه ۵ ساله نخست توسعه، خسارات ناشی از بلایای طبیعی در ایران بالغ بر ۱/۶ میلیارد دلار بوده که بخش اعظم آن به خسارات زمین‌لغزش مربوط می‌شود [۱]. طی بررسی‌های به عمل آمده و با توجه به روش‌های آماری، خسارت ناشی از زمین‌لغزش‌ها در یک دوره ۱۵ ساله کمتر از خسارت سیل و یا زلزله نبوده است [۵] و براساس آمار اولیه بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور خسارات ناشی از ۲۵۴۸ زمین‌لغزش بالغ بر ۱۰۷ کشته و ۳۸۶ میلیارد ریال است [۶].

تشخیص و پهنه‌بندی مناطق مختلف از نظر حساسیت به وقوع زمین‌لغزش یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات جهت دوری جستن یا کاهش صدمات زمین‌لغزش است که از دیرباز مورد توجه محققین بوده است. در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های آماری دو متغیره تا کنون مطالعات زیادی در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات یمانی و همکاران [۷]، فرهادی‌نژاد و همکاران [۸]، زمانی [۹] شادفر و همکاران [۲]، شیرانی و سیف [۴] و شعبانی و همکاران [۳] در ایران و به مطالعات فانیو [۱۲]، یالکین [۱۳] بالاسوبرامانی و کوماراسوامی [۱۱] و یوسف و همکاران [۱۴] در سایر نقاط جهان اشاره کرد.

موقعیت جغرافیایی منطقه

حوضه آبریز سد شیرین دره به عنوان بخشی از حوضه آبریز اترک در استان خراسان شمالی واقع شده است (شکل ۱). این حوضه از شمال به کوه ماسی نو (میسینو)، از جنوب به کوه بابا بلند، از غرب به کوه باش تپه و از شرق به ارتفاعات کوه کونجوخور منتهی می‌گردد. میزان بارندگی در این حوضه ۲۰۰ میلی‌متر تا ۳۲۵ میلی‌متر متغیر بوده و متوسط بارندگی آن ۲۷۰ میلی‌متر و تبخیر سالیانه حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. حداکثر درجه حرارت آن، ۳۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۶- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به متوسط ارتفاع حوضه و گرادیان حرارتی متوسط دمای سالیانه در منطقه ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. بارندگی معمولاً از مهرماه شروع و تا آخر فروردین ادامه دارد و دورهٔ یخبندان در حوضه به طور متوسط ۱۱۱ روز می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز شیرین‌دره

زمین‌شناسی منطقه

بررسی واحدهای زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که رخنمون‌هایی از سازندهای آهکی تیرگان، مارنی سرچشمه، شیلی سنگانه، شیلی و ماسه‌سنگی آتامیر و هم‌چنین گسترشی از رسوبات نئوژن و آبرفت‌های کواترنری در حوضه آبریز سد شیرین دره قابل مشاهده است (شکل ۲) که در اینجا شرح مختصری از زمین‌شناسی هر یک از سازندها ارائه می‌شود.

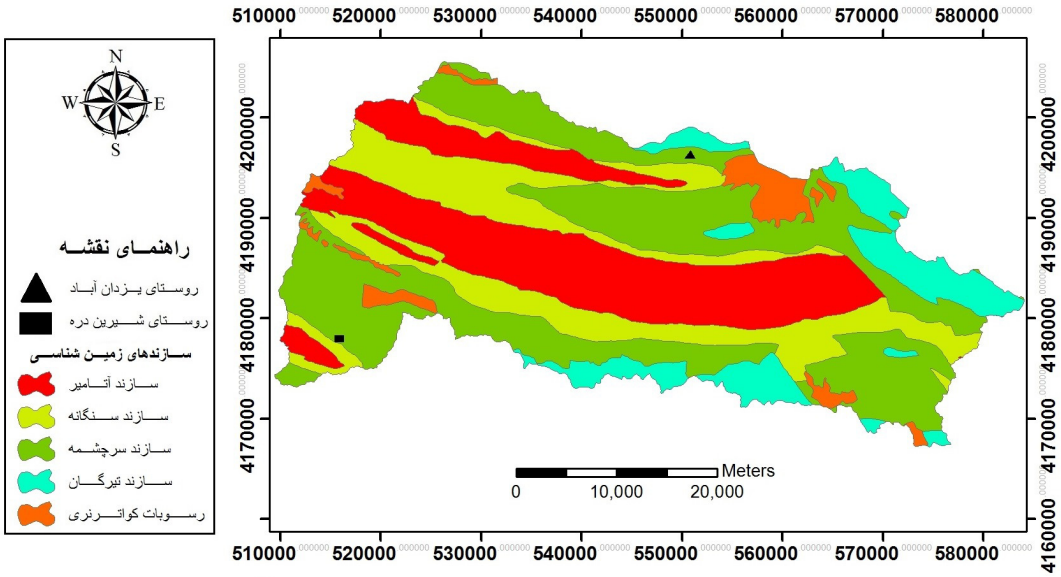
سازند تیرگان: در حوضه آبریز مورد مطالعه، سازند تیرگان از سنگ‌آهک صخره‌ساز تا توده‌ای اوولیتی و بیوکلاستی با میان لایه‌های ناچیزی از سنگ‌آهک مارنی، مارن و شیل آهکی تشکیل شده است.

