دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تحلیل خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز ماسوله با استفاده از تئوری دمپستر- شیفر (Dempster-Shafer) و GIS

محمد زارع[۱]، محمد حسن جوری[۲]، دیانا عسکری‌زاده[۳]، تینا سالاریان[۴] و مونا فخرقاضی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول: mohammad_zare64@yahoo.com)
۲ و ۴- استادیار و کارشناس ارشد، گروه مرتعداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور
۳- کارشناس ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۸

چکیده

تأثیراتی که عوامل زنده و غیرزنده بر حوزه‌های آبخیز در شرایط طبیعی می‌گذارند، باعث ایجاد تغییرات مثبت و منفی زیادی در آن می‌گردند. زمین‌لغزش‌ها که عامل فیزیکی است، یکی از تبعات منفی در این حوزه‌ها محسوب می‌شوند. از جمله مناطق مستعد در بروز این عامل طبیعی، حوزه آبخیز ماسوله در شمال کشور است. به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از روش دمپستر- شیفر بر اساس ۱۴ عامل مؤثر که شامل زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از آغل دام، شاخص قدرت رودخانه، شاخص ترکیب توپوگرافی، وضعیت مرتع، بافت خاک، بارندگی و کاربری اراضی است. نتایج نشان داد، عوامل سازند زمین‌شناسی و فاصله از آغل نقش مهمی در ایجاد خطر زمین‌لغزش منطقه داشته‌اند. چرای بیش از حد، خارج از فصل، زودتر از مؤعد، خروج دیرهنگام دام و نیز دام مازاد از عوامل زنده مستقیم تأثیرگذار بر وضعیت پوشش‌گیاهی، نقش توأمان ایجاد خطر زمین‌لغزش را داشته‌اند. هم‌چنین یافته‌ها نشان می‌دهد ارتباط تنگاتنگی بین وقوع زمین‌لغزش‌ها و میزان بارندگی وجود دارد. از طرفی، در نقاطی از منطقه مورد مطالعه که سطح خاک لخت، شدت دام‌گذاری بالا و میزان بارندگی نیز حداکثر بوده است، زمین‌لغزش‌های متعددی به وقوع پیوسته است. نتایج ارزیابی مدل دمپستر- شیفر با استفاده از روش ROC دقت بالایی را برای تحلیل خطر زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه نشان داد. لذا توجه به عوامل مؤثر بر خطر زمین لغزش و آگاهی از وضعیت آن در هر منطقه، ابزاری اثرگذار بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز می‌تواند نقش مهمی ایفا نماید.

واژه‌های کلیدی: تئوری دمپستر- شیفر، زمین‌لغزش، اکوسیستم شبه آلپی، ماسوله، گیلان

مقدمه

زمین‌لغزش‌ها یکی از بزرگ‌ترین خطرات طبیعی هستند که خسارات اقتصادی، مالی، جانی، همراه با تخریب تأسیسات و افزایش هزینه‌ها را به دنبال دارند (۱۰). علی‌رغم بررسی‌های گسترده در زمینه زمین‌لغزش‌ها و مدیریت خطر آن، هم‌چنان این پدیده به عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدات در سراسر دنیا و خصوصاً مناطق کوهستانی به شمار می‌آید (۱۷). این پدیده تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر زمین‌شناسی و گسل (۳۵،۳۰،۲۰)، توپوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع (۴۹،۲۶)، رودخانه و شاخص قدرت رودخانه (۳۳)، کاربری اراضی (۹)، جاده، بارندگی (۶) و عوامل مربوط به خاک نظیر عمق و بافت خاک (۲۲) ایجاد می‌شود. عوامل زنده تأثیرگذار نظیر دام، استفاده‌های انسانی و تغییرات پوشش گیاهی در اثر عوامل طبیعی نیز بر وقوع زمین‌لغزش‌ها بی‌تأثیر نیستند (۴۱،۳۲،۲۱،۱). پدیده زمین‌لغزش پیچیده‌تر از سایر بلایاهای طبیعی مثل سیل، زلزله و نظایر آن است و تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد، لذا کمی کردن بعضی از آن‌ها دشوار و تعیین احتمال وقوع آن به صورت درصد مشکل است (۹،۳). بنابراین، برای پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش از نقشه‌های پهنه‌بندی خطر استفاده می‌شود (۲۶). پهنه‌بندی شامل روش‌های کیفی و کمّی است (۲). مبنای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در روش‌های کیفی بر اساس ویژگی‌های ذاتی و طبیعی لغزش‌هاست (۵۱). این روش‌ها تا دهه ۱۹۷۰ در سطح وسیعی از سوی زمین‌شناسان و ژئومرفولوژیست‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت (۵۲). اما با گذشت زمان و پیشرفت در تکنیک‌های بررسی و هم‌چنین نیاز به برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای هماهنگ با ویژگی‌های محیطی همراه با کم‌ترین ریسک، تحقیقات در رابطه با پدیده زمین‌لغزش به ابعاد جدیدی سوق داده شد و بدین ترتیب محققین با تکیه بر امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[1] مناطق وسیعی را از نظر حساسیت به وقوع زمین‌لغزش پهنه‌بندی کرده‌اند (۵). تئوری دمپستر- شیفر از جمله روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین است که با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی در مناطق مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در استان گلستان (۳۱)، در منطقه زاگرس (۴۶) و در چین (۳۴) از مناطقی هستند که محققان در آنها به بررسی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری دمپستر- شیفر پرداخته‌اند. حوزه آبخیز ماسوله یکی از مناطقی است که

1- Geographic Information System

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]

