دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۵
بهار ۱۳۹۸، صفحات ۱۶۹-۱۵۱

*فریبا همتی [۱]
داود مختاری [۲]
شهرام روستائی [۳]
بهزاد زمانی قره چمنی [٤]

تعیین حساسیت وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در پیرامون گسل بناروان با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۷/۲٦

چکیده

امروزه بحث شناسایی، مهار و پیشگیری از تلفات و خسارات جانی اقتصادی و اجتماعی ناشی از حوادث طبیعی مانند (زمین‌لرزه-سیل و زلزله) مورد توجه خاص محافل علمی-تحقیقاتی و مسئولان امر در اکثر کشورها قرار گرفته است. در دهه‌های اخیر، با توجه به سیر صعودی خسارات و زیان‌های ناشی از حوادث طبیعی (به‌ویژه زمین‌لغزش)، مسئله پیش‌بینی و ارائه راه حل‌ها و شیوه‌های کنترل و دور ماندن از ضررها و خسارات وارده به طور جدی مطرح بوده است. در این پژوهش محدوده گسل بناروان با مدل رگرسیون لجستیک به منظور تعیین مناطق خطر ناپایداری دامنه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا از طریق بازدید میدانی، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و با مرور منابع قبلی و بررسی شرایط منطقه نه عامل اعم از طبقات ارتفاعی، شیب، جهت‌شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله ازجاده، کاربری اراضی، پوشش‌گیاهی به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع ناپایداری دامنه‌ای در نرم‌افزار Idrisi بررسی شد. پس از انجام پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ای درصد پهنه‌های ناپایداری در هر کلاس محاسبه شد. نتیجه نشان داد که در

*۱- دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز. (نویسنده مسئول). E-mail: f.hematti@gmail.com
۲- گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
۳- گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
٤-گروه زمین‌شناسی تکتونیک، دانشگاه تبریز.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

محدوده مورد مطالعه، مناطقی که با خطر بسیار بالا پهنه‌بندی شده‌اند کم‌ترین درصد از میزان مساحت منطقه را به‌خود اختصاص داده‌اند. در پژوهش حاضر که با استفاده از رگرسیون لجستیک انجام گرفت عامل ارتفاع با بیش‌ترین ضریب بهترین متغیر پیش‌بینی کننده احتمال وقوع ناپایداری دامنه‌ای در منطقه است. بیش‌ترین حساسیت به لغزش در اراضی صخره‌ای و در سنگ‌های خیلی سخت (۵۸/۲۵) وجود دارد. وجود گسل‌های متعدد، پوشش‌گیاهی ضعیف و منطقه فاقد پوشش‌گیاهی و ارتفاع زیاد در محدوده منطبق بر سازندهای سخت باعث شده است ناپایداری بیش‌تری در این محدود رخ دهد.

کلید واژه‌ها: حساسیت به ناپایداری دامنه‌ای، پهنه‌بندی خطر، Idrisi، مدل رگرسیون لجستیک.