سازند سرچشمه: در حوضه آبریز مورد مطالعه، سازند سرچشمه با ترکیب مارن‌های سبز روشن و شیل با لایه‌هایی از آهک، بخش اعظمی از حوضه را تشکیل می‌دهد و با پوشش حدود ۳۰ درصد از سطح حوضه، تقریباً می‌توان گفت گسترده‌ترین واحد سنگ‌شناسی کل حوضه را تشکیل می‌دهد.

سازند سنگانه: عمدتاً در محور ناودیس‌های منطقه با شیب متغیر به شمال یا جنوب رخنمون یافته‌اند و در تمام زیر حوضه‌ها قابل رویت است. قابلیت فرسایش زیاد این سازند باعث ایجاد لایه ضخیمی از مواد هوازده سست بر روی دامنه‌ها شده که از طرفی باعث نفوذ آب به لایه‌های زیرین و از طرف دیگر باعث افزایش وزن توده و تسهیل وقوع حرکات توده‌ای و به ویژه حرکات ریزشی و لغزشی شده است.

سازند آتامیر: در منطقه مورد مطالعه، سازند آتامیر با ترکیب شیل و ماسه‌سنگ، یکی گسترده‌ترین واحد سنگ‌شناسی حوضه بوده که ۲۱ درصد از مساحت حوضه را تشکیل می‌دهد. در قسمت‌های زیادی از منطقه ماسه‌سنگ‌های سازند آتامیر استعداد زیادی جهت وقوع لغزش‌های سنگی ایجاد نموده است.

رسوبات کواترنری: از نهشته‌های عهد حاضر در این حوضه تراس‌های رودخانه‌ای، آبشست‌های دامنه‌ای و رسوبات فرسایشی برجا (واریزه‌ها) بوده که دارای وسعت قابل ملاحظه‌ای نمی‌باشند.

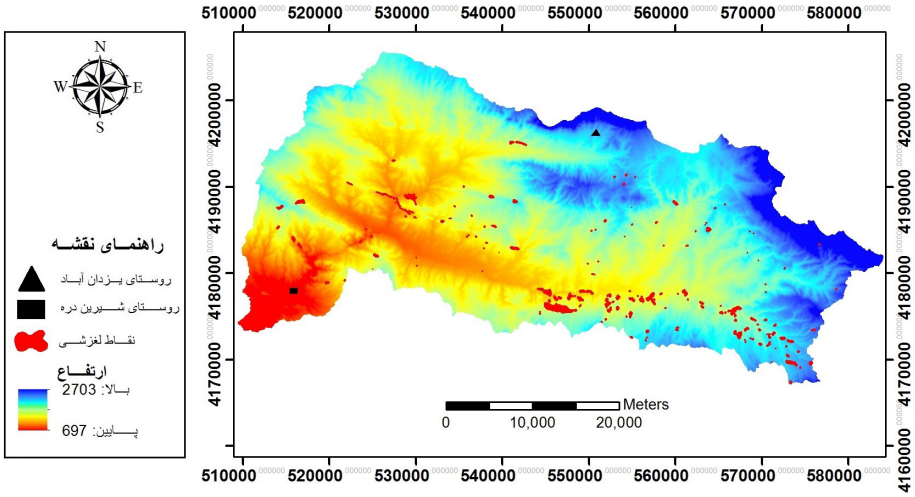


شکل ۲. نقشه سازندهای زمین‌شناسی حوضه شیرین‌دره

تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و فاکتورهای استفاده شده در پهنه‌بندی منطقه