به شدت تحت تأثیر زمین‌لغزش‌های متعدد قرار گرفته است. این حوزه به علت وجود مراتع شبه‌آلپی موقعیت کم‌نظیری را داراست و محل استقرار دام‌های متعدد در فصل چرا است.دبه لحاظ تعریف، مراتع شبه‌آلپی در بالای خط دارمرز، با شدت تشعشعات خورشیدی، باد سرد، آب و هوای سرد و برف و یخبندان‌های متناوب واقع شده است و به لحاظ پوشش گیاهی، گیاهان این مراتع بیش‌تر شامل گراس‌ها، فوربها و جگن‌های چندساله به همراه بوته‌ای‌های خاردار بالشتکی و بعضاً درختی‌های خوابیده، نظیر ارس، است (۳۹،۲۵). از این رو، در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از مدل دمپستر- شیفر به بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در بروز ناپایداری‌های دامنه‌ای و تهیه نقشه حساسیت در حوزه آبخیز ماسوله پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز ماسوله با وسعت حدود ۴۰۰۰ هکتار در قسمت غربی شهرستان فومن و در محدوده جغرافیایی عرض شمالی ′۱۲ °۳۷ تا ′۰۶ °۳۷ و طول شرقی ′۵۴ °۴۸ تا ′۰۱ °۴۹ واقع شده است. ارتفاع بیشینه و کمینه حوضه به ترتیب ۲۸۰۰ و ۳۷۰ متر است. منشأ ریزش‌های جوی در منطقه، بیش‌تر تحت تأثیر توده‌های هوای پرفشار سیبری و مدیترانه‌ای است که از نواحی شمال و شمال شرق و یا سمت غرب و شمال غرب، منطقه را مورد تهاجم قرار می‌دهند (۱۶). اقلیم ناحیه به روش آمبرژه از نوع مرطوب سرد است (۱۳). میزان ریزش‌های جوی سالانهٔ حوزه، به طور متوسط حدود ۶۰۱ میلی‌متر بوده که بیش‌ترین مقادیر آن ماه آبان و فصل پاییز و کم‌ترین مقادیر آن نیز به ماه تیر و فصل تابستان تعلق دارد. از لحاظ زمین‌شناسی اکثر قسمت‌های حوزه مربوط به سازند شمشک و شامل شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا همراه با آبرفت‌های رودخانه‌ای است. بافت خاک منطقه غالباً از نوع لومی و رسی است. مساحت قسمت‌های مرتعی این منطقه ۶۳ درصد از کل حوزه است. دام‌های غالب منطقه گوسفند و بز است که از ۱۵ خرداد تا ۱۵ مهر در آن مشغول چرا هستند (۱۵). در کل حوزه آبخیز ماسوله ۲۵۸ زمین‌لغزش (شکل ۱) بر اساس طبقه‌بندی وارنز رخ داده است (۴۷) که بزرگ‌ترین زمین‌لغزش دارای مساحت ۱/۲۸ هکتار و کوچک‌ترین آن، ۱۰۲ متر مربع بوده است. میانگین مساحت زمین‌لغزش‌های این حوزه ۱۲۵۵ متر مربع است.

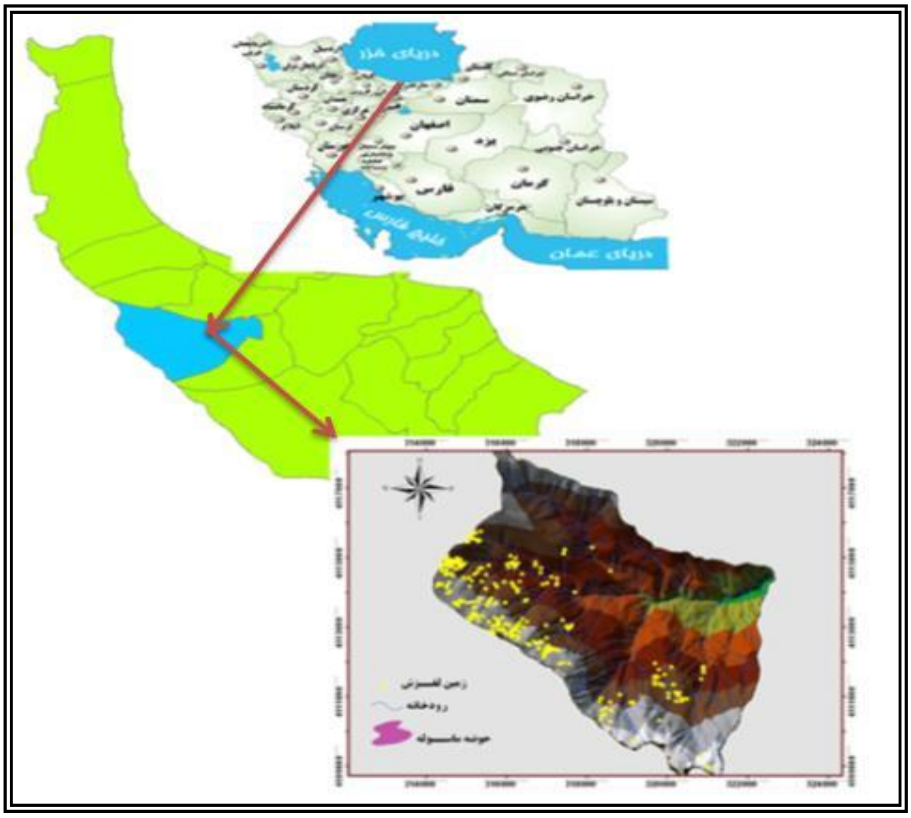
برای تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش، با استفاده از GPS Extra vista نقاط لغزشی حوزه ثبت و وارد نرم‌افزار ArcGIS v.9.3 شد (شکل ۱). نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه از سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شد و نقشه کاربری اراضی نیز از طریق تصاویر ماهواره‌ای ETM سال ۲۰۰۲ به دست آمد. نقشه پهنه‌های بارش نیز با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه‌های باران سنجی منطقه تهیه گردید. به این صورت که ابتدا با استفاده از رگرسیون خطی گرادیان بارش در منطقه به دست آمد و سپس رابطه رگرسیونی در نقشه DEM ضرب شد. نقشه بافت خاک حوزه نیز از طریق نمونه برداری خاک در مناطق مختلف تهیه شد. فاکتورهای تأثیرگذار بر زمین لغزش حوزه آبخیز ماسوله در کل، ۱۴ مورد (جزئیات در جدول ۱) بوده است که نقشه کاربری اراضی، هم بارش، شیب، جهت شیب، بافت خاک، هیپسومتری، فاصله از گسل، شاخص قدرت رودخانه (SPI)[1]، شاخص ترکیب توپوگرافی (CTI)[2]، فاصله از آبراهه، فاصله ازجاده، بافت خاک و سنگ‌شناسی در محیط GIS تهیه شدند. فاصله از آغل نیز برای تعیین نقش مناطق پرتردد دام در ایجاد زمین‌لغزش با استفاده از GPS Extra vista برداشت شد و سپس وارد نرم‌افزار ArcGIS v.9.3 به صورت یک لایه اطلاعاتی استفاده شد. به منظور آگاهی ازنقش وضعیت مرتع در ایجاد زمین‌لغزش، به روش شش فاکتوره (۱۱) و به کمک پلات‌های یک متر مربعی حاصل از روش حداقل سطح (۷) و استقرار تصادفی آنها، وضعیت مراتع حوزه آبخیز ماسوله تعیین شد که به عنوان یک لایه اطلاعاتی در GIS مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که تعداد نمونه مورد نیاز برای تعیین وضعیت، از روش آماری به دست آمد (۲۸).

