فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱، شماره پیاپی ۱۰۶

فریبا کرمی، دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا دانشگاه تبریز

F. Karami

E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir

شماره مقاله: ۸۶۵

شماره صفحه پیاپی ۱۸۲۷۱-۱۸۲۷۲

ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش در حوضه‌های کوهستانی نیمه خشک، با استفاده از روش‌های آماری و مدل وزنی شاهد (مطالعه موردی: حوضه زهکشی سعیدآباد چای – شمال‌غرب ایران)

چکیده

هدف این پژوهش، ارزیابی و ترسیم نقشه حساسیت زمین‌لغزش در یکی از حوضه‌های کوهستانی مناطق نیمه خشک شمال‌غرب کشور؛ یعنی حوضه زهکشی سعیدآباد چای در دامنه شمالی توده آتشفشانی سهند است. برای این منظور، از روش آماری دو متغیره (BSA)، مدل وزنی شاهد (WEO)، سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزارArc/View استفاده شد. نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد که در کل، از بین عوامل علتی مورد نظر، عامل شیب با ۳/۹۶۵ =∑fW ، کاربری اراضی ۰/۷۵۹ =∑fW ، فاصله از جاده ۱/۴۹۸ =∑fW ، سنگ‌شناسی ۰/۴۲۴ =∑fW ، بارش۰/۳۸۸ =∑fW و فاصله از روستا ۰/۱۶۱ =∑fW با وقوع زمین-لغزش‌ها همبستگی مثبت دارند و عوامل فاصله از گسل و فاصله از آبراهه به ترتیب با وزن-های ۰/۰۰۶-=∑fW و ۰/۳۲۵-=∑fW دارای رابطه معکوس با ناپایداری دامنه‌های حوضه مورد مطالعه هستند. براساس مدل وزنی شاهد، ۴۳/۱۱۶ درصد مساحت حوضه زهکشی سعیدآباد چای از نظر حساسیت به زمین‌لغزش در پهنه‌های متوسط تا بسیار زیاد قرار دارد. شاخص (Li) مناسب بودن مدل برازش داده را نشان می‌دهد. برمبنای این شاخص، در حدود ۹۲ درصد زمین‌لغزش‌ها در محدوده‌های با حساسیت متوسط تا خیلی زیاد اتفاق افتاده‌اند.

واژه‌های کلیدی: زمین‌لغزش، ارزیابی حساسیت، سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش‌های آماری، مدل وزنی شاهد، حوضه زهکشی سعیدآباد چای، شمال کوهستان سهند.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

مقدمه

زمین‌لغزش‌ها فرآیندهای طبیعی زمین‌شناسی هستند که ناهمواری‌های سطح زمین را متحول کرده ، دوباره شکل می‌دهند (Gorsevski et al., ۲۰۰۶: ۱۷۹). طبق نظر وارنز (۱۹۸۴)، خطر زمین‌لغزش در یک منطقه خاص می‌تواند بر حسب احتمال وقوع یک زمین-لغزش بالقوه خطرناک زمانی مشخص ارزیابی شود. متغیرهای اصلی و اتفاقی[۱] در بروز خطر زمین‌لغزش نقش دارند. متغیرهای اصلی شامل زمین‌شناسی سنگ بستر، شرایط خاک (نوع و عمق خاک)، ارتفاع، توپوگرافی (شیب، جهت و انحنای شیب)، کاربری زمین و شبکه‌های زهکشی، تعیین کننده خطر هستند. متغیرهای اتفاقی نیز بارش‌های شدید، زمین لرزه و فعالیت‌های آتشفشانی هستند (Dahal et al., ۲۰۰۸: ۴۹۶). امروزه انسان با تغییر کاربری اراضی و گسترش شبکه‌های ارتباطی، حساسیت وقوع زمین‌لغزش‌ها را در سطح کره زمین، بویژه در نواحی کوهستانی تشدید کرده است (Gorsevski et al., ۲۰۰۶: ۱۷۹). با بروز زمین‌لغزش‌ها هزینه‌ها و خسارت‌های زیادی به بار می‌آید؛ به طوری‌که در ایالات متحده آمریکا سالانه به طور متوسط ۱/۵ میلیارد دلار، در ژاپن ۲ میلیارد دلار و در ایتالیا ۲/۶ میلیارد دلار برای این پدیده هزینه می‌شود (Blöchl and Braun,۲۰۰۵: ۳۹۰). در قرن بیستم، قاره آسیا بیشترین حادثه وقوع زمین‌لغزش (۲۲۰ مورد گزارش شده) را به خود اختصاص داده است. قاره آمریکا بیشترین تعداد کشته و مجروحان را داشته (بیش از ۲۵۰۰۰ نفر) و اروپا بالاترین میزان خسارت را تجربه کرده است (CRED,۲۰۰۸).

ارزیابی خطر، اولین مرحله از مدیریت و کاهش خطر است. ارزیابی خطر زمین‌لغزش[۲] احتمال وقوع زمین‌لغزش‌ها را در یک مکان با یک دوره برگشت برآورد می‌کند (Van Westen et al., ۲۰۰۶: ۱۶۸). در ارزیابی خطر زمین‌لغزش[۳] به لحاظ اهمیت بعد زمان، اطلاع از زمین‌لغزش‌های قدیمی مهم هستند. از آنجایی که دستیابی به فراوانی تعداد دقیق زمین

۱- Extrinsic

۲- Landslide Hazard Assessment (LHA)

۳- در خطر زمین‌لغزش مفاهیم موقعیت مکانی زمان برگشت و بزرگی عناصر کلیدی در پیش بینی وقوع زمین‌لغزش هستند (Zezere et al., ۲۰۰۸ :۴۶۸).

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

لغزش‌ها به علت عدم ثبت تمامی زمین‌لغزش‌های قدیمی امکان‌پذیر نیست، بنابراین، دانشمندان به ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش[۴] که ارزیابی نسبی خطر بوده ، به بعد زمانی زمین-لغزش اشاره‌ای ندارد، می‌پردازند (Thiery et al., ۲۰۰۷ : ۳۹ ; Soriso Valvo, ۲۰۰۲: ۸۰). عنصر مکانی خطر زمین‌لغزش (حساسیت) با فرض اینکه زمین‌لغزش‌های آینده، تحت همان شرایط و عواملی که زمین‌لغزش‌های کنونی و گذشته به وجود آمده‌اند، ایجاد خواهند شد، به ارزیابی خطر می‌پردازد (Carrara et al., ۱۹۹۹ :۱۱۸ ; Zezere et al., ۲۰۰۸ :۴۶۸).

نقشه‌های حساسیت زمین‌لغزش می‌توانند از طریق تفسیر مستقیم بر روی زمین و روش‌های کیفی تهیه شوند. روش‌های کیفی به اظهارنظر کارشناسی و تخصصی بستگی دارند. معمول‌ترین نوع روش کیفی، استفاده از ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی زمین‌لغزش‌های موجود در شناسایی نواحی مستعد وقوع گسیختگی است (Ayalew and Yamagishi,۲۰۰۵ :۱۶). دیدگاه‌های غیر مستقیم نیز براساس الگاریتم‌های آماری، نقشه‌های حساسیت زمین‌لغزش را ترسیم می‌کنند (Thiery et al., ۲۰۰۷ : ۳۹).

تحلیل‌های آماری از روش‌های غیرمستقیم و کمّی در ترسیم نقشه حساسیت زمین‌لغزش‌ها هستند و تحلیل آماری دو متغیره[۵]، نقشه زمین‌لغزش‌های موجود را با نقشه عوامل موثر، بر حسب درجه مطابقت کلاس‌ها با نقش آنها در ایجاد زمین‌لغزش‌ها مقایسه می‌کند(Ayalew and Yamagishi,۲۰۰۵ :۱۷). در دهه گذشته سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور، تهیه و ترسیم نقشه‌های حساسیت زمین‌لغزش را تسهیل کرده‌اند (Nefeslioglu et al., ۲۰۰۸ : ۴۰۲).

هدف این مطالعه، ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، روش آماری دومتغیره(BSA) و مدل وزنی شاهد (WOE)[۶] است. برای مدل سازی حساسیت زمین‌لغزش، این روش برای هر لایه عاملی براساس وجود یا فقدان زمین‌لغزش در منطقه وزن محاسبه می‌کند (Dahal et al., ۲۰۰۸ :۴۹۹). مدل وزنی

۴- Landslide Susceptibility Assessment (LSA)

۵- Bivariate Statistical Analysis (BSA)

۶- Weight – Of- Evidence (WOE)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

شاهد در ترسیم نقشه حساسیت زمین‌لغزش در نواحی مختلف جهان به وسیله دانشمندان متعدد مانند Sharma and Kumar (۲۰۰۸) (۲۰۰۲) Lee et al , (۲۰۰۴) Lee and Choi, Neuhauser and Tehorst, (۲۰۰۷) استفاده شده است.