برای ارزیابی و تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های مختلف در هر منطقه، مهم‌ترین مرحله شناسایی زمین‌لغزش‌های به وقوع پیوسته و مطالعه عواملی است که این زمین‌لغزش‌ها را کنترل می‌کنند. در واقع به نقشه در آوردن زمین‌لغزش‌های قدیمی و جدید منطقه، مبنای کار و تهیه نقشه پهنه‌بندی است. در این مطالعه به منظور تهیه نقشه پراکنش لغزش‌های حوضه شیرین دره؛ با استفاده از عکس‌های هوایی و پیمایش صحرایی لغزش‌های منطقه شناسایی و در نهایت در محیط نرم‌افزار GIS رقومی گردیده‌اند (شکل ۳). زمین‌لغزش‌های مشاهده شده در حوضه آبریز سد شیرین دره به طور عموم ناشی از فرآیندهای مختلف درونی (زمین‌ساخت) و بیرونی (اقلیمی) و تحت تاثیر ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی می‌باشد. از جمله این عوامل می‌توان به عوامل زمین‌شناسی، شیب، آبراهه و گسل اشاره نمود. اما در برخی از قسمت‌های حوضه و به ویژه در مجاورت جاده‌ها و معابر منطقه به وفور تأثیر تشدیدی عوامل انسانی از قبیل تغییر کاربری اراضی، راه‌ها و ترانشه‌زنی، بر وقوع زمین‌لغزش‌ها مشاهده می‌گردد (شکل ۴).

عوامل مختلف در نظر گرفته شده به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با توجه به نکاتی از قبیل هدف، مقیاس کار و دقت قابل انتظار، شرایط منطقه، میزان تاثیرگذاری هر عامل و کافی و در دسترس بودن اطلاعات، تعیین می‌شود. در این پژوهش عواملی که نقش اساسی در وقوع زمین‌لغزش دارند و نیز نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به آن‌ها کامل‌تر بوده مورد استفاده قرار گرفت. این عوامل شامل شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، جاده و آبراهه می‌باشند. به منظور تعیین سطح همبستگی بین نقاط لغزشی و هر یک از عوامل موثر بر لغزش از مدل احتمالی نسبت فراوانی استفاده شده است. برای تعیین نسبت فراوانی ابتدا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی درصد مساحت نقاط لغزشی و فاقد لغزش منطقه مورد مطالعه تعیین و سپس نسبت فراوانی برای هر یک از طبقه‌های عوامل از تقسیم نسبت درصد مساحت نقاط لغزشی به درصد مساحت مناطق غیر لغزشی محاسبه گردید. در این رابطه اگر نسبت فراوانی بزرگ‌تر از یک باشد همبستگی عامل موثر بر لغزش بسیار زیاد و اگر این مقدار کمتر از یک باشد این همبستگی بسار ضعیف است. هرچه مقدار نسبت فراوانی تعیین شده برای یک عامل بیش‌تر باشد نشان از تاثیر بیش‌تر آن عامل در ایجاد لغزش‌های حوضه دارد (جدول‌های ۱ تا ۶).



شکل ۳. نقشه پراکنش نقاط لغزشی در حوضه شیرین دره

شکل ۴. وقوع زمین‌لغزش بر اثر فعالیت‌های رودخانه‌ای

روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه شیرین دره

از جمله روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده از مدل‌های آماری می‌باشد. در این روش‌ها رابطه‌ی پارامترهای موثر در وقوع زمین‌لغزش با پراکندگی زمین‌لغزش‌ها مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌گیرد و بر اساس این ارزیابی، وزن و سهم مشارکت هر یک از طبقات و پارامترهای موثر در وقوع زمین‌لغزش محاسبه می‌شود. در روش‌های آماری دو متغیره، وقوع زمین‌لغزش به عنوان متغیر وابسته و هر یک از عوامل محیطی موثر به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شود [۱۵]. در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه شیرین دره از دو مدل آماری دو متغیره ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در محیط نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از بررسی عوامل موثر بر لغزش در حوضه شیرین دره به شرح زیر می‌باشد:

نتایج بررسی عامل شیب نشان می‌دهد که بیش‌ترین حساسیت به لغزش در کلاس‌های شیب ۱۵-۳۰ و ۳۰-۴۵ درجه وجود دارد (جدول ۱)، در شیب‌های کمتر از ۱۵ درجه پایداری بیش‌تر و در شیب‌های بیش‌تر از ۴۵ درجه نیز به علت کاهش خاک‌سازی و هم‌چنین کاهش رسوبات هوازده بر روی دامنه‌ها به جز حرکات ریزشی و واژگونی وقوع دیگر حرکات توده‌ای کاهش می‌یابد.

بررسی عامل زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد با توجه به قرارگیری سازند سرچشمه به صورت هم‌شیب بر روی آهک‌های سازند تیرگان و وجود درز و شکاف‌های فراوان در آهک‌های تیرگان؛ نفوذ و تجمع آب در کنتاکت بین دو سازند افزایش می‌یابد که این امر حساسیت سازند سرچشمه را نسبت به وقوع حرکات توده‌ای بالا برده است (جدول ۲).

بررسی کاربری اراضی نشان می‌دهد که بیش‌ترین حساسیت نسبت به لغزش در اراضی باغات این حوضه می‌باشد (جدول ۳) که دلیل آن را می‌توان به نقش موثر انسان در تغییر اکوسیستم‌های طبیعی نسبت داد.

بررسی پارامتر فاصله از گسل نشان می‌دهد که بیش‌ترین حساسیت در فاصله ۱۲۰۰-۹۰۰ متری و کمترین حساسیت در فاصله ۳۰۰-۰ متری قرار دارد (جدول ۴). مطالعه نشان می‌دهد در منطقه مورد مطالعه؛ گسل به عنوان پارامتر اصلی وقوع زمین‌لغزش ایفای نقش ننموده و عوامل دیگر باعث کم رنگ‌تر شدن نقش این فاکتور شده‌اند.

بررسی نتایج عوامل فاصله از آبراهه و جاده نشان می‌دهد با فاصله گرفتن از این عوارض حساسیت نسبت به لغزش کاهش می‌یابد (جدول‌های ۵ و ۶). بطور کلی جاده و آبراهه سبب تغییر در هندسه شیب دامنه، برهم خوردن تعادل نیروی مقاوم و افزایش تنش می‌شوند.

جدول ۱. نتایج به دست آمده از بررسی عامل شیب

کلاس خطر	درصد مساحت کلاس	درصد مساحت لغزش در هر کلاس	نسبت فراوانی	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل ارزش اطلاعاتی
۰-۵	۷۲/۹۳	۴۴/۸۰	۰/۶۱	-۲/۲۴	-۰/۴۸
۵-۱۵	۲۴/۳۰	۴۴/۹۴۷	۱/۸۵	۴/۹۴	۰/۶۱
۱۵-۳۰	۲/۶۷	۱۰/۰۳	۳/۸۱	۱۶/۰۴	۱/۳۲
۳۰-۴۵	۰/۰۹۳	۰/۲۱۴	۲/۳۱	۷/۵۷	۰/۸۳
>۴۵	۰/۰۰۲	۰	۰	-۵/۸۲	Invalid

جدول ۲. نتایج به دست آمده از بررسی عامل زمین‌شناسی

کلاس خطر	درصد مساحت کلاس	درصد مساحت لغزش در هر کلاس	نسبت فراوانی	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل ارزش اطلاعاتی
آتامیر	۲۶/۳۹	۱۵/۳۳	۰/۵۸	-۲/۴۵	-۰/۵۴
سنگانه	۲۱/۸۱	۱۴/۰۴	۰/۶۴	-۲/۰۸	-۰/۴۴
سرچشمه	۳۷/۰۸	۶۶/۴۱	۱/۷۹	۴/۶۴	۰/۵۸
تیرگان	۱۰/۳۴	۳/۰۴۴	۰/۲۹	-۳/۲۷	-۰/۸۱
کواترنری	۴/۳۸	۱/۱۶	۰/۲۶	-۴/۳۰	-۱/۳۲