1- Stream Power Index

2- Compound Topographic Index

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]



شکل ۱- موقعیت کلی منطقه و زمین لغزش‌های حوزه آبخیز ماسوله.

تئوری دمپستر – شیفر[1]

تئوری دمپستر- شیفر بر اساس تئوری احتمال بیزین از سوی دمپستر به کار برده شد (۱۲) و در ادامه توسط شیفر در سال ۱۹۷۶ ساختار ریاضی آن را تشریح کرد (۴۲). بر این اساس تئوری دمپستر- شیفر با اندکی تغییر و ترکیب این دو تئوری از سوی محققین (۴، ۴۳،۸) معرفی گردید. از این تئوری در تحلیل خطر زمین لغزش استفاده می‌شود که ساختار آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۱)

$$m: 2^{\theta} = \{\emptyset, T_p, \overline{Tp}, \theta\}$$

$$\theta = \{T_p, \overline{Tp}\}$$

T_p به معنای وضعیت هدف که در اینجا مربوط به ویژگی‌های مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش است و $\overline{Tp}$ مربوط به عواملی است که روی ایجاد زمین‌لغزش تأثیری ندارند. بخش اساسی کاربرد تئوری دمپستر- شیفر در تحلیل خطر زمین‌لغزش، تعریف توابعی است که به ارتباط کمّی بین زمین‌لغزش‌های رخداده و ورودی اطلاعاتی- که در وقوع آنها مؤثرند- می‌پردازد. در واقع، موضوع اصلی این تحلیل جداسازی بخش‌های پرخطر منطقه در بروز لغزش‌های احتمالی در آینده، با مناطقی است که کم‌ترین احتمال وقوع لغزش را داراست (۸).

به منظور تأمین اطلاعات مفید در آنالیز حساسیت زمین‌لغزش، باید اطلاعات مفید از ویژگی‌های مختلف بین مناطق پرخطر در ایجاد زمین‌لغزش و کم خطر فراهم شود. زمانی که توابع توزیع فراوانی از دو منطقه پر خطر و فاقد خطر مورد تفکیک قرار گرفت، نسبت بین این دو تابع می‌تواند محدوده خطر زمین‌لغزش تعیین گردد (۳۴). اگر فرض شود L چندین لایه متعدد از داده‌های مکانی موجود در منطقه است که حساس به زمین‌لغزش است. هر لایه‌ای از داده‌های مکانی به صورت: E_i(i= 1, 2, ….., l) برای تابع هدف T_p در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب E_{ij} به دست می‌آید که در آن j ویژگی کلاس یا طبقه‌ای از E_i بوده است و دارای توابع توزیع فراوانی از موقعیت‌ها یا ویژگی‌های مثبت و منفی در بروز لغزش‌هاست. برای وزن یا نمره مثبت با لامت $\lambda - (T_p)_{Eij}$ نشان داده می‌شود که فرمول آن به صورت زیر تعریف می شود:

1- Dempster-Shafer

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]

رابطه (۲)
$$ {}^{a}(Tp)_{Eij} = \frac{\frac{N(L \cap E_{ij})}{N(L)}}{\frac{N(Ei_j) - N(L \cap E_{ij})}{N(A) - N(L)}} $$

که در اینجا $N(L \cap E_{ij})$ تعداد لغزش در هر طبقه، $N(L)$: تعداد کل لغزش منطقه، $N(E_{ij})$: تعداد پیکسل‌های فاقد لغزش در هر طبقه، $N(A)$: تعداد کل پیکسل‌های فاقد لغزش منطقه است. برای وزن یا نمره منفی به صورت $\lambda = (\overline{T_p})_{Eij}$ نشان داده می‌شود که فرمول آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۳)
$$ {}^{a}(\overline{Tp})_{Eij} = \frac{\frac{N(L) - N(L \cap E_{ij})}{N(L)}}{\frac{N(A) - N(L) - N(E_{ij}) + N(L \cap E_{ij})}{N(A) - N(L)}} $$

به طور کلی مقدار وزن به دست آمده از روابط یک و دو در محدوه صفر تا بی‌نهایت می‌باشد. از این رو یک مرحله دیگری نیازمند است تا محدودهٔ مورد نظر استاندارد سازی گردد که به صورت روابط زیر انجام می‌شود:

رابطه (۴)
$$ m(Tp)_{Eij} = \frac{{}^{a}(T_p)_{Eij}}{\sum_i {}^{a}(T_p)_{Eij}} $$

رابطه (۵)
$$ m(\overline{T}_p)_{Eij} = \frac{{}^{a}(\overline{T}_p)_{Eij}}{\sum_i {}^{a}(\overline{T}_p)_{Eij}} $$

رابطه (۶)
$$ m(\overline{\ })_{Eij} = 1 - m(T_p)_{Eij} - m(\overline{T}_p)_{Eij} $$

بر اساس روابط فوق تمامی کلاسه‌های هر عامل وزن‌دهی می‌شود (۳۱). در محیط GIS این وزن‌ها به نقشه اضافه و نقشه وزنی هر فاکتور به دست می‌آید. لازم به ذکر است با توجه به معادلات بالا مقدار وزن‌ها بین صفر و یک قرار می گیرد. در مرحله بعد نقشه‌های وزنی با هم جمع شده و نقشه نهایی به دست می‌آید. در این نقشه وزن هر پیکسل از مجموع وزن‌های به دست آمده برای هر فاکتور در آن پیسکل محاسبه می‌شود. طبقه‌هایی که حساسیت بیش‌تری دارند در این مدل وزن کمتری به خود اختصاص می‌دهند. بر اساس نقاط شکست منحنی تجمعی، نقشه به چهار طبقه کم خطر، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد تقسیم می‌شود.