مقدمه

مطالعه علمی و جامع پدیده ناپایداری دامنه‌ای در دنیا به دلایل متعدد، از مهم‌ترین مسائل است. به جرات می‌توان گفت، از جمله حساس‌ترین و مهم‌ترین مسائل در پروژه‌های عمده عمرانی، همچون انتخاب مسیر احداث بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی کوهستانی، انتخاب محل احداث سدهای خاکی، بتونی و همچنین آب بندها و کانال‌های انتقال آب، احداث تونل‌های عبور و مرور و طرح‌های همچون توسعه جنگل‌ها و مراتع طبیعی و هر گونه توسعه معدنی در گرو مطالعه پایداری شیب‌های طبیعی منطقه است. عدم توجه به این مسئله خسارات جبران‌ناپذیری را می‌تواند داشته باشد. لذا با توجه به این حجم بزرگ خسارات جانی، مالی و اقتصادی مطالعه و بررسی این پدیده مهم زمین‌شناسی در راستای نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت کاهش خطرات و خسارات ناشی از آن بر کسی پوشیده نیست. ناپایداری شیب‌های طبیعی در کشوری با شرایط متنوع زمین‌شناسی، توپوگرافی و آب‌وهوایی همچون ایران، به‌ویژه این‌که این سرزمین از لحاظ سایز موتکتونیکی و لرزه‌خیزی یکی از شاخص‌ترین و لرزه‌خیزترین مناطق در کمربند آلپ–هیمالیا است از اهمیت خاصی برخوردار است. تخریب جاده‌ها، بزرگراه‌ها، خطوط انتقال نیرو و انرژی (برق، گاز، نفت) از بین رفتن و تخریب گسترده منابع طبیعی (مراتع، جنگل‌ها، زمین‌های کشاورزی، باغات و..) رسوب زائی گسترده و سریع و کمک به تسریع پر شده مخازن سدها و بستر رودخانه‌ها از رسوب، تخریب ابنیه فنی، منازل و مناطق مسکونی و غیره از جمله خسارات مستقیم ناشی از بروز ناپایداری دامنه‌ای است (Shariat-Jafari, 1996). در راستای اجتناب از خطر، در بین همه خطرها و حوادث طبیعی گسیختگی شیب‌ها، شاید به طور مستقیم قابل سنجش‌ترین نوع خطر باشد. در این مطالعه، هدف پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای است. با توجه به میزان خسارات ناپایداری‌های دامنه‌ای شناسایی و بررسی عوامل مؤثر در ایجاد آن‌ها و پهنه‌بندی خطر گامی مهم در مدیریت و کنترل پدیده مخرب محسوب می‌شود. در این پژوهش عوامل مؤثر ناپایداری‌های دامنه‌ای در پیرامون گسل بناروان با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک صورت گرفته است. از این مطالعه می‌توان در برنامه‌ریزی‌های جامع منطقه‌ای و کاربری

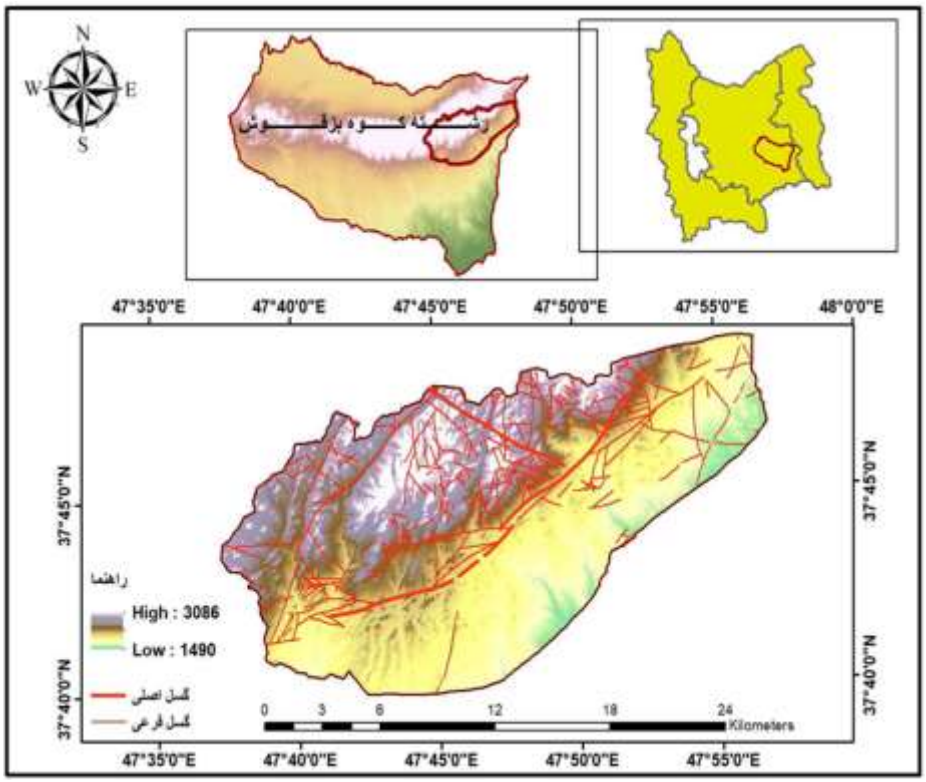
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