جدول ۳ . نتایج به دست آمده از بررسی عامل کاربری اراضی

کلاس خطر	درصد مساحت کلاس	درصد مساحت لغزش در هر کلاس	نسبت فراوانی	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل ارزش اطلاعاتی
زراعی آبی	۱/۷۳	۱/۷۴	۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۶
زراعی دیم	۸/۵۳	۶/۲۲	۰/۷۲	-۱/۵۸	-۰/۳۱
باغ	۰/۸۷	۱/۶۱	۱/۸۶	۴/۹۸	۰/۶۱
جنگل با پوشش گیاهی کمتر از ۲۵ درصد	۱۵/۷۵	۴/۹۴	۰/۳۱	-۴/۰۲۵	-۱/۱۵
رخنمون‌های سنگی	۰/۷۵	۰	۰	-۵/۸۶	Invalid
جنگل با پوشش گیاهی بیشتر از ۲۵ درصد	۷۲/۳۶	۸۵/۴۷	۱/۱۸	۱/۰۶	۰/۱۶۶

جدول ۴. نتایج به دست آمده از بررسی عامل فاصله از گسل

کلاس خطر	درصد مساحت کلاس	درصد مساحت لغزش در هر کلاس	نسبت فراوانی	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل ارزش اطلاعاتی
۰-۳۰۰	۸/۷۹	۷/۲۶	۰/۸۲	-۱/۰۱	-۰/۱۹
۳۰۰-۶۰۰	۷/۹۶	۸/۶۷	۱/۰۹	۰/۵۲	۰/۰۸۶
۶۰۰-۹۰۰	۸/۳	۸/۶۸	۱/۰۴	۰/۲۷	۰/۰۴۵
۹۰۰-۱۲۰۰	۷/۸۹	۱۱/۱۶	۱/۴۱	۲/۴۱	۰/۳۴
>۱۲۰۰	۶۷/۰۵	۶۴/۲۱	۰/۹۵	-۰/۲۴	-۰/۰۴۳

جدول ۵ . نتایج به دست آمده از بررسی عامل فاصله از آبراهه

کلاس خطر	درصد مساحت کلاس	درصد مساحت لغزش در هر کلاس	نسبت فراوانی	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل ارزش اطلاعاتی
۰-۳۰۰	۱۴/۹۴	۲۱/۶۷	۱/۴۵	-۱۴/۲۶	۰/۳۷
۳۰۰-۶۰۰	۱۲/۷۷	۱۹/۲۰	۱/۵۰	-۱۴/۵۷	۰/۴۰
۶۰۰-۹۰۰	۱۲/۰۵	۱۴/۵۵	۱/۲۰	-۱۲/۸۵	۰/۱۹
۹۰۰-۱۲۰۰	۱۰/۱۷	۱۹/۷۱	۱/۹۴	-۱۷/۱۱	۰/۶۶
>۱۲۰۰	۵۰/۰۶	۲۴/۸۶	۰/۴۹	-۸/۷۱	-۰/۷۰

جدول ۶ . نتایج به دست آمده از بررسی عامل فاصله از جاده

کلاس خطر	درصد مساحت کلاس	درصد مساحت لغزش در هر کلاس	نسبت فراوانی	وزن مدل تراکم سطح	وزن مدل ارزش اطلاعاتی
۰-۳۰۰	۵/۸۰	۱۲/۱۸	۲/۱۱	۶/۳۹	۰/۷۴
۳۰۰-۶۰۰	۵/۱۵	۸/۵۶	۱/۶۶	۳/۸۵	۰/۵۰
۶۰۰-۹۰۰	۵/۱۴	۶/۴۶	۱/۲۵	۱/۴۸	۰/۲۲
۹۰۰-۱۲۰۰	۴/۸۳	۲/۶۹	۰/۵۵	-۲/۵۷	-۰/۵۸
>۱۲۰۰	۷۹/۰۶	۷۰/۰۹	۰/۸۸	-۰/۶۶	-۰/۱۲

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش ارزش اطلاعاتی

در روش ارزش اطلاعاتی نرخ مربوط به هر کلاس از عوامل موثر از رابطه ۱ به دست می‌آید.