در نواحی مختلف کشور ایران، مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش صورت گرفته است. برای مثال، غفوری و آشوری (۱۳۷۶: ۹۰-۱۰۱) به بررسی خطر زمین‌لغزش در شمال خراسان پرداخته‌اند. شادفر و همکاران (۱۳۸۴: ۱-۱۰) خطر زمین‌لغزش را در حوضه لاکتراشان تنکابن با استفاده از مدل LNRE پهنه‌بندی کردند. پورقاسمی و همکاران (۱۳۸۶: ۱-۹) نقشه خطر احتمالی زمین‌لغزش را با استفاده از مدل نسبت فراوانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز صفارود (غرب استان مازندران) تهیه کردند. مقیمی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از مدل LIM عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های دامنه‌های شمالی آلاداغ را ارزیابی کردند.

در توده آتشفشانی سهند با توجه به مطالعات بنیادی ارزشمندی، مانند خیام (۱۳۶۹) و رضایی مقدم (۱۳۷۰) که در زمینه تحول ژئومورفولوژی کوهستان سهند و حوضه زهکشی سعیدآباد چای انجام شده، خطر زمین‌لغزش و حرکات توده‌ای نیز در اغلب دره‌های آن بررسی شده‌اند. برای مثال، کرمی و همکاران (۱۳۸۵: ۱۲۵-۱۴۵) در بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیک کوهستان سهند، خطر زمین‌لغزش را در حوضه لیقوان چای پهنه‌بندی نمودند.

این مطالعه به ارزیابی و ترسیم نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه زهکشی سعیدآباد چای در شمال توده آتشفشانی سهند می‌پردازد. این حوضه به علت دارا بودن موقعیت مکانی، وضعیت توپوگرافی و ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی ، وقوع انواع زمین‌لغزش‌ها را تجربه کرده است. علاوه بر اینکه حوضه زهکشی سعیدآباد چای در مسیر بزرگراه تبریز – تهران قرار دارد، از مناطق ییلاقی شمال کوهستان سهند است و با کلانشهر تبریز فاصله چندانی ندارد. از این رو، بازدید گردشگران از این منطقه علاوه بر گسترش رفت و آمدها،

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

موجب ساخت و توسعه شبکه‌های ارتباطی جدید و احداث خانه‌های دوم[۷] در آن نیز شده است. ساخت خانه‌های دوم به حدی در این حوضه رونق یافته است که بسیاری ازساکنان محلی که به شهرهای اطراف مهاجرت کرده‌اند، با تعمیر خانه‌های خود مدتی را به صورت فصلی یا هفتگی در روستاهای این منطقه سپری می‌کنند. بنابراین، با افزایش فعالیت‌های انسانی که با تغییر الگوهای کاربری زمین همراه است و تأثیر عوامل طبیعی در بروز ناپایداری‌ها، لزوم ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش در این حوضه ضروری به نظر می‌رسد.

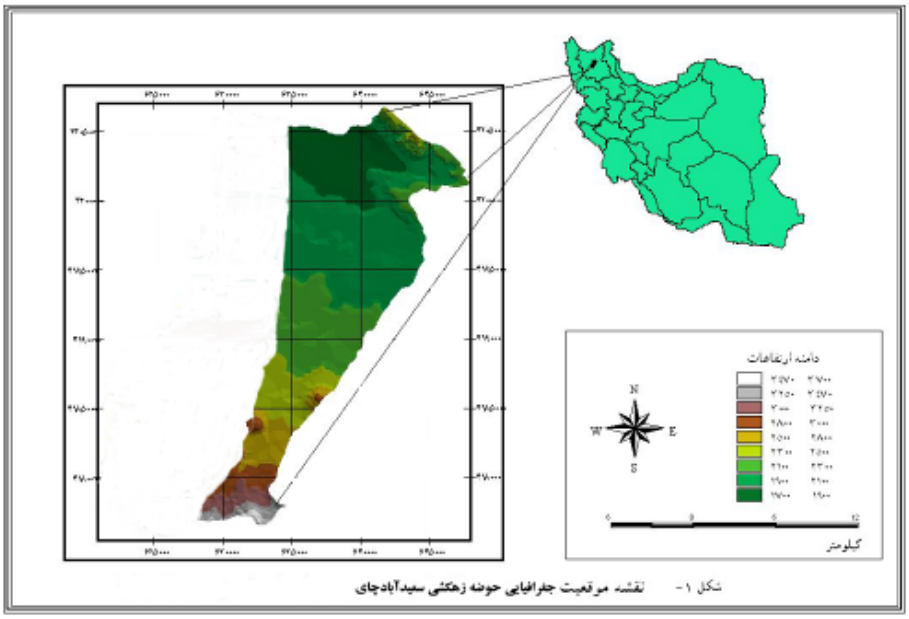
موقعیت جغرافیایی حوضه سعیدآباد چای

حوضه سعیدآباد چای با مختصات جغرافیایی ″ ۴۷ ′۴۰ °۴۶ – ″ ۵۸ ′۲۸ °۴۶ طول شرقی و ″ ۲۹ ′۱ °۳۸ - ″ ۳ ′۴۷ °۳۷ عرض شمالی، در دامنه شمالی کوهستان سهند واقع شده است (شکل۱). حداکثر ارتفاع حوضه در کوهستان جنوب در کوه قوچ‌گلی‌داغ ۳۶۹۵ متر است. از قله های منفرد این واحد کوهستانی می‌توان بیوک‌داغ (۲۹۸۵ متر) و متال‌داغ (۳۰۲۴ متر) را نام برد. این واحد کوهستانی از گدازه‌های داسیتی، ریوداسیتی و برش‌های آندزیتی به سن میوپلیوسن تشکیل شده است. سنگ‌های داسیتی در مخروط‌های منفرد، مانند متال‌داغی برونزد دارند و گدازه‌های بیوک‌داغ نیز از نوع آندزیتی هستند. رودهای هزارچای و متنق‌چای از ارتفاعات این واحد کوهستانی سرچشمه می‌گیرند، در روستای متنق به هم‌پیوسته و با نام سعیدآبادچای به سمت شمال جاری می‌شوند. واحد کوهستانی شمال‌شرقی با ارتفاع ۲۶۵۲ متر به نام تک‌آلتی‌داغ، به صورت ستیغی از شمال‌غرب به جنوب‌شرقی کشیده شده است(شکل۲). ناهمواری تک‌آلتی‌داغ و کوه کندول از سنگ‌های رسوبی شامل شیل‌های آهکی متعلق به کرتاسه فوقانی تشکیل شده که در بین لایه‌های ضخیم شیل‌های آهکی و لایه‌های نازک ماسه‌سنگی قراردارند. همچنین، سنگ‌های دیوریتی و مونزونیتی اولیگوسن در وسعتی اندک در واحد کوهستانی شمال‌شرقی دیده می‌شوند.

۱- خانه‌های دوم (Second House) مساکنی هستند که به طور موقت و در مدتی از سال برای مقاصد تفریحی و فراغتی استفاده می‌شوند (رضوانی و صفایی، ۱۳۸۴: ۱۱۰).