اراضی استفاده کرد. در این زمینه تاکنون تحقیقات زیادی صورت گرفته است. پژوهش‌های که در خارج از کشور و داخل در مورد پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک انجام شده است عبارتند از:

Gregory & john (2003), Ayalew & Yamagishi (2005), Chan & Jinfei (2007), Das et al (2010), Atkinson & Massari (2011), Motavalli et al (2009), Sedaqat et al (2012), Khaledi et al (2012), Shirani et al (2012), Kordi, et al (2012), Saffari et al (2013), Karam & Toorani (2013), Karimi Sangchini et al (2013), Moradi et al (2014), Abedini et al (2014), Shirani & Arabameri (2015), Qahroodi Tali & Qolizadeh Ayla (2016), Arabameri et al (2018), Asgari et al (2018).

محدوده مورد مطالعه

رشته کوه بزقوش در شمال‌غرب ایران در استان آذربایجان‌شرقی با روند شرقی-غربی در مختصات بین َ ۰۰ °۴۸ تا َ ۳۰ °۴۷ درجه طول شرقی و َ ۰۰ °۳۸ تا َ ۳۰ °۳۷ درجه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاعات برقوش شامل تناوبی از سنگ‌های ولکانیک و ولکانوکلاستیک ائوسن است، که توسط دایک‌های میکرودیوریتی تا مونزونیتی قطع شده‌اند. این ارتفاعات بین دو گسل شمالی و جنوبی بزقوش مسدود شده و این دو گسل باعث راندگی این ارتفاعات به سمت دشت‌های سراب و میانه شده‌اند و در مجموع یک ساختار بالارانده را نشان می‌دهد. گسل بناروان به طول ۲۰/۱۹ کیلومتر یکی از مهم‌ترین گسل‌های موجود در منطقه است. دشت سراب در شمال و دشت میانه در جنوب آن قرار دارد بالاترین ارتفاع منطقه ۳۰۸۶ متر و پایین‌ترین ارتفاع ۱۴۹۰ متر می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: مختصات و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1: Coordinates and geographical location of the studied area

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از تصویر ماهواره‌ای لندست (۲۰۱۶) ، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ استفاده شده است. همچنین بازدید میدانی از منطقه صورت گرفته است. به طور خلاصه مراحل مطالعات به شرح زیر بوده است:

- تعیین مرز منطقه مورد پژوهش بر مبنای نقشه زمین‌شناسی.
- تهیه نقشه‌های پایه عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای، شامل: طبقات ارتفاعی، شیب، جهت‌شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله ازجاده، کاربری اراضی، پوشش‌گیاهی به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع ناپایداری دامنه‌ای.
- اجرای مدل رگرسیون لجستیک.
- تحلیل و تفسیر اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار ENVI4.8، GIS، IDRISI.

- مدل رگرسیون لجستیک

مدل رگرسیون لجستیک یکی از روش‌های آماری پیش‌بینی کننده دوجزئی برای متغیرهای وابسته دارای ماهیت باینری است. حالت محتمل این چنین متغیرهایی در دو حالت صفر و یک (وقوع وعدم وقوع، مانند حالت مفروض در هنگام بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای) محدود می‌شود. روش رگرسیون لجستیک برای تشریح رابطه غیرخطی موجود میان یک و یا چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته باینری به‌کار می‌رود. بنابراین در این روش رابطه رگرسیونی متغیرها خطی نبوده بلکه به صورت منحنی S شکل یا لجستیک است. در این مدل برآوردها وتخمین‌ها در دامنه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرند که اعداد نزدیک به صفر نشان‌دهنده احتمال وقوع کم‌تر و اعداد نزدیک به یک نشان‌دهنده احتمال وقوع بیش‌تر هستند (Rahimi, 2011). مزیت مدل‌سازی با رگرسیون لجستیک نسبت به سایر تکنیک‌های آماری چند متغیره مانند آنالیز رگرسیون چندگانه و آنالیز تشخیصی این است که متغیر وابسته می‌تواند تنها دو مقدار داشته باشد که یکی احتمال وقوع حادثه و دیگری عدم وقوع آن است (Dali & Lee, 2002).