ارزیابی روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

به منظور ارزیابی تئوری دمپستر- شیفر در تحلیل خطر زمین‌لغزش از منحنی ROC[1] استفاده شده است. آنالیز منحنی ROC روشی برای تعیین دقت و کارایی مدل استفاده می‌شود (۴۸،۱۴،۴۵). این منحنی از کارآمدترین روش‌ها در ارائه خصوصیات تشخیصی، شناسایی احتمالات و پیش‌بینی سیستم‌هاست که میزان دقت مدل را به صورت کمی برآورد می‌کند (۴۵). سطح زیرمنحنی ROC (AUC)[2]، بیان‌گر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخداد (وقوع زمین‌لغزش) و عدم وقوع رخداد (عدم وقوع زمین‌لغزش) آن است. بنابراین مساحت زیر منحنی به صورت معیار دقت و صحت مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۷). در ارزیابی مدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، در روش فوق نمی‌توان از همان لغزش‌هایی استفاده نمود که در پهنه‌بندی استفاده شده‌اند (۱۹) از این رو از بین ۲۵۸ نقطه لغزشی، ۷۰ درصد از این تعداد برای مدل‌سازی و ۳۰ درصد مابقی نقاط برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت (۵۰،۳۶،۳۸). برای رسم ROC، قبل از کلاسه‌بندی نقشه وزن نهایی، نقاط لغزشی را که برای ارزیابی در نظر گرفته شده است روی نقشه انداخته می‌شود و وزنی که در هر نقطه لغزشی به دست آمده است یادداشت‌برداری کرده (کد ۱) و به همین تعداد نیز نقاطی به صورت تصادفی در مناطق دیگر انتخاب، و وزن آنها نیز یادداشت می‌شود (کد صفر). سپس وزن‌های به دست آمده وارد نرم‌افزار SPSSv.16.0 و بخش ROCCurve می‌گردد. نقاط لغزشی با کدهای گفته شده (متغیر حالت)[3] و وزن‌های به دست آمده از تئوری دمپستر- شیفر (متغیر آزمون)[4] وارد بخش مورد نظر می‌شود و در نهایت سطح زیر منحنی که نشان‌دهنده دقت مدل است، به دست می‌آید.

نتایج و بحث

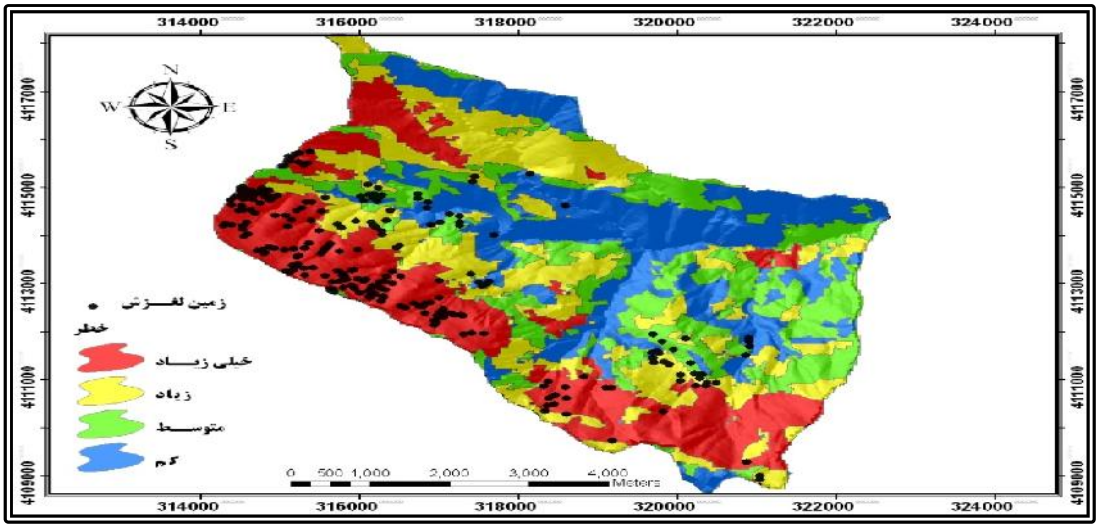
نتایج حاصل از تلفیق نقشه‌های عامل و پراکنش لغزش‌ها و محاسبه وزن هر طبقه در جدول ۱ ارائه شده است. در بین ۱۴ عامل موثر در وقوع زمین لغزش عوامل فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از آغل، بارندگی بیش‌تر ۸۴۸ میلی متر و بافت خاک شنی- لومی کم‌ترین وزن را به خود اختصاص دادند. در نهایت نقشه‌های وزنی با هم جمع و نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در چهار طبقه خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شد (شکل ۲ و ۳). در ارزیابی به روش ROC هرچه سطح زیر منحنی بیش‌تر باشد دقت مدل بیش‌تر است که میزان آن بین ۰/۵ تا ۱ متغیر است. به طور کلی تقسیم‌بندی ۰/۹-۱، عالی، ۰/۸-۰/۹، خیلی خوب، ۰/۸-۰/۷، خوب، ۰/۷-۰/۶، متوسط و ۰/۶-۰/۵، ضعیف را برای آن ارائه کرده‌اند. سطح زیر منحنی در این تحقیق برابر با ۰/۸۰۹ شد (جدول ۲). بدین معنا که حساسیت مدل وزن نشانگر ۸۰/۹٪ صحیح است. هم‌چنین درجه اهمیت مجانبی مدل ۰/۰۰۰ به دست آمده است که با توجه به این که این مقدار باید کم‌تر از ۰/۰۵ باشد نشان‌دهنده پیش‌بینی مناسب مدل در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌هاست.

1- Receiver Operating Characteristics
2- Area Under Curve
3- State Variable
4- Test Variable

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]

جدول ۱- وزن طبقات عوامل موثر در وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری دمپستر- شیفر (D-S)