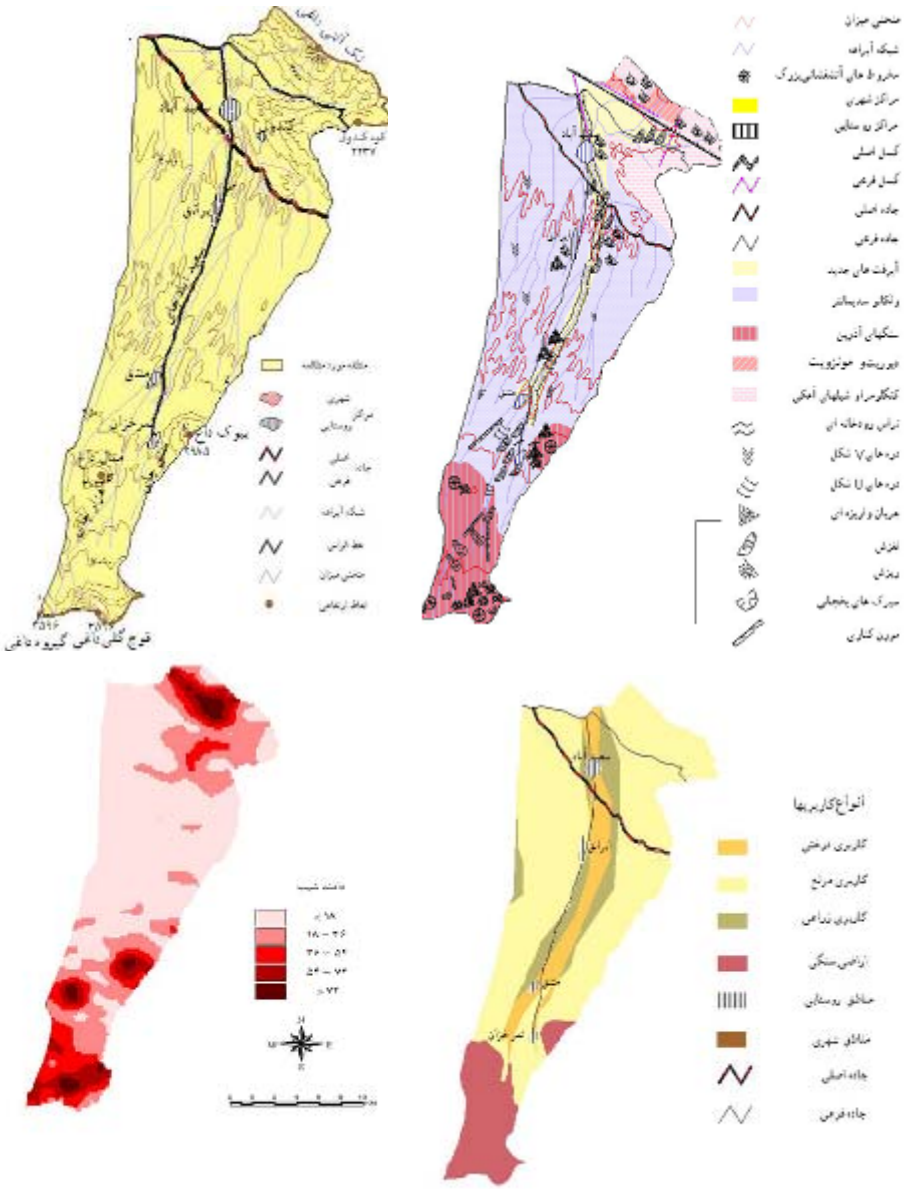
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

کندول‌چای از ارتفاعات شمال شرقی سرچشمه گرفته و به سعیدآبادچای می‌ریزد. واحد فلات مابین کوهستان جنوب و دشت سعیدآباد، زمین‌های هموار و وسیعی را شامل می‌شود که به شعاع ده‌ها کیلومتر از توده های آذرآواری و ولکانوسدیمانترها تشکیل شده است (رضایی مقدم، ۱۳۷۰).



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه زهکشی سعیدآبادچای

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



شکل۲- تعدادی از نقشه‌های موضوعی سعیدآباد چای مورد استفاده برای ارزیابی حساسیت زمین-لغزش

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

مواد و روش‌ها

مرحله اصلی در ترسیم نقشه حساسیت زمین‌لغزش، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و ایجاد بانک اطلاعاتی براساس داده‌های موضوعی است. برای تهیه داده‌های موضوعی از نقشه‌های توپوگرافی منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی مکرر برای تطبیق داده‌ها با واقعیات زمینی استفاده شد (جدول۱).

نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های حوضه سعیدآباد چای با استفاده از نقشه ژئومورفولوژی (رضایی مقدم، ۱۳۷۰) و زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی مکرر در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۵ ترسیم شد.در بازدیدهای میدانی، زمین‌لغزش‌های قابل دسترس در حوضه مورد مطالعه برداشت و با نقشه ژئومورفولوژی موجود و عکس‌های هوایی مطابقت داده شدند.

جدول۱- داده‌های موضوعی مورد استفاده و منابع تهیه آنها در این مطالعه

موضوعات	نقشه	منابع تهیه
زمین‌لغزش‌های موجود	نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها	نقشه ژئومورفولوژی (۱۰۰۰۰۰: ۱)- عکس هوایی (۲۰۰۰۰: ۱) - بازدیدهای میدانی
توپوگرافی	نقشه شیب و مدل رقومی ارتفاع	نقشه توپوگرافی (۵۰۰۰۰: ۱)
زمین‌شناسی	نقشه واحدهای لیتولوژی و نقشه گسل	نقشه زمین‌شناسی(۱۰۰۰۰۰: ۱) - عکس هوایی (۲۰۰۰۰: ۱)- بازدیدهای میدانی
هیدرولوژی	نقشه فاصله از آبراهه‌ها	نقشه توپوگرافی (۵۰۰۰۰: ۱)
اقلیمی	نقشه منحنی‌های همباران	بارش سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک و هواشناسی منطقه
کاربری زمین	نقشه کاربری	نقشه کاربری اراضی- نقشه توپوگرافی (۵۰۰۰۰: ۱) - بازدیدهای میدانی
انسانی	نقشه فاصله از جاده نقشه فاصله از روستا	نقشه توپوگرافی (۵۰۰۰۰: ۱) - بازدیدهای میدانی

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

در این مطالعه هشت لایه داده‌های موضوعی، شامل: واحدهای لیتولوژی، کاربری زمین، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از روستا و فاصله از جاده تهیه و نقشه‌های موضوعی در محیط GIS به فرمت رستری با اندازه سلولی ۲۵×۲۵ متر تبدیل شدند.

ترسیم نقشه حساسیت زمین‌لغزش براساس مدل وزنی شاهد

این روش برای مدل سازی حساسیت زمین‌لغزش در یک منطقه، برای هر عامل علتی[۸] در صورت وجود یا عدم زمین‌لغزش در محل، وزنی را محاسبه می‌کند. تعیین وزن برای هر عامل از طریق ترکیب هر کدام از لایه‌های عاملی با نقشه پراکنش زمین‌لغزش و با استفاده از روش آماری دومتغیره انجام می‌شود. سپس برای هر عامل با استفاده از معادله (۱) وزن محاسبه می‌شود. در این مدل، مقادیر وزنی معمولاً دامنه‌ای بین اعداد مثبت و منفی دارند که بیانگر نقش بیشتر و کمتر متغیر در ایجاد زمین‌لغزش است.

(معادله ۱)

$$wi^{+} = loge \frac{\frac{Npix_1}{Npix_1 + Npix_2}}{\frac{Npix_3}{Npix_3 + Npix_4}} \qquad wi^{-} = loge \frac{\frac{Npix_2}{Npix_1 + Npix_2}}{\frac{Npix_4}{Npix_3 + Npix_4}}$$

$Npix_1$ تعداد پیکسل‌های عامل بالقوه علتی زمین‌لغزش و زمین‌لغزش

$Npix_2$ وجود زمین‌لغزش‌ها و عدم عامل بالقوه علتی زمین‌لغزش

$Npix_3$ وجود عامل بالقوه علتی زمین‌لغزش و عدم زمین‌لغزش

$Npix_4$ عدم عامل بالقوه علتی زمین‌لغزش و زمین‌لغزش

وزن مثبت (Wi^+) نشان می‌دهد که عامل علتی در محل زمین‌لغزش وجود دارد و بزرگی این وزن، همبستگی بین آن عامل و وقوع زمین‌لغزش را بیان می‌کند، اما وزن منفی(Wi^-) بیانگر عدم عامل مورد نظر در محل بروز زمین‌لغزش بوده ، سطح منفی همبستگی را نشان

۸- Causative Factor

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

می‌دهد. اختلاف بین دو وزن مثبت و منفی (W_f)،بزرگی ارتباط مکانی عامل علتی و زمین-لغزش را نشان می‌دهد. معادله(۲)

$$wf = (wi^{+} - wi^{-})$$

برای به دست آوردن وزن نهایی هر عامل، وزن‌های مثبت و منفی کلاس‌های متعدد هر عامل با هم جمع می‌شوند. اگر وزن عاملی مثبت باشد، در وقوع زمین‌لغزش نقش دارد و در صورتی که وزن عامل منفی باشد، بیانگر عدم اثر عامل در بروز زمین‌لغزش است. برخی از عوامل هم تأثیر ناچیزی در وقوع زمین‌لغزش دارند و وزن آنها صفر یا نزدیک به صفر است. با وارد کردن وزن ها در محیط GIS بر روی نقشه‌های موضوعی، نقشه‌های موضوعی وزنی به دست می‌آیند. از جمع این نقشه‌ها، شاخص نقشه حساسیت زمین‌لغزش[۹] محاسبه می-شود(معادله ۳).

$$LSI= W_f Slpoe + W_f Rain+ W_f Lito+ W_f Land+ W_f D\text{-}Road+ W_f D\text{-}Channel + W_f D\text{-}Rural+ W_f D\text{-}Fault$$

نقشه وزنی نهایی که از جمع جبری نقشه‌های موضوعی وزنی به دست آمده، با توجه به دامنه تغییرات وزن پیکسل‌ها در منحنی هیستوگرام، در پنج طبقه تقسیم و نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در حوضه سعیدآباد چای در پهنه‌های با حساسیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم حساسیت و بسیارکم حساسیت ترسیم شد.