$$W_{Inf} = ln\left[\left(\frac{A}{B}\right)/\left(\frac{C}{D}\right)\right] \quad (۱)$$

W_{Inf}= وزن ارزش اطلاعاتی

A = مساحت زمین لغزش در کلاس متغیر

B= مساحت کلاس متغیر

C= مساحت کل زمین لغزش‌ها

D= مساحت کل حوضه

با توجه به نرخ‌های به دست آمده برای کلاسه‌های عوامل مختلف (جدول‌های ۱ تا ۶) نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به دست می‌آید (شکل ۵). برای این کار ابتدا لایه‌ها با توجه به نرخ‌های به‌دست آمده تهیه شده و سپس با جمع ارزش پیکسل‌ها برای عوامل مختلف، نقشه نهایی به‌دست می‌آید و در نهایت نقشه نهایی را به ۵ طبقه با خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۷).

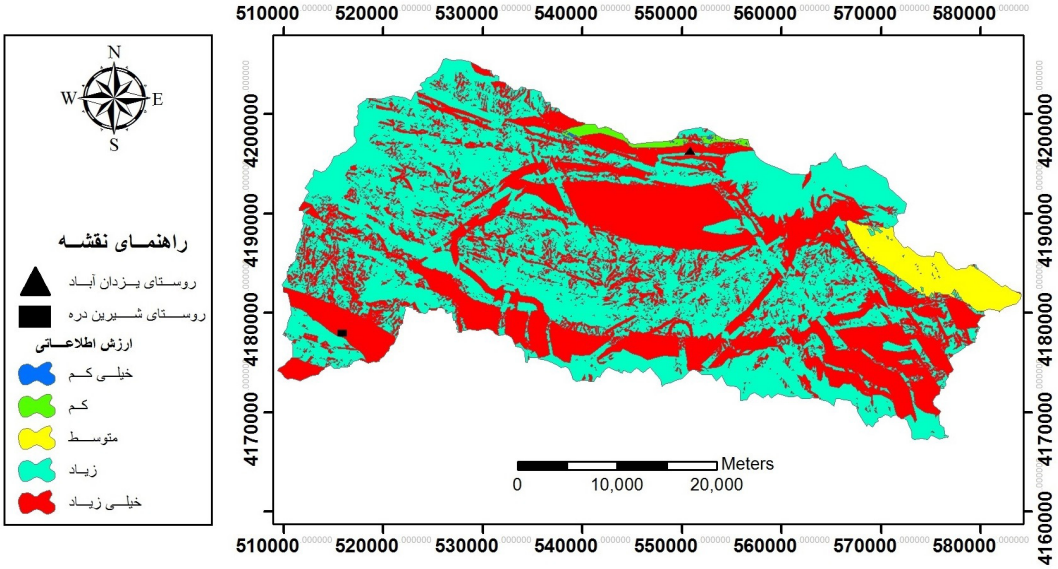
پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش تراکم سطح

نرخ مربوط به هر یک از کلاسه‌های عوامل مختلف در این روش از رابطه ۲ به دست می‌آید.

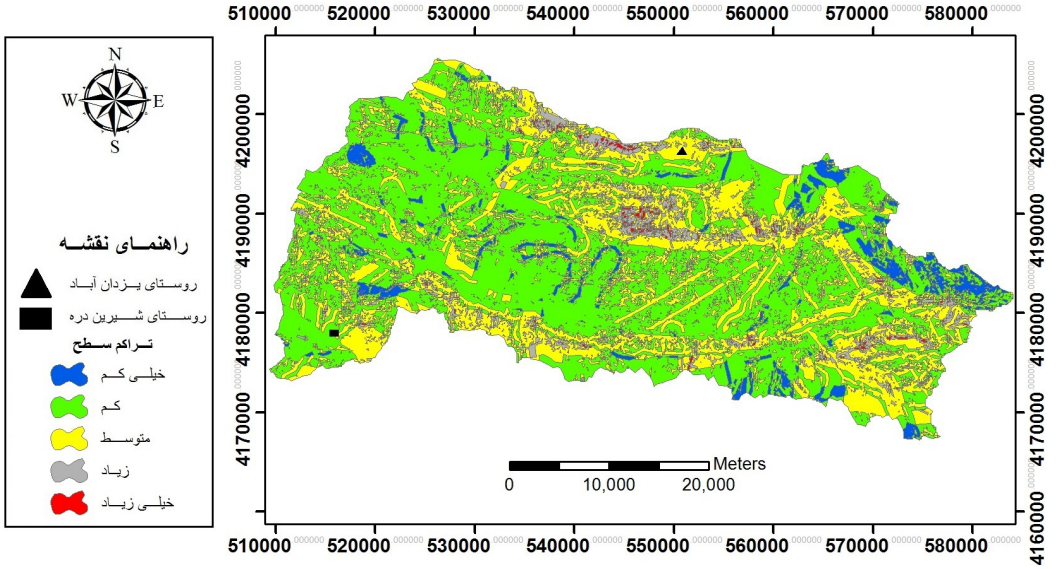
$$W_{area} = 1000\left(\frac{A}{B}\right) - 1000\left(\frac{C}{D}\right) \quad (۲)$$