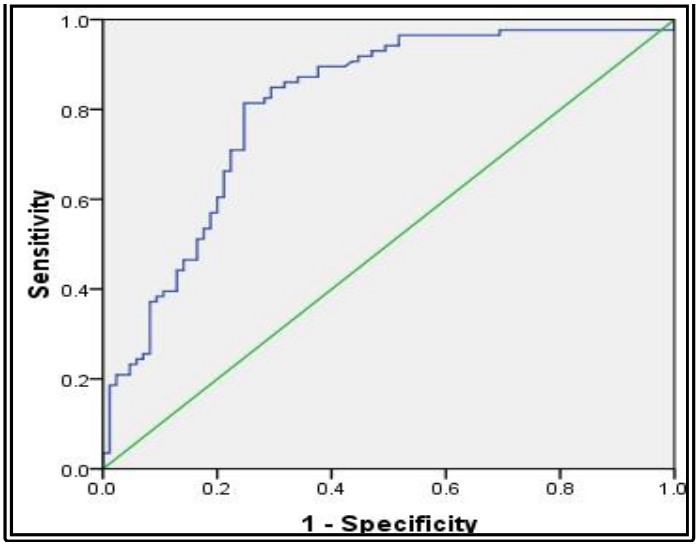
کلاس	زیر کلاس	پیکسل‌های لغزشی		D-S	کلاس	زیر کلاس	پیکسل‌های لغزشی		D-S
		درصد	مقدار				درصد	مقدار	
جهت شیب	N	۲۰/۳۵	۳۵	۰/۷۱	وضعیت مرتع	عالی	۱/۷۴	۳	۰/۷۲۹
	NE	۵۰	۸۶	۰/۶۲۲		خوب	۱/۷۴	۳	۰/۷۳۸
	NW	۴/۶۵	۸	۰/۸۰۴		متوسط	۵۲/۹۱	۹۱	۰/۵۵
	E	۱۲/۷۹	۲۲	۰/۷۲۵		فقیر	۳۶/۶۳	۶۳	۰/۵۲
	W	۱/۷۴	۳	۰/۹۱۱		خیلی فقیر	۶/۹۸	۱۲	۰/۴۵۹
	S	۴/۰۷	۷	۰/۸۲۸	فاصله از جاده (M)	<۱۰۰	۱۰/۴۷	۱۸	۰/۶۱۶
	SE	۲/۹۱	۵	۰/۸۲۴		۱۰۰ -۲۰۰	۱۰/۴۷	۱۸	۰/۵۹۸
	SW	۳/۴۹	۶	۰/۸۰۱		۲۰۰ -۳۰۰	۱۲/۲۱	۲۱	۰/۵۴۹
	F	۰	۰	۰/۹۹۳		۳۰۰ -۴۰۰	۷/۵۶	۱۳	۰/۶۳۱
CTI	۰ - ۴	۲۲/۶۷	۳۹	۰/۵۴۷		>۴۰۰	۵۹/۳	۱۰۲	۰/۶۰۴
	۴ - ۸	۲۷/۳۳	۴۷	۰/۵۱۴	فاصله از آغل (M)	<۵۰۰	۷۲/۶۷	۱۲۵	۰/۱۲۲
	۸ - ۱۲	۴۵/۹۳	۷۹	۰/۴۹۷		۵۰۰ -۱۵۰۰	۲۲/۶۷	۳۹	۰/۴۳۱
	>۱۲	۴/۰۷	۷	۰/۴۳۹		>۱۵۰۰	۴/۶۵	۸	۰/۴۴۵
فاصله از گسل (m)	<۱۰۰	۸/۷۲	۱۵	۰/۶۰۴	شیب (٪)	<۱۵	۰	۰	۰/۹۳
	۱۰۰ -۲۰۰	۷/۵۶	۱۳	۰/۶۴۷		۱۵ -۳۰	۹/۳	۱۶	۰/۴۷۹
	۲۰۰ -۳۰۰	۹/۳	۱۶	۰/۶۲۱		۳۰ -۵۰	۴۳/۰۲	۷۴	۰/۵۱۵
	۳۰۰ -۴۰۰	۱۵/۷	۲۷	۰/۵۱۶		۵۰ -۷۰	۳۱/۴	۵۴	۰/۵۸۳
	>۴۰۰	۵۸/۷۲	۱۰۱	۰/۶۰۵		>۷۰	۱۶/۲۸	۲۸	۰/۶۲۸
کاربری اراضی	فضای خالی جنگل	۱/۱۶	۲	۰/۹۸۸	بافت خاک	رس	۱۵/۱۱	۲۶	۰/۴۹۸
	جنگل	۹/۸۸	۱۷	۰/۹۰۱		لوم	۷۶/۷۴	۱۳۲	۰/۳۷۸
	مرتع	۵۴/۵۳	۱۱۱	۰/۳۵۴		شن	۰	۰	۰/۹۲۱
	سنگ	۱/۷۴	۳	۰/۹۸۲		شنی- لومی	۰/۵۸	۱	۰/۳۸۴
	مناطق جنگل کاری شده	۲۲/۶۷	۳۹	۰/۷۷۳	SPI	-<۴/۹۶	۳۳/۷۲	۵۸	۰/۴۸
سنگ شناسی	Jsc	۲۲/۶۷	۳۹	۰/۶۴		-۴/۹۶ _۱/۴۶	۴۶/۵۱	۸۰	۰/۴۴۸
	Js	۰/۵۸	۱	۰/۷۲۸		-۱/۴۶ -۲/۰۸	۱۴/۵۳	۲۵	۰/۴۶۸
	Kln	۷۰/۹۳	۱۲۲	۰/۴۷۳	فاصله از رودخانه (M)	<۱۰۰	۶۵/۱۲	۱۱۲	۰/۶۱۹
	P	۱۵/۷	۲۷	۰/۸۹۳		۱۰۰ -۲۰۰	۲۳/۸۴	۴۱	۰/۶۲۷
	Pzs	۲/۹۱	۵	۰/۷۵		۲۰۰ -۳۰۰	۸/۱۴	۱۴	۰/۵۷۲
	Qal	۰	۰	۰/۹۱		۳۰۰ -۴۰۰	۱/۷۴	۳	۰/۶۵۹
	T	۰	۰	۰/۹۱		>۴۰۰	۶۵/۱۲	۱۱۲	۰/۵۱۹
بارندگی (mm)	۴۸۸	۴/۶۵	۸	۰/۶۰۸	Jsc: شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا ی سازند شمشک، Js: شیل و ماسه سنگ سازند شمشک، Kln: سنگ آهک نازک تا متوسط لایه و سیلتستون، P: سنگ آهک متوسط تا ضخیم لایه سازند روته، Pzs: فیلیت- اسلیت- کنگلومرا، Qal: نهشته های رودخانه ای، T: کوارتزیت- شیلهای توفی و آهکی- سیلتستون				
	۶۶۸	۶۱/۶۳	۱۰۶	۰/۴۸۲					
	۸۴۸	۱/۷۴	۳	۰/۶۴۵					
	۹۰۸	۳۱/۴	۵۴	۰/۲۶۳					



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری دمپستر- شیفر.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]



شکل ۳- منحنی ROC و سطح زیر منحنی مربوط به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش.