برای اطمینان از صحت نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش از شاخص(Li) استفاده شد. این شاخص برای ارزیابی دقت نقشه پهنه‌بندی براساس پراکنش زمین‌لغزش‌های اتفاق افتاده در هر پهنه خطر محاسبه شد. معادله (۳)

$$Ll = \frac{Ai / S1}{\sum_{i}^{n} Ai / Si}$$

Li نواحی متأثر شده از زمین لغزش در هرکلاس خطر، Ai مساحت زمین‌لغزش در هر پهنه خطر، Si مساحت پهنه خطر و n تعداد طبقات مربوط به پهنه‌های خطر زمین‌لغزش است. صحت پهنه‌بندی وقتی تأیید می‌شود که میزان(Li) در پهنه‌های با حساسیت بسیار

۹- Landslide Suseptibility Index (LSI)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

زیاد و زیاد، بیشتر باشد. به عبارت دیگر، تراکم زمین‌لغزش‌ها در نواحی با حساسیت متوسط تا بسیار زیاد بیشتر باشد.

یافته‌های پژوهش

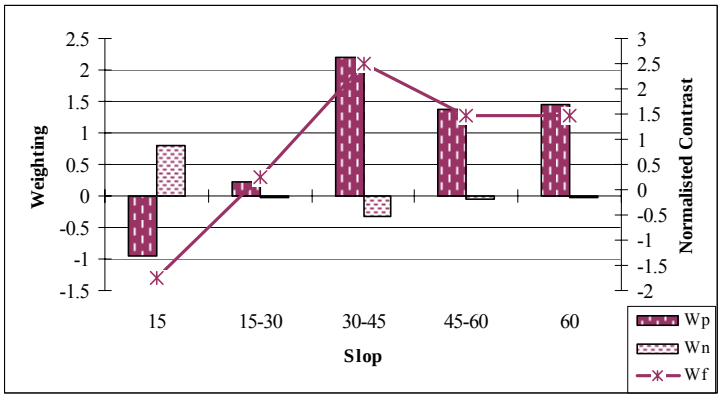
عامل شیب: نتایج محاسبه وزن W_f براساس مدل(WOE) برای کلاس‌های مختلف هر لایه موضوعی شیب در حوضه سعیدآباد چای، نشان می‌دهد که عامل شیب با ۳/۹۶۵ +$\sum W_f$= از عوامل علتی در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه است(جدول۲). در این لایه، کلاس‌های شیب ۴۵-۳۰ درجه با W_f=+۲/۵۱۳ دارای بیشترین وزن بوده ، کلاس‌های ۶۰-۴۵ درجه و ۶۰< به ترتیب با W_f=+۱/۴۶۴ و W_f=+۱/۴۸۱ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در این حوضه شیب‌های ۱۵> درجه رابطه منفی با وقوع زمین‌لغزش‌ها نشان می‌دهند و شیب‌های ۳۰-۱۵ درجه تأثیر چندانی در ایجاد ناپایداری ندارند (شکل۳).

عامل سنگ‌شناسی: در حوضه سعیدآباد چای به طور عمده پنج واحد سنگ‌شناسی وجود دارد.

جدول۲- وزن کلاس‌های لایه موضوعی شیب در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد وقوع	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
۱۵>	۱۶۰۱	۲۵/۸۴۳	۲۳۰۷۱۵	۶۶/۶۴۵	-۰/۹۴۷	+۰/۷۹۸	-۱/۷۴۵
۳۰-۱۵	۲۰۷۱	۳۳/۴۳	۹۲۹۹۳/۵	۲۶/۸۶۲	+۰/۲۱۸	-۰/۰۳۴	+۰/۲۵۲
۴۵-۳۰	۱۸۸۶	۳۰/۴۴۴	۱۳۶۳۶	۳/۹۳۹	+۲/۱۹	-۰/۳۲۳	+۲/۵۱۳
۶۰-۴۵	۴۸۵	۷/۸۲۸	۶۸۶۸	۱/۹۸۴	+۱/۳۷۳	-۰/۰۶۱	+۱/۴۶۴
۶۰<	۱۵۲	۲/۴۵۴	۱۹۷۳	۰/۵۶۹	+۱/۴۶۲	-۰/۰۱۹	+۱/۴۸۱
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	+۴/۲۹۶	+۰/۳۳۱	+۳/۹۶۵

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



شکل۳- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل شیب دروقوع زمین‌لغزش‌های سعیدآباد چای

مطابق جدول (۳)، شیل‌های آهکی که در حدود ۱۴ درصد زمین‌لغزش‌های حوضه در آن اتفاق افتاده است و در حدود ۳ درصد مساحت منطقه را در برگرفته، بیشترین وزن ۱/۵۶۱+= W_f را به خود اختصاص داده است. سنگ‌های این واحد متشکل از آهک مارنی، شیل‌های آهکی، آهک و آهک ماسه‌ای است که به کرتاسه مربوط می‌شوند. درصورتی که لایه‌های این سنگ‌های رسوبی درزدار- که حاوی مقدار زیاد کربنات کلسیم هستند- شیبدار باشند، مستعد وقوع لغزش‌های چرخشی خواهند بود. به علت خاصیت شیل‌ها در بخش‌هایی از کوه تک‌آلتی در شمال‌شرق حوضه، فرسایش مدادی حاکم است(رضایی مقدم،۱۳۷۰). سنگ‌های آذرین حوضه سعیدآباد چای- که اندکی از آنها مربوط به ائوسن هستند- شامل تراکی-آندزیت هستند. سنگ‌های داسیتی و آندزیتی داسیتی پلیوسن بخش عمده‌ای را در منطقه به خود اختصاص داده‌اند. از آنجایی که سنگ‌های آذرین، بویژه در بخش کوهستان جنوب بر اثر فرآیندهای هوازدگی به اشکال ماکروژلیو و میکروژلیو تخریب می‌شوند، انواع زمین-لغزش‌ها را در شیب‌های زیاد کوهستان به وجود می‌آورند؛ به طوری‌که در حدود ۳۲ درصد زمین‌لغزش‌ها در این واحد لیتولوژی دیده می‌شود (جدول۳). ازاین رو، سنگ‌های آذرین با W_f =+۰/۶۴۹ همبستگی مثبتی با وقوع زمین‌لغزش‌ها دارند. در حدود ۱۰درصد زمین-

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

لغزش‌های این حوضه در نهشته‌های کواترنری، شامل آبرفت‌های رودخانه‌ای، پادگانه‌های آبرفتی قدیم و جدید اتفاق افتاده‌اند. این واحد هم با W_f =+۰/۳۴۶ همبستگی مثبتی را نشان می‌دهد. از بین واحدهای سنگ‌شناسی در سعیدآباد چای، ولکانوسدیمانترها بیشترین مساحت را دارند و سنگ های نفوذی دیوریت و مونزونیت متعلق به اولیگوسن کمترین مساحت را در برگرفته‌اند. هر دو این واحدها رابطه معکوسی با بروز ناپایداری دامنه‌ها نشان می‌دهند (شکل ۴).

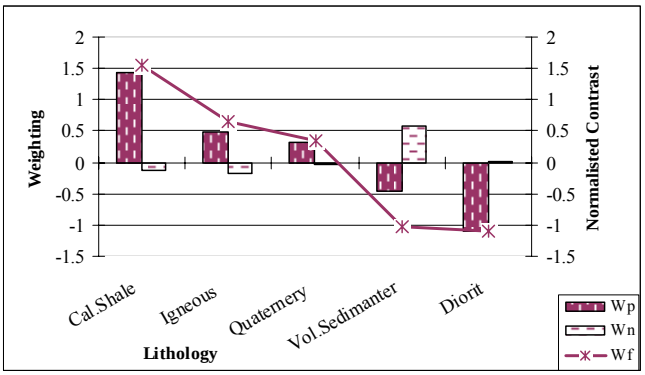
جدول۳- وزن کلاس‌های لایه موضوعی سنگ‌شناسی در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد وقوع	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
شیل‌های آهکی	۸۸۳	۱۴/۲۵۳	۱۱۶۷۰	۳/۳۷۱	+۱/۴۴۲	−۰/۱۱۹	+۱/۵۶۱
سنگ‌های آذرین	۱۹۷۱	۳۱/۸۱۶	۶۷۷۶۸	۱۹/۵۷۶	+۰/۴۸۵	−۰/۱۶۴	+۰/۶۴۹
نهشته‌های کواترنری	۶۲۳	۱۰/۰۵۶	۲۵۳۵۷	۷/۳۲۵	+۰/۳۱۷	−۰/۰۲۹	+۰/۳۴۶
ولکانوسدیمانتر	۲۶۸۳	۴۳/۳۰۹	۲۳۵۵۴۹/۵	۶۸/۰۴۱	−۰/۴۵۲	+ ۰/۵۷۵	−۱/۰۲۷
دیوریت مونزویت	۳۵	۰/۵۶۵	۵۸۴۱	۱/۶۸۷	−۱/۰۹۴	+۰/۰۱۱	−۱/۱۰۵
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	+۰/۶۹۸	+۰/۲۷۴	+/۴۲۴