W_{area}= وزن تراکم سطح

برای به دست آوردن نقشه نهایی پهنه‌بندی با روش تراکم سطح مانند روش ارزش اطلاعاتی عمل می‌شود (شکل ۶) (جدول ۷).



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در حوضه شیرین دره با استفاده از مدل ارزش اطلاعاتی



شکل ۶ . نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش در حوضه شیرین دره با استفاده از مدل تراکم سطح

روش‌های مختلفی برای ارزیابی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش توسط محققین ارائه شده است. در این تحقیق برای ارزیابی و طبقه‌بندی نتایج خروجی روش‌های مورد استفاده در برآورد خطر لغزش از شاخص جمع مطلوبیت (Qs) (رابطه ۳) استفاده شده است [۱۶] (جدول ۷). با استفاده از این روش می‌توان میزان دقت نقشه را مشخص کرد؛ به طوریکه هرچه مقدار Qs بیش‌تر باشد صحت و دقت نقشه بالاتر می‌باشد.

$$Qs = \sum_{i=1}^{n} (Dr - 1)^2 * \%Area \quad (۳)$$

$$Dr = \frac{S_i}{A_i} \Big/ \frac{\sum_i^n S_i}{\sum_i^n A_i} \quad (۴)$$

Si: مساحت لغزش‌ها در هر کلاس خطر، Ai: مساحت کلاس i ام، n: تعداد کلاس‌ها

جدول ۷. ارزیابی مدل‌های استفاده شده در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه شیرین‌دره

مدل استفاده شده	کلاس خطر	درصد مساحت کلاس خطر	درصد لغزش در هر کلاس	Dr	Qs
ارزش اطلاعاتی	خیلی کم	۰/۰۵۳	۰	۰	۰/۷۷۸
	کم	۰/۶۵	۰	۰	
	متوسط	۳/۴۴	۰/۰۳۹	۰/۰۱۱	
	زیاد	۵۴/۸۵	۱۵/۶۵	۰/۲۸۵	
	خیلی زیاد	۴۱	۸۴/۳۱	۲/۰۵	
تراکم سطح	خیلی کم	۵/۰۲	۱/۰۳	۰/۲۰	۰/۳۷۹
	کم	۵۵/۶۶	۳۳/۱۸	۰/۵۹	
	متوسط	۳۲/۷۸	۴۸/۴۲	۱/۴۷	
	زیاد	۵/۸۸	۱۵/۲۲	۲/۵۸	
	خیلی زیاد	۰/۶۵	۲/۱۴	۳/۲۹	

نتیجه‌گیری

به منظور پهنه‌بندی و ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز سد شیرین‌دره از روش آماری دو متغیره تراکم سطح و ارزش اطلاعاتی استفاده گردید. بر این اساس ۶ عامل موثر در وقوع زمین‌لغزش شامل شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، آبراهه و جاده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از مدل احتمالی نسبت فراوانی برای هر یک از عوامل موثر بر لغزش نشان می‌دهد که عامل شیب مهم‌ترین پارامتر در ایجاد لغزش‌های حوضه شیرین‌دره می‌باشد.