جدول ۲- خروجی محاسبه منحنی ROC

فواصل اطمینان مجانبی ۹۵٪		b. درجه اهمیت مجانبی	a. انحراف معیار	مساحت زیر منحنی
حد بالایی	حد پایینی			
۰/۸۷۵	۰/۷۴۲	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	۰/۸۰۹

a: فرض غیر پارامتریک بودن داده‌ها
b: فرض صفر :صحت مساحت زیر منحنی=0.5

نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش دمپستر- شیفر (جدول ۱) نشان داد، عامل فاصله از آغل بیش‌ترین وزن را در بین عوامل زنده مؤثر به خود اختصاص داده است. این عامل به خوبی مؤید نقش تأثیرگذار دام چراکننده بر این حوزه است. چرای بیش از حد، خارج از فصل، زودتر از موعد و خروج دیر هنگام و هم‌چنین دام مازاد از عوامل مستقیم تأثیرگذار بر پوشش گیاهی است که در منطقه توانسته است، ضمن تضعیف درجات وضعیت مرتع، باعث بروز لغزش‌هایی نیز در بخش مرتعی حوزه آبخیز شود. مشاهدات و آنالیزها نشان‌دهنده این واقعیت است که در مناطق بحرانی (لغزشی و اطراف آغل دام) جامعه گیاهی بومی و چندساله جای خود را به گونه‌هایی یک ساله فورب و گراس که دارای ریشه‌های سطحی هستند، داده است. بنابراین به علت عدم ریشه دوانی عمیق و گسترده توسط گونه‌های چندساله، خاک حساس منطقه تحت تأثیر بارندگی و اقلیم منطقه به لغزش‌های کوتاه گرایش پیدا کرده است که این مهم در قسمت‌های مختلف مرتع مورد مطالعه به صورت لکه‌های کوچک و بزرگ قابل مشاهده است. یافته‌های تحقیق در تأئید نتایج حاصل از تحقیق در گزارشات (۴۱،۳۲،۲۱،۲۹،۱۸،۱) قرار دارد. از لحاظ ویژگی‌های بافت خاک مهم‌ترین عامل مؤثر در بروز لغزش‌ها مربوط به خاک با بافت لومی و لومی- شنی بوده است. این امر مربوط به اندازه خاکدانه‌ها است. زمانی که بارندگی رخ می‌دهد به علت بزرگ‌تر بودن بافت لومی- شنی و لومی نسبت به بافت رسی آب مابین فضای خالی خاکدانه‌ها قرار گرفته و آب بیش‌تری را جذب می‌کند (۲۳) که با افزایش بارهای اضافی مانند افزایش شیب و فشار مازاد ناشی از سم دام شرایط برای زمین لغزش فراهم می‌شود. اغلب زمین لغزش‌های منطقه در سازند شمشک به وقوع پیوسته است. این سازند متشکل از ماسه سنگ، سنگ سیلت[1]، شیل و رس سنگ بوده است (۱). علت اصلی حساس بودن سازند شمشک به وقوع زمین‌لغزش به دلیل ماهیت سنگ‌های تشکیل دهنده این سازند است که بسیار حساس است و با جذب آب حالت ارتجاعی پیدا می‌کند و باعث سرخوردن لایه‌های بالایی به صورت لغزش می‌گردد. تحقیقات (۳۶،۳۰) نیز به این مورد اشاره داشته است. در بین طبقات شیب، طبقه شیب ۱۵-۳۰ درصد فراوان‌ترین زمین لغزش‌ها را دارا بوده است و این درحالی بود که در شیب‌های کم (<۱۵٪) و خیلی زیاد (>۶۰٪) فراوانی لغزش‌ها حداقل بود. در شیب‌های کم معمولاً نیروهای مقاوم مانند اصطکاک خاک و دیگر مواد دامنه‌ای بیش‌تر از نیروهای محرک مانند نیروی ثقل است. در شیب‌های خیلی زیاد نیز توان خاکسازی و تجمع خاک به منظور ایجاد زمین لغزش

1- Siltstone

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]

فراهم نیست. شیب‌های متوسط (۱۵-۳۰٪) بیش‌ترین میزان زمین لغزش به دلیل ذوب سریع‌تر برف در مناطق بالاتر و نیز افزایش نیروی محرک در این طبقه شیب داشته است که با مطالعات (۹) مطابقت دارد. نتایج حاصل از بارش نشان داد بیش‌ترین مناطق حساس به خطر زمین‌لغزش در نقاطی بوده است که بیش‌ترین مقدار بارندگی را به خود اختصاص داده بود، به طوری که در بین وزن‌های به دست آمده از مدل دمپستر- شیفر بعد از عامل فاصله از آغل، بارندگی مهم‌ترین عامل در خطر لغزش‌ها را نشان داد. ارتباط تنگاتنگی بین وقوع زمین لغزش و میزان بارندگی وجود دارد (۲۴) به طوری که افزایش بارندگی سبب از بین بردن انسجام خاک (۴۴) اشباع خاک و کاهش نفوذپذیری شده است (۴۰). در نتیجه، نقاطی از منطقه مورد مطالعه که سطح خاک لخت، شدت دام‌گذاری بالا و میزان بارندگی نیز حداکثر بوده است زمین لغزش‌های متعددی به وقوع پیوسته است. هم‌چنین نتایج ارزیابی مدل دمپستر- شیفر نشان داد مدل مذکور دارای کارایی بالایی برای چنین مناطقی شناخته شده است که با نتایج (۳۴،۳۱،۳۰) مطابقت داشته و کاربرد آن در مناطقی که شرایط نسبتاً مشابهی با منطقه مورد مطالعه دارند، پیشنهاد می شود.

بنابراین مدیریت حوزه آبخیز با توجه به خطرات پیش رو در این منطقه باید برنامه کاهش دام و نیز تنظیم زمان ورود و خروج دام تا رسیدن به شرایط مناسب پوشش گیاهی و خاکی در مراتع مورد نظر را مد نظر قرار دهد. ایجاد قرق‌های موقت چندساله به منظور تقویت پوشش گیاهی به همراه استفاده از سازه‌های مکانیکی (نظیر خشکه‌چین و ...) در مناطقی که تحت خطر زمین‌لغزش است، می‌تواند گام‌های عملی برای تسریح حفاظت این حوزه آبخیز تلقی گردد.