عامل بارش: بارش‌های سالانه حوضه سعیدآباد چای برمبنای مدل (WOE) همبستگی مثبتی با وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه دارند (جدول۴). بزرگی همبستگی بارش‌های این حوضه که در ارتفاعات تا ۵۵۰ میلی‌متر نیز می‌رسد، با افزایش بارندگی بیشتر می‌شود؛ یعنی با افزایش میزان بارندگی در حوضه سعیدآباد چای، میزان بروز زمین‌لغزش‌ها افزایش می‌یابد. بیشترین وزن W_f =+۰/۶۹۶ در کلاس‌های مختلف لایه بارش در منطقه به بارش ۵۰۴-۴۶۶ میلی‌متر اختصاص دارد و با آنکه بارش‌های بیش از ۵۰۰ میلی‌متر کمترین میزان مساحت را در منطقه دارد، اما رابطه مثبتی را (W_f =+۰/۴۴۳) با وقوع زمین‌لغزش‌ها نشان می‌دهد. براساس مدل مورد استفاده، بارش‌های ۳۹۰> میلی‌متر با ایجاد گسیختگی‌شیب‌ها ارتباط

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

معکوس دارند؛ یعنی با کاهش میزان بارندگی از تأثیر عامل بارش در وقوع زمین‌لغزش‌های حوضه سعیدآباد چای کاسته می‌شود (شکل۵).



شکل۴- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل سنگ‌شناسی دروقوع زمین-لغزش‌های سعیدآباد چای

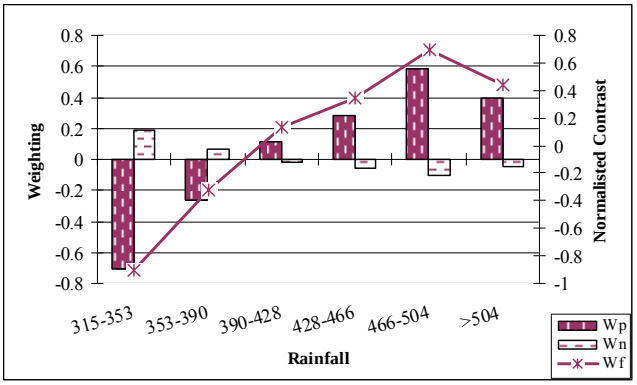
جدول۴- وزن کلاس‌های لایه موضوعی بارش در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
۳۱۵-۳۵۳	۸۸۷/۵	۱۴/۳۳	۱۰۰۸۳۴/۵	۲۹/۱۳	-۰/۷۰۹	+۰/۱۹۱	-۰/۹
۳۵۳-۳۹۰	۱۰۲۹	۱۶/۶۱	۷۴۸۵۰	۲۱/۶۲	-۰/۲۶۴	+۰/۰۶۲	-۰/۳۲۶
۳۹۰-۴۲۸	۱۰۶۵/۵	۱۷/۲	۵۳۱۹۱/۵	۱۵/۳۶	+۰/۱۱۳	-۰/۰۲۱	+۰/۱۳۴
۴۲۸-۴۶۶	۱۱۲۳	۱۸/۱۳	۴۷۰۹۱	۱۳/۶	+۰/۲۸۷	-۰/۰۵۴	+۰/۳۴۱
۴۶۶-۵۰۴	۱۲۷۸	۲۰/۶۲	۳۹۶۵۰/۵	۱۱/۴۵۴	+۰/۵۸۸	-۰/۱۰۸	۰+/۶۹۶
> ۵۰۴	۸۱۲	۱۳/۱۱	۳۰۵۶۸	۸/۸۳	+۰/۳۹۵	-۰/۰۴۸	+۰/۴۴۳
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	+۰/۴۱	+۰/۰۲۲	+۰/۳۸۸

عامل فاصله از جاده: درحوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)، فاصله از جاده با $\sum W_f$ =+۱/۴۹۸ از عوامل علتی وقوع زمین‌لغزش‌ها محسوب می‌شود. این منطقه در مسیر راه‌های ترانزیتی شمال‌غرب کشور قرار دارد و همواره به علت توسعه راه‌های ارتباطی تغییر شکل‌های عمده‌ای در سطح زمین به وجود می‌آید. هم اکنون احداث بخشی از بزرگراه تبریز – زنجان در پایکوه‌های ارتفاعات شمالی این منطقه در حال انجام است. جاده‌های

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

فرعی این حوضه نیز با گسترش گردشگری در دامنه‌های شمالی سهند در حال گسترش است؛ به طوری‌که از جدول(۵) مشخص است، وقوع زمین‌لغزش‌ها در فاصله ۱۰۰-۰ متری جاده‌ها بیشترین ضریب همبستگی را نشان می‌دهد، تا فاصله ۴۰۰ متری جاده رابطه مثبت وجود دارد و از ۵۰۰ متری به بعد همبستگی بین وقوع زمین‌لغزش و جاده‌ها معکوس می‌شود(شکل۶).



شکل۵- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل بارش دروقوع زمین‌لغزش‌های سعیدآباد چای

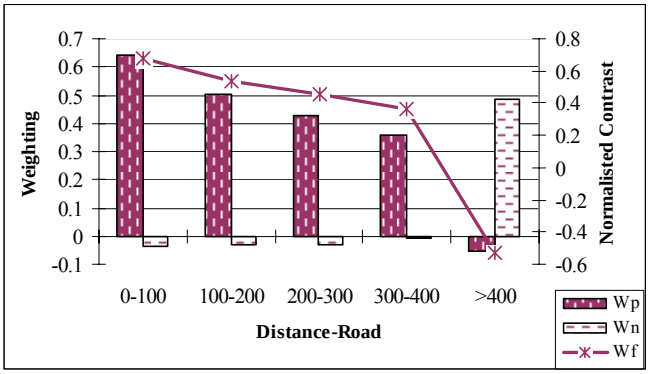
جدول۵- وزن کلاس‌های لایه موضوعی فاصله از جاده در حوضه سعیدآبادچای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
۰-۱۰۰	۲۱۲	۳/۴۲۲	۶۲۳۶	۱/۸۰۱	+۰/۶۴۲	-۰/۰۳۵	+۰/۶۷۷
۱۰۰-۲۰۰	۱۸۷	۳/۰۱۸	۶۳۱۸	۱/۸۲۵	+۰/۵۰۳	-۰/۰۳۱	+۰/۵۳۴
۲۰۰-۳۰۰	۱۷۳	۲/۷۹۳	۶۳۱۱	۱/۸۲۳	+۰/۴۲۶	-۰/۰۲۸	+۰/۴۵۴
۳۰۰-۴۰۰	۱۶۱	۲/۵۹۸	۶۲۷۵	۱/۸۱۳	+۰/۳۵۹	-۰/۰۰۸	۰+/۳۶۷
>۴۰۰	۵۴۶۲	۸۸/۱۶۸	۳۲۱۰۴۵/۵	۹۲/۷۳۸	-۰/۰۵۱	+۰/۴۸۳	-۰/۵۳۴
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	۱/۸۷	+۰/۳۸۱	+۱/۴۹۸

عامل کاربری زمین: نتایج محاسبات مربوط به مدل وزنی شاهد در حوضه سعیدآباد چای نشان می‌دهد که عامل کاربری، یکی از عوامل علتی بروز زمین‌لغزش‌ها است(جدول۶)؛ به

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

طوری‌که وزن این عامل $\sum W_f$ = +۰/۷۵۹ برآورد شد. در بین کلاس‌های متعدد لایه موضوعی کاربری اراضی، پس از برونزدهای سنگی که در عامل سنگ‌شناسی و شیب توضیح داده شد، اراضی آبی (W_f=+۰/۴۶۴) و نواحی پوشش درختی (W_f=+۰/۲) که شامل باغات می‌شود، بیشترین همبستگی را با رخداد ناپایداری‌ها نشان می‌دهند. از میزان ارتباط در سایر کاربری‌ها کاسته شده و در مراتع این رابطه منفی است(شکل۷).