ارزیابی نقشه‌های تهیه شده پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های تراکم سطح و ارزش اطلاعاتی نشان می‌دهد که نقشه حاصل از مدل ارزش اطلاعاتی با ضریب شاخص مطلوبیت Qs= ۰/۷۷۸ نسبت به مدل تراکم سطح با Qs= ۰/۳۷۹ از صحت و دقت بیش‌تری برخوردار است. طبق پهنه‌بندی صورت گرفته بر اساس مدل ارزش اطلاعاتی به ترتیب ۰/۰۵۳، ۰/۶۵، ۳/۴۴، ۵۴/۸۵ و ۴۱ درصد از مساحت منطقه در کلاس خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

منابع

[۱] باقریان، ر.، گودرزی، م.، غیومیان، ج (۱۳۸۴) بررسی خسارات اقتصادی اجتماعی زمین‌لغزش (مطالعه موردی: زمین‌لغزش‌های امام علی هراز و باریکان طالقان)، نشریه علمی پژوهشی آب و آبخیز، ۲(۲).

[۲] شادفر، ص.، یمانی، م.، نمکی، م (۱۳۹۰) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح و LNRF در حوضه چالکرود، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، ۳ (۱): ۴۰-۴۷.

[۳] شعبانی، ع.، جوادی، م.ر.، زارع خوش‌اقبال، م (۱۳۹۳) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های ارزش اطلاعاتی و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شلمانرود)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۵ (۱۰): ۱۵۷-۱۶۹.

[۴] شیرانی، ک.، سیف، ع (۱۳۹۱) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های آماری (منطقه پیشکوه، شهرستان فریدون‌شهر)، نشریه علوم زمین، ۲۲ (۸۵): ۱۴۹-۱۵۸.

[۵] میرصانعی، س.ر (۱۳۸۸) سمینار دو روزه زمین‌لغزش‌ها در ایران و استان فارس، گزارش خبرگذاری مهر، http://www.landslide.ir/cat-2.aspx

[۶] وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۳) سازمان جنگل‌ها، آبخیزداری و مراتع کشور، گروه بررسی زمین لغزش‌ها، گزارش بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور.

[۷] یمانی، م.، محمدی، ا.، نگهبان، س (۱۳۸۹) پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه آبخیز توتکابن با استفاده از مدل‌های کمی، مجله جغرافیا و توسعه، ۱۹: ۸۳-۹۸.

[۸] فرهادی‌نژاد، ط.، شریعت‌جعفری، م.، سوری، س.، ویسکرمی، ا (۱۳۸۹) ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش در زیر حوضه سرخاب از واحدهای هیدرولوژیکی سد دز، مجله انجمن زمین‌شناسی ایران، ۴: ۲۳-۳۲.

[۹] زمانی، ص (۱۳۹۰) تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطرات زمین با تاکید بر زمین‌لغزش در حوضه یدک طویل (شرق قوچان)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۶ ص.

[10] Alcantara-Ayala, I (2002) Geomorphology,

natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. Geomorphology, 47(2): 107-124.

[11] Balasubramani, K., Kumaraswamy, K (2013) Application of Geospatial Technology and Information Value Technique in Landslide Hazard Zonation Mapping: A Case Study of Giri Valley, Himachal Pradesh, Disaster Advances, 6(1):38-47.

[12] Fanyu liu, Z (2007) Study on landslide susceptibility mapping based GIS and with bivariate statistics, a case study in Longnon Area Highway 212, Science paper online.

[13] Yalcin, A (2008) GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, Catena, 72: 1-12.

[14] Youssef, A.M., Pradhan, B., Pourghasemi, H.R., Abdullahi, S (2015) Landslide susceptibility assessment at Wadi Jawrah Basin, Jizan region, Saudi Arabia using two bivariate models in GIS, Geosciences Journal, 10.1007/s12303-014-0065-z.

[15] Van Westen, C.J (1994) GIS in landslide hazard zonation: A review, with examples from the Andes of Colombia, In: M. F. Price & D. I. Heywood (eds), Mountain Environments and Geographic Information Systems, Taylor and Francis Publishers, 135-165.

[16] Gee, M.D (1992) Classification of landslhde hazard zoning methods and a test of predictive capability, Bell, Davi H.(ed), Proceedings 6 th International Symposium on Landslids, pp 110-121.