منابع

1. Augustine, D.J. and S.J. McNaughton. 1998. Ungulate Effects on the Functional Species Composition of Plant Communities: Herbivore Selectivity and Plant Tolerance. Journal of Wildwife Management, 62: 1165-1183.
2. Aleotti, P. and R. Chowdhury. 1999. Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives. Bulltan Engineering Geology Environment, 58: 21-44.
3. Althuwaynee, O., B. Pradhan and S. Lee. 2012. Application of an Evidential Belief Function Model in Landslide Susceptibility Mapping, Computers & Geosciences, 44: 120-135.
4. An, P., W.M. Moon and G.F. Bonham-Carter. 1994. Uncertainty Management in Integration of Exploration Data Using the Belief Function. Nonrenewable Resources, 3: 60-71.
5. Bayati, M. 2006. The Slope of Determine Potential Susceptibility to Landslide Sin Mountainous Basins, Using Determine Special Agent, Human Sciences Modares Journal, 53: 29-55.
6. Bui, D.T., B. Pradhan, O. Lofman, I. Revhaug and O. Dick. 2012. Landslide Susceptibility Assessment in the HoaBinh Province of Vietnam: A Comparison of the Levenberg-Marquardt and Bayesian regularized neural networks, Geomorphology, 171-172: 12-29.
7. Cain, S. 1932. Concerning Certain Ecological Concepts. Ecological Monoger, 27: 475-508.
8. Carranza, E.J.M. and M. Hale. 2003. Evidential Belief Functions for Geologically Constrained Mapping of Gold Potential, Baguio District, Philippines. Ore Geology Reviews, 22: 117-132.
9. Choi, J., H. Oh, H. Lee, C. Lee and S. Lee. 2012. Combining Landslide Susceptibility Maps Obtained from Frequency Ratio, Logistic Regression, and Artificial Neural Network Models Using Aster Images and GIS, Engineering Geology, 124: 12-23.
10. Das, I., S. Sahoo, C. Van Westen, A. Stein and R. Hack. 2010. Landslide Susceptibility Assessment Using Logistic Regression and its Comparison with a rock Mass Classification System, along a Road Section in the Northern Himalayas (India), Geomorphology, 114: 627-637.
11. Daubenmire, R. 1968. Plant Communities: A textbook on Plant Synecology. Harper and RowNew York, 5: 209-266.
12. Dempster, A.P. 1967. Upper and Lower Probabilities Induced by a Multivalued Mapping. Annals of Mathematical Statistics, 28: 325-339.
13. Ebadifar, M. 2011. Weather Report and Climate Plan Watershed Studies Aimed at Flood Control and Erosion and Sediment Control.Design Company of Alborz, 177 pp.
14. Egan, J.P. 1975. Signal Detection Theory and ROC Analysis. New York, Academic Press Fu P and Rich P M 2000 the Solar Analyst Users Manual. WWW document, http://www.hemisoft.com/doc/sa_manual/solarext.htm.
15. Ghaderi, B. 2011. Watershed Studies Aimed at Curbing Economic Reports and Flood Control and Erosion and Sedimentation, Alborz Designers Company, 121 pp.
16. Gilan Regional Water Corporation, Office Based Studies of Water Resources, Bank Statistics and Information, 69 pp.
17. Goetz, J., R.H. Guthrie and A. Brenning. 2011. Integrating Physical and Empirical Landslide Susceptibility Models Using Generalized, Geomorphology, 129: 376-386.
18. Kulakowski, D. and T.T. Veblen. 2002. Influences of fire History and Topography on the Pattern of a Severe Wind Blowdown in a Colorado Subalpine Forest. Journal of Ecology, 90: 806-819.
19. Komac, M.A. 2006. Landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in per Alpine Sloveni. Geomorphology, 74: 17-28.
20. Heshmati, M., J. Shamshuddin, N.M. Majid and M. Ghaiturі. 2011. Factors Affecting Landslides Occurrence in Agro-Ecological Zones in the Merek Catchment, Iran, Journal of Arid Environments, 75: 1072-1082.
21. Hobbs, N.T. 1996. Modification of Ecosystems by Ungulates. Journal of Wildlife Management, 60: 695-713.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]