شکل۶- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل فاصله از جاده دروقوع زمین لغزش‌های سعیدآباد چای

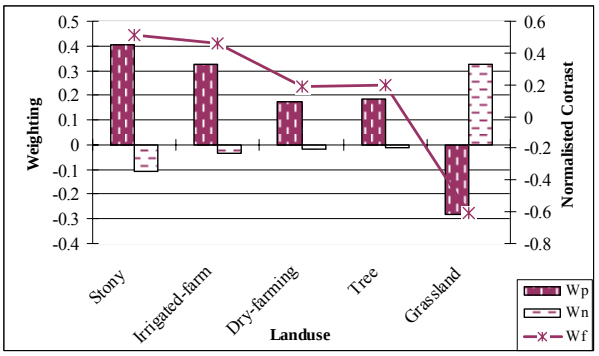
جدول۶- وزن کلاس‌های لایه موضوعی کاربری اراضی در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
برونزدهای سنگی	۱۵۷۳	۲۵/۳۹۱	۵۸۷۲۳	۱۶/۹۶۳	+۰/۴۰۳	−۰/۱۰۶	+۰/۵۰۹
کشت آبی	۶۰۷	۹/۷۹۸	۲۲۱۳۴	۶/۳۹۳	+۰/۴۲۷	−۰/۰۳۷	+۰/۴۶۴
کشت دیم	۶۸۸	۱۱/۱۰۵	۳۲۳۶۲/۵	۹/۳۴۸	+۰/۱۷۲	−۰/۰۱۹	+۰/۱۹۱
پوشش درختی	۴۹۰	۷/۹۰۹	۲۲۷۱۶	۶/۵۶۲	+۰/۱۸۶	−۰/۰۱۴	+۰/۲
مراتع	۲۸۳۷	۴۵/۷۹۵	۲۱۰۲۵۰	۶۰/۷۳۳	−۰/۲۸۲	+۰/۳۲۳	−۰/۶۰۵
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	+۰/۹۰۶	+۰/۱۴۷	+۰/۷۵۹

عامل فاصله از گسل- در شمال‌غرب حوضه سعیدآباد چای گسل شمال تبریز را در امتداد شمال‌غرب – جنوب‌شرق می‌توان مشاهده کرد. شیب این گسل قائم و بخش جنوبی آن

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

پایین افتاده است. علاوه بر گسل اصلی، تعدادی گسل فرعی نیز در این قسمت وجود دارد که یا موازی با گسل اصلی امتداد دارند و یا در جهت عکس آن کشیده شده‌اند. عامل فاصله از گسل درحوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)، همبستگی منفی را با بزرگی $\sum W_f = -۰/۰۰۶$ نشان می‌دهد. به استثنای ۱۰۰۰-۵۰۰ متری گسل، وزن سایر کلاس‌های لایه فاصله از گسل که در بافرهای ۲۵۰ متری تعریف شده‌اند، رابطه منفی با وقوع زمین‌لغزش‌ها دارند (جدول۷). شکل(۸) نقش این لایه موضوعی را در وقوع زمین‌لغزش‌ها نشان می‌دهد.



شکل۷- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل کاربری دروقوع زمین‌لغزش‌های سعیدآباد چای

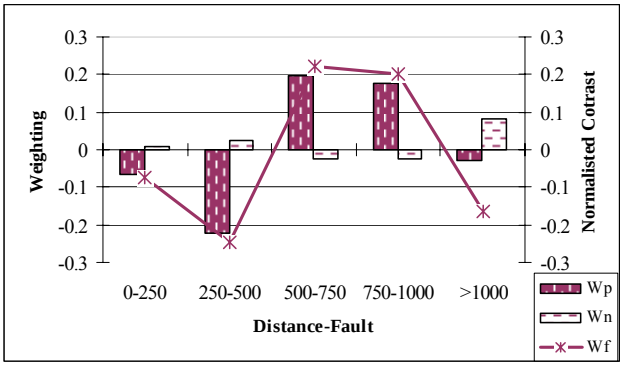
جدول۷- وزن کلاس‌های لایه موضوعی فاصله از گسل در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
۰-۲۵۰	۵۹۹	۹/۶۶۹	۳۵۷۲۷	۱۰/۳۲۵	-۰/۰۶۵	+۰/۰۰۷	-۰/۰۷۲
۲۵۰-۵۰۰	۴۹۸	۸/۰۳۸	۳۴۷۴۱	۱۰/۰۳۵	-۰/۲۲۲	+۰/۰۲۳	-۰/۲۴۵
۵۰۰-۷۵۰	۷۶۸	۱۲/۳۹۷	۳۵۲۲۲	۱۰/۱۷۴	+۰/۱۹۷	-۰/۰۲۵	+۰/۲۲۲
۷۵۰-۱۰۰۰	۷۷۱	۱۲/۴۴۵	۳۶۰۴۱	۱۰/۴۱۱	+۰/۱۷۸	-۰/۰۲۳	+۰/۲۰۱
>۱۰۰۰	۳۵۵۹	۵۷/۴۴۹	۲۰۴۴۵۴/۵	۵۹/۰۵۵	-۰/۰۲۷	+۰/۰۸۴	-۰/۱۶۶
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	۰/۰۶۱	+۰/۰۶	-۰/۰۰۶

عامل فاصله از آبراهه: در بررسی عامل فاصله از آبراهه، طبق مدل (WOE) درحوضه سعیدآباد چای مشاهده شد که در حدود ۲۰ درصد زمین‌لغزش‌ها در نزدیکی آبراهه‌ها؛ یعنی

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

به فاصله ۱۰۰-۰ متری اتفاق افتاده است. معمولا در این صورت آبراهه یا رود با زیربری دامنه موجب بروز ناپایداری دامنه می‌شود(جدول۸). با فاصله گرفتن از آبراهه‌ها رابطه معکوس شده است. به این ترتیب، فاصله ۱۰۰ متری آبراهه‌ها، بیشترین وزن (Wf=۰+/۲۳۲) را داراست. بتدریج با افزایش فاصله از آبراهه، از میزان تأثیر این عامل در وقوع زمین-لغزش‌ها کاسته شده، در نتیجه، عامل فاصله از آبراهه با $\sum W_f = -۰/۳۲۵$ همبستگی منفی با ایجاد گسیختگی شیب‌ها نشان می‌دهد(شکل۹).



شکل۸- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل فاصله از گسل در وقوع زمین-لغزش‌های سعیدآباد چای

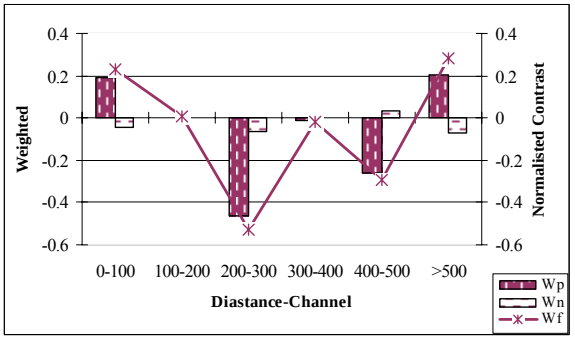
جدول۸- وزن کلاس‌های لایه موضوعی فاصله از آبراهه در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
۰-۱۰۰	۱۲۷۶	۲۰/۵۹۷	۵۹۰۱۰	۱۷/۰۴۵	+۰/۱۸۹	-۰/۰۴۳	+۰/۲۳۲
۱۰۰-۲۰۰	۹۲۸	۱۴/۹۷۹	۵۱۶۳۶	۱۴/۹۱۶	+۰/۰۰۴	-۰/۰۰۱	+۰/۰۰۵
۲۰۰-۳۰۰	۵۷۵	۹/۲۸۲	۵۱۲۲۸	۱۴/۷۹۸	-۰/۴۶۶	+۰/۰۶۳	-۰/۵۲۹
۳۰۰-۴۰۰	۹۳۱	۱۵/۰۲۸	۵۲۷۸۹/۵	۱۵/۲۴۹	-۰/۰۱۵	+۰/۰۰۳	-۰/۰۱۸
۴۰۰-۵۰۰	۶۹۴	۱۱/۲۰۳	۵۰۲۰۸	۱۴/۵۰۳	-۰/۲۵۸	+۰/۰۳۷	-۰/۲۹۵
>۵۰۰	۱۷۹۱	۲۸/۹۱	۸۱۳۱۴	۲۳/۴۸۸	+۰/۲۰۷	-۰/۰۷۳	+۰/۲۸
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	-۰/۳۳۹	-۰/۰۱۴	-۰/۳۲۵

عامل فاصله از روستا: یکی دیگر از عوامل انسانی مورد نظر در وقوع زمین‌لغزش‌های در حوضه سعیدآباد چای، عامل فاصله از روستاست. به این ترتیب، نقش انسان در بروز ناپایداری‌های اطراف آبادی‌ها تا حدود زیادی آشکار می‌گردد. نتایج محاسبات مدل

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

(WOE) در حوضه مورد مطالعه، نشان می‌دهد که بیشترین وزن به فاصله ۵۰۰-۰ متری (W_f=+۰/۷۳۱) مربوط می‌شود (جدول۹)؛ یعنی رابطه وقوع زمین‌لغزش‌های در فاصله ۵۰۰-۰ متری روستا مثبت است (شکل۱۰). به عبارت دیگر، انسان با انجام فعالیت‌های کشاورزی (زراعی- باغداری- دامداری) احداث راه‌های فرعی و شبکه‌های ارتباطی اصلی، ساخت بنا و غیره در ۵۰۰ متری پیرامون روستا موجب بروز زمین‌لغزش می‌شود. از همبستگی مثبت بین وقوع ناپایداری‌ها و فاصله از روستا، با دور شدن از آبادی‌ها بتدریج کاسته شده ، از ۲ کیلومتری روستاها به بعد این رابطه حالت معکوس پیدا می کند.

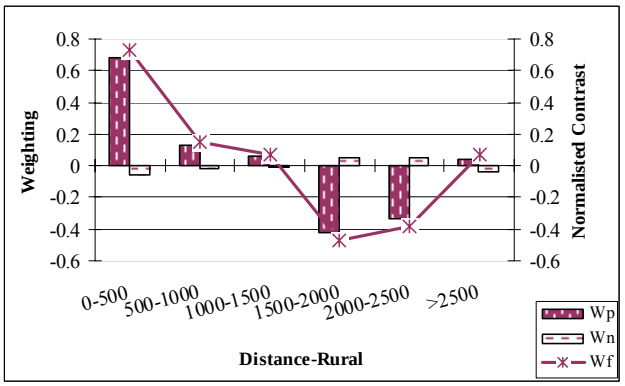


شکل۹- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل فاصله از آبراهه در وقوع زمین-لغزش‌های سعیدآباد چای

جدول۹- وزن کلاس‌های لایه موضوعی فاصله از روستا در حوضه سعیدآباد چای براساس مدل (WOE)

کلاس	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	درصد	تعداد پیکسل‌های هر کلاس	درصد	Wi^+	Wi^-	W_f
۰-۵۰۰	۶۱۷	۹/۹۵۹	۱۷۵۰۳	۵/۰۵۶	+۰/۶۷۸	-۰/۰۵۳	+۰/۷۳۱
۵۰۰-۱۰۰۰	۶۰۴	۹/۷۴۹	۲۹۵۷۲	۸/۵۴۲	+۰/۱۳۲	-۰/۰۱۴	+۰/۱۴۶
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۷۳۱	۱۱/۷۹۹	۳۸۳۴۶	۱۱/۰۷۶	+۰/۰۶۳	-۰/۰۰۷	+۰/۰۷
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۵۱۸	۸/۳۶۲	۴۴۲۰۳/۵	۱۲/۷۶۸	-۰/۴۲۳	+۰/۰۴۹	-۰/۴۷۲
۲۰۰۰-۲۵۰۰	۶۴۸	۱۰/۴۶	۵۰۷۶۶	۱۴/۶۶۴	-۰/۳۳۷	+۰/۰۴۸	-۰/۳۸۵
>۲۵۰۰	۳۰۷۷	۴۹/۶۶۹	۱۶۵۷۹۵	۴۷/۸۹۲	+۰/۰۳۶	-۰/۰۳۵	+۰/۰۷۱
کل	۶۱۹۵	۱۰۰	۳۴۶۱۸۵/۵	۱۰۰	+۰/۱۴۹	-۰/۰۱۲	+۰/۱۶۱

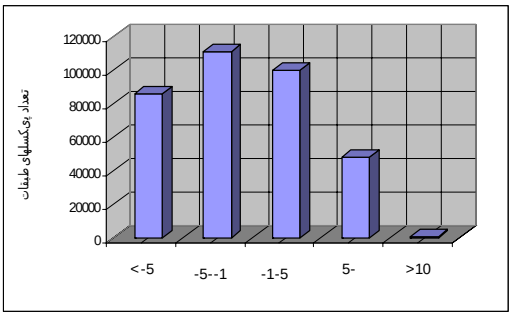
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



شکل ۱۰- نمایش وزن‌های مثبت، منفی و وزن مغایر(W_f) عامل فاصله از روستا در وقوع زمین-لغزش‌های سعیدآباد چای

در نهایت، نقشه وزنی نهایی از جمع جبری نقشه‌های موضوعی وزنی و شاخص LSI در محیط GIS به دست آمد و با توجه به دامنه تغییرات وزن پیکسل‌ها در منحنی هیستوگرام (شکل۱۱) درپنج طبقه تقسیم و برمبنای آن نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در حوضه سعیدآباد چای در پهنه‌های با حساسیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم حساسیت و بسیارکم حساسیت ترسیم شد (شکل۱۲).نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش‌ها ، نشان می‌دهد که در حدود ۲۹ درصد از مساحت حوضه سعیدآباد چای در پهنه با حساسیت متوسط زمین‌لغزش و در حدود ۱۴ درصد در محدوده با حساسیت زیاد قرار دارد. کمتر از یک درصد منطقه (۰/۲۴ درصد) نسبت به زمین‌لغزش از حساسیت بسیار زیاد برخوردار است (جدول۱۰). همچنین، اطمینان صحت از نقشه پهنه‌بندی در حوضه سعیدآباد چای نشان می‌دهد که ۶۲ درصد زمین‌لغزش‌های حوضه در پهنه با حساسیت خیلی زیاد اتفاق افتاده‌اند، ۲۰ درصد آنها در محدوده حساسیت زیاد و ۱۱ درصد در نواحی با حساسیت متوسط رخ داده‌اند (جدول۱۰). این وضعیت بر مناسب بودن پهنه‌بندی براساس مدل(WOE) دلالت می‌کند.

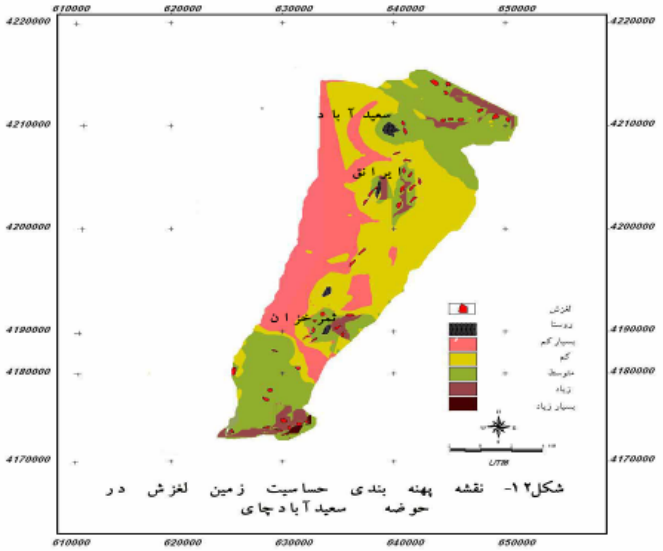
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]



شکل۱۱- نمودار هیستوگرام مربوط به نقشه وزنی نهایی زمین‌لغزش‌های حوضه سعیدآباد چای

جدول۱۰- درصد مساحت هریک از طبقات حساسیت زمین‌لغزش در حوضه سعیدآباد چای و نتایج شاخص Li

طبقات	دامنه وزنها	تعداد پیکسل‌های هر طبقه	درصد مساحت طبقات	تعداد پیکسل‌های زمین‌لغزش	تراکم	Li
حساسیت خیلی کم	<-۵	۱۵۷۹۸	۲۴/۸۷۳	۱۲۲	۰/۰۰۱	۰/۴۷۶
حساسیت کم	-۵- -۱	۱۱۱۱۳۰	۳۲/۱۰۱	۱۶۸۵	۰/۰۱۵	۷/۱۴۳
حساسیت متوسط	-۱-۵	۱۰۰۲۲۲/۵	۲۸/۹۵	۲۳۳۵	۰/۰۲۳	۱۰/۹۵۲
حساسیت زیاد	۵-۱۰	۴۸۲۲۳	۱۳/۹۲۸	۱۹۴۷	۰/۰۴	۱۹/۰۴۹
حساسیت خیلی زیاد	>۱۰	۸۱۲	۰/۲۳۵	۱۰۶	۰/۱۳۱	۶۲/۳۸



شکل۱۲- نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش در حوضه سعید آباد چای