22. Jia, N., Y. Mitani, M. Xie and I. Djamaluddin. 2012. Shallow Landslide Hazard Assessment Using a Three-Dimensional Deterministic Model in a Mountainous Area, Computers and Geotechnics, 451-467.
23. Lee, S., J. Choi and I. Woo. 2004. The Effect of Spatial Resolution on the Accuracy of Landslide Susceptibility Mapping: a Case Study in Boun, Korea, Geosciences Journal. 8: 51-60.
24. Li, C., T. Ma, X. Zhu and W. Li. 2011. The Power-Law Relationship between Landslide Occurrence and Rainfall Level, Geomorphology, 130: 221-229.
25. Löve, D. 1970. Subarctic and Subalpine: Where and What? Arctic and Alpine Research, 2: 63-73.
26. Marjanovic, M., M. Kovacevic, B. Bajat and V. Vozenilek. 2011. Landslide Susceptibility Assessment Using SVM Machine Learning Algorithm, Engineering Geology, 123: 225-234.
27. Mathew, J., V. Jha and G. Rawat. 2007. Weights of Evidence Modeling for Landslide Hazard Zonation Mapping in part of Bhagirathi valley, Uttarakh and Current Science, 92: 628-638.
28. Mesdaghi, M. 2000. An Investigation of Species Richness and Life form under Three Levels of Range Utilization in Semi-Steppe of Northeast of Iran. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 7: 55-62.
29. Miller, E.A. and Ch.B. Halpern. 1998. Effects of Environment and Grazing Disturbance on Tree Establishment in Meadows of the Central Cascade Range, Oregon, USA. Journal of Vegetation Science, 9: 265-282.
30. Mohammadi, M., H. Moradi, S. Feiznia and H. Porghasemi. 2010. Comparison of the Efficiency of Certainty Factor, Information Value and AHP Models in Landslide Hazard Zonation (Case study: Part of Haraz Watershed), Iranian Journal of Natural Resources, 62: 539-551.
31. Moradi, H., M. Mohammadi, H.R. Pourghasemi and R. Mostafazadeh. 2011. Landslide hazard Analysis by Using Dempster-sShafer in Golestan province, Geoscience Research Journal, 3: 1-14.
32. Moore, B.A. and G. Allard.2011. Abiotic Disturbances and Their Influence on Forest Health: A Review. Forest Health andBiosecurity Working Paper, 57: 443-452.
33. Oh, H.J. and B. Pradhan. 2011. Application of a Neuro-Fuzzy Model to Landslide-Susceptibility Mapping for Shallow Landslides in a Tropical Hilly Area, Computers and Geosciences, 37: 1264-1276.
34. Park, N. 2011. Application of Dempster-Shafer Theory of Evidence to GIS-Based Landslide Susceptibility Analysis, Environment earth Science, 62: 367-376.
35. Pavel, M., J. Nelson and R. Fannin. 2011. An Analysis of Landslide Susceptibility Zonation Using a Subjective Geomorphic Mapping and Existing Landslides, Computers and Geosciences, 37: 554-566.
36. Pourghasemi, H.R., M. Mohammady and B. Pradhan. 2012. Landslide susceptibility mapping using Index of Entropy and Conditional Probability Models in GIS: Safarood Basin, Iran. Catena. 97: 71-84.
37. Pourghasemi, H. 2006. Landslide Hazard Assessment Using of Fuzzy Logic, M.Sc. thesis Watershed Management, natural resources faculty of Tarbiat Modares University, 92 pp.
38. Pradhan, B. and M.F. Buchroithner. 2010. Comparison and Validation of Landslide Susceptibility Maps Using an Artificial Neural Network Model for Three Test Areas in Malaysia. Environmental and Engineering Geoscience, 16:107-126.
39. Rundel, P.W., D.J. Parsons and D.T. Gordon. 1977. "Montane and Subalpine Vegetation of the Sierra Nevada and Cascade Ranges". In Barbour, M.G. Major, J. Terrestrial vegetation of California. New York, USA: Wiley, 61: 559-599.
40. Santoso, A., K. Phoon and S. Quek. 2011. Effects of Soil Spatial Variability on Rainfall-Induced Landslides, Computers and Structures, 89: 893-900.
41. Santoso, A., K. Phoon and S. Quek. 2011. Effects of Soil Spatial Variability on Rainfall-Induced Landslides, Computers and Structures, 89: 893-900.
42. Shafer, G. 1976. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, Princeton. 103 pp.
43. Shi, G. 1994. Evidential Reasoning for Geological Mapping with Multisource Spatial Data. M.Sc. Thesis, the University of Calgary, 161 pp.
44. Shuin, Y., N. Hotta, M. Suzuki and K. Ogawa. 2012. Estimating the Effects of Heavy Rainfall Conditions on Shallow Landslides Using a Distributed Landslide Conceptual Model, Physics and Chemistry of Earth, 49: 44-51.
45. Swets, J.A. 1988. Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems Science, 240: 1285-93.
46. Tangestani, M. 2009. A Comparative Study of Dempster-Shafer and Fuzzy Models for Landslide Susceptibility Mapping Using a GIS: An Experience from Zagros Mountains, SW Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 35: 66-73.
47. Varnes, D.J. 1984. Landslide Hazard Zonation: a Review of Principles and Practice. UNESCO, Paris. 55 pp.
48. Williams, C.J., S.S. Lee, R.A. Fisher and L.H. Dickerman. 1999. A Comparison of Statistical Methods for Prenatal Screening for Down syndrome. Applied Stochastic Models and Data Analysis, 15: 89-101.
49. Yalcin, A., S. Reis, A.C. Aydinoglu and T. Yomralioglu. 2011. A GIS-Based Comparative Study of Frequency Ratio, Analytical Hierarchy Process, Bivariate Statistics and Logistics Regression Methods for Landslide Susceptibility Mapping in Trabzon, NE Turkey, Catena, 85: 274-287.
50. Zare, M., H.R. Pourghasemi, M. Vafakhah andB. Pradhan. 2012. Landslide Susceptibility Mapping at Vaz Watershed (Iran) Using an Artificial Neural Network Model: a Comparison Between Multilayer Perceptron (MLP) and Radial Basic Function (RBF) Algorithms. Arabian Journal of Geosciences. http:// dx.doi.org/10.1007/s12517-012-0610-x. 15 pp.
51. Zare, M. and A.A. Nazari. 2011. Landslide Hazard Forecast by Using Quantities Methods, AHP and Combination Methods (Case Study: Vaz watershed), Journal of watershed Management Research, 2: 57-73.
52. Zare, M., H. Ahmadi and S.A. Gholami. 2010. Landslide Hazard Assessment by Using AHP and GIS, Natural Ecosystems of Iran, 1: 168-179 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]

An Evaluation of Landslide Hazard in Masooleh Watershed using Dempster-Shafer Theory and GIS

Mohammad Zare[1], Mohammad Hassan Jouri[2], Diana Askarizadeh[3], Tina Salarian[4] and Mona Fakhre Ghazi[4]

1- Ph.D. Student, University of Tehran (Corresponding Author: Mohammad_zare64@yahoo.com)
2 and 4- Assistant Professor and M.Sc., Islamic Azad University, Nour Branch
3- M.Sc., Gorgran University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: March 13, 2013 Accepted: January 18, 2014

Abstract

Watersheds are changed positively or negatively as biotic and abiotic factors in natural circumstances impact them. Landslides, as a physical factor, one of the negative consequences on these catchments. Masoleh watershed, in North of Iran, is one of the susceptible areas to explode the natural landslides. In other to landslide hazard zonation, the Dempster-Shafer model is which is used has 14 effective factors including, geology, slope, slope aspect, altitude, distance from faults, distance from road, distance from stream, distance from the fold, Stream Power Index, Compound Topographic Index, Rangeland condition, soil texture, rainfall and land use. Results showed that geology formation and distance from the fold factors have a consequential role to construct the lands life hazard in this area. Overgrazing, grazing in forth off-season, early grazing, late term departure of animal from rangeland and surplus livestock are considered as direct affecting factors on vegetation condition have simultaneous role to make the landslide hazard. From the other point of view, results showed that there was a close relationship between landslides and rainfall. So that parts of the study area which have the bare ground, high stocking rates, maximum rainfall; numerous landslides have occurred. Evaluation result of Dempster-Shafer model using ROC method has a superior accurate to evaluate the landslide risk in the study area. Therefore, regarding the affecting factors of the landslide hazard and knowing that status in each region, as an influence tool, has important role to exhaustive management of the watershed.

Keywords: Dempster-Shafer theory, Guillan, Landslide, Masouleh, Subalpine ecosystem

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.217]