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

نتیجه گیری

حوضه سعیدآباد چای در شمال توده سهند در یک منطقه کوهستانی نیمه خشک قرار دارد. این حوضه به علت ویژگی‌های توپوگرافی، اقلیمی و زمین‌شناسی مستعد وقوع انواع زمین‌لغزش‌هاست. در دهه‌های اخیر با افزوده شدن عوامل انسانی، ناپایداری شیب‌ها تشدید شده است. این مطالعه با استفاده از روش‌های آماری دو متغیره، مدل وزنی شاهد و همچنین، بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، به ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش در این حوضه پرداخته است. براساس این ارزیابی ۴۳/۱۱۶ درصد مساحت حوضه سعیدآباد چای در مناطقی با حساسیت خیلی زیاد، زیاد و متوسط نسبت به بروز زمین‌لغزش‌ها قرار دارند و ۵۶/۸۸۴ درصد منطقه مورد مطالعه، محل وقوع زمین‌لغزش‌های دارای حساسیت کم و خیلی کم است. در این زمینه صحت و دقت مدل با شاخص Li ارزیابی شد؛ به طوری‌که ۶۲/۳۸ درصد زمین-لغزش‌ها در پهنه با حساسیت خیلی زیاد، ۱۹/۰۴۹درصد در محدوده با حساسیت زیاد و ۱۰/۹۵۲ درصد در نواحی با حساسیت متوسط رخ داده‌اند. وقوع ۷/۵ درصد ناپایداری‌ها در پهنه حساسیت کم و خیلی کم بوده است. این وضعیت مناسب بودن مدل وزنی شاهد را در ارزیابی حساسیت حوضه مورد مطالعه به پدیده زمین‌لغزش نشان می‌دهد. این مدل، شیب‌های با بیش از ۴۵ درجه، واحدهای سنگی آهک مارنی- شیل‌های آهکی، سنگ‌های آذرین و نهشته‌های کواترنر، بارش‌های بیش از ۴۵۰ میلی‌متر، فاصله ۱۰۰-۰ متری جاده، فاصله۱۰۰-۰ متری از روستا و اراضی کشت آبی را با بیشترین وزن‌ها، مهمترین عوامل‌علتی وقوع زمین-لغزش‌های حوضه‌سعیدآباد چای معرفی می‌کند.

به این ترتیب، با این شناسایی و ارزیابی در حوضه سعیدآبادچای، توجه به دینامیک محیط طبیعی و نواحی حساس به زمین‌لغزش در اجرای برنامه‌های عمرانی و فعالیت‌های کشاورزی و غیره امری ضروری است در این صورت، برای احداث زیرساخت‌های ترابری و سایر سازه‌ها در نواحی با حساسیت متوسط تا خیلی زیاد، به منظور پایداری شیب‌ها باید

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

اصول مهندسی رعایت شود. همچنین، به روستاییان و زارعـان در زمینـه اصـلاح روش‌هـای آبیاری، حفاظت از منابع آب و خاک و همچنین، تغییر کاربری اراضی آموش های لازم داده شود.

منابع:

۱- پورقاسمی، حمیدرضا؛ مرادی، حمیدرضاو محمدی، مجید .(۱۳۸۶).« تهیه نقشه خطر احتمالی زمین لغزش بـا اسـتفاده از سـامانه اطلاعات جغرافیایی»، مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی علوم مهندسی و آبخیزداری، دانشگاه تهران، ایران.

۲- خیام، مقصود.(۱۳۶۹).« سهند آتشفشان پلیوپلیوستن و تحول ژئومورفولوژیکی آن در کواترنر»، مجلهٔ دانشکدهٔ ادبیات و علـوم انسانی مشهد، شماره اول و دوم،صص۲۰۲ -۲۲۱.

۳- رضایی مقدم، محمدحسین.(۱۳۷۰).تحقیق در تحول ژئومورفولوژی دامنه شمالی توده آتشفشانی سهند، دره سعیدآبادچای، پایـان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

۴- رضوانی، رضا و صفایی، جواد.(۱۳۸۴).« گردشگری خانه‌های دوم و اثرات آن بر نواحی روستایی»، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۳،صص۱۰۹-۱۲۱.

۵- شادفر، صمد؛ نوروزی، علی اکبر؛ قدوسی، جمال و غیومیان، جعفر .(۱۳۸۴).« پهنه‌بندی خطر زمـین‌لغـزش در حوضـه آبخیـز لاکتراشان»، حفاظت آب و خاک، ش ۱، صص ۱-۱۰.

۶- غفوری، محمد، عاشوری، علیرضا.(۱۳۷۶).« زمین‌لغزش به عنوان یکی از بلایای طبیعی در شمال خراسان»، فصـلنامه تحقیقـات جغرافیایی، صص ۹۰-۱۰۱.

۷- کرمی، فریبا؛ بیاتی خطیبی، مریم و رستم زاده، هاشم .(۱۳۸۵).« پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد در حوضه آبریز لیقـوان-چای»، فصلنامه مدرس، ش ۴۸.

۸- مقیمی، ابراهیم؛ علوی پناه و جعفری، تیمور .(۱۳۸۷). ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش دامنـه‌هـای شـمالی آلاداغ (حوضه زهکشی جناران در استان خراسان شمالی)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۶۴، صص۵۳-۷۵.

۹- Ayalew,L.yamagishi, H. (۲۰۰۵), The application of GIS- based logistic regression for Landslides Susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Montains,Central Japan, Geomorphology ۸۱,۴۳۲-۴۴۵.

۱۰- Blöchl,A., Braun,B (۲۰۰۵), Economic assessment of landslide risks in the Swabian Alb, Germany –research framework and first results of homeowners and rxperts surveys. Natural Hazards and Earth System Sciences ۵, ۳۸۹-۳۹۶.

۱۱- Carrara,A., Guzzetti,F., Cardnali,M., Reichenback,P.(۱۹۹۹) Use of GIS technology in the predicton and monitoring of landslide hazard. Natural Hazard ۲۰,۱۱۷-۱۳۵.

۱۲- CRED (۲۰۰۶), EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain, Brussele, Blgium, http://www.em-dat.net/.

۱۳- Dahal,R.K., Hasegawa,Sh., Nonoura.A., Yamanka,M., Dhakal,S., Paudyal., P. (۲۰۰۸), Predictive modeling of rainfall-induced landslide hazard in the lesser Himalaya of Nepal based on weights of evidence, Geomorphology ۱۰۲, ۴۹۶- ۵۱۰.

۱۴- Gorsevski,P.V., Gessler, P.E., Boll,J., Elliot,W.J., Foltz,R.B. (۲۰۰۶), Spatially and temporally distributed of landslide susceptibility, Geomorphology ۸۰, ۱۷۸- ۱۹۸.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]

۱۵- Lee,S., Choi,J.,Min,L., (۲۰۰۲), Landslide susceptibility analysis ane verfication using the Bayesian probability model. Environmental Geology ۴۳, ۱۲۰-۱۳۱.

۱۶- Lee,S., Choi,J., (۲۰۰۴), Landslide susceptibility mapping using GIS and the weights-of-evidence model. International Journal of Geographical Information science ۱۸, ۷۸۹-۸۱۴.

۱۷- Nefeslioglu,H., Duman,T. Durmaz,S., (۲۰۰۸), Landslide Susceptibility mapping for apart of tectonic Kelkit Valley. Geomorphology ۹۴, ۴۰۱-۱۴۸.

۱۸- Neuhäuser, B. Terhorst, B., (۲۰۰۷), Landslide susceptibility assessment using weights-of-evidence applied to a study area at the Jurassic escarpment (SW-Germany), Geomorphology ۸۶, ۱۲-۲۴.

۱۹- Sharma, M., Kumar,R., (۲۰۰۸), GIS- based landslide hazard zonation: a case study from the Parwanoo area, Lesser and Outer Himalaya., H.P., India. Bulletin of Engineering Geology and the Environment ۶۷, ۱۲۹-۱۳۷.

۲۰- Soriso Valvo,M.,۲۰۰۲. Landslides; from inventory to risk. In: Rybář, J., Stemberk, J., Wagner,P.(Eds.), landslides, Proceedings of the International European Conference on landslides. Balkema, Rotterdam,pp.۷۹-۹۳.

۲۱- Thiery,Y., Malet,J.P., Sterlacchn,S., Puissant,A., Maquaire,O. (۲۰۰۷), Landslide Susceptibility assessment by bivariate methods at large scale. Geomorphology ۹۲, ۳۸-۵۹.

۲۲- Van Westen,C.J.,Van Asch,Th.W.J.,Soeters,R.,(۲۰۰۶),Landslide hazardand risk zonation, Bulletin of Engineering Geology and the Environment ۶۵, ۱۶۷-۱۸۴.

۲۳- Zêzere,J.L., Garcia,R.A., Oliverita,S.C.,Reis,E.(۲۰۰۸), Probabilitistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon, Geomorphology۹۴, ۴۶۷-۴۹۵.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-15]