در پژوهش حاضر، از مدل رگرسیون لجستیک به‌منظور تحلیل ارتباط فضایی بین رویداد فرآیندهای دامنه‌ای و عوامل مؤثر در این رویداد استفاده می‌شود، که هدف اصلی از اجرای آن یافتن بهترین مدل برای تشریح روابط میان حضور و یا عدم حضور متغیر وابسته (فرآیندهای دامنه‌ای) و مجموعه گروهایی از متغیرهای مستقل در رویداد فرآیندهای دامنه‌ای است. شکل عمومی معادله رگرسیون لجستیک به صورت رابطه (۱) است.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$ معادله (۱)

که در آن P احتمال رویداد حادثه (در این پژوهش فرآیندهای دامنه‌ای) و Z پارامتر یا فاکتور خطی است و از رابطه (۲) به‌دست می‌آید، e نیز عدد ثابت ۲/۷۱۸ می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

معادله (۲)
$$Z = \log it(p) = Ln(\frac{P}{1-P}) = C_0 + C_1X_1 + ...C_nX_n$$

که C_0 عرض از مبدأ یا ضریب ثابت مدل، X_1, X_2, X_n ضرایب مربوط به متغیرهای مستقل، $C_1, C_2 ... C_n$ هستند. با تغییر در مقدار Z از ∞ - تا ∞ + احتمال وقوع فرآیندهای دامنه‌ای (P) به صورت S از ۰ تا ۱ تغییر می‌کند که هر چه عدد به یک نزدیک‌تر باشد، احتمال وقوع فرآیندهای دامنه‌ای بیش‌تر و هر چه عدد به صفر نزدیک‌تر باشد، احتمال وقوع آن کم‌تر خواهد بود (Chau et al., 2004). کاربرد مدل رگرسیون لجستیک جهت شناسایی عوامل مؤثر در رویداد فرآیندهای دامنه‌ای به دو حالت حضور و عدم حضور این رویداد و یا به عبارتی صفر و یک می‌باشد. بنابراین به پهنه‌های لغزشی عدد یک و به پهنه‌هایی که زمین‌لغزش حضور نداشت عدد صفر داده شد (Ayalew et al., 2005).

- اعتبار سنجی مدل آماری رگرسیون لجستیک

به‌منظور ارزیابی صحت مدل آماری مورد استفاده از آزمون‌های زیر استفاده کردیم:

- آزمون Chi Square

آزمون کی دو، تست معتبر و معمولی برای رگرسیون لجستیک است از اختلاف بین (L) 2Ln- برای مدل بهترین برازش و (L0) 2Ln- برای فرضیه صفر است، به‌دست می‌آید. چنانچه این آماره در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار باشد (Chi Square> 14.1) فرضیه صفر (H0) رد می‌شود (Motavalli, 2009).

- آزمون Pseudo R Squar (PR2)

معادله (۳)
$$1- Ln (L)/ Ln (L0)= PR2$$

مقدار PR2 نشان می‌دهد که چگونه مدل لجستیک، مجموعه داده‌ها را برازش می‌دهد (Menard , 2005). بنابراین PR2 مساوی با ۱ نشان‌دهنده برازش کامل مدل است، چنانچه این مقدار برابر ۰ باشد نشان‌دهنده عدم رابطه متغیرهای مستقل با متغیر وابسته می‌باشد. چنانچه مقدار PR2 بزرگ‌تر از ۰/۲ باشد نشان‌دهنده برازش نسبتاً خوب مدل است (Ayalew et al., 2005).

- آزمون ROC

معیار دیگری که برای تفسیر بسیار آسان است، توجه به این مساله که مدل چه مقدار می‌تواند متغیر وابسته را به‌خوبی پیش‌بینی کند. در این مورد نرم‌افزار ادریسی از معیار ROC برای مقایسه یک نقشه بولین (وجود یا عدم وجود فرآیند دامنه‌ای) با نقشه احتمال به‌کار می‌رود. مقدار ROC از ۰/۵ تا ۱ متغیر است که ۱ نشان‌دهنده تطابق کامل و ۰/۵ نشان‌دهنده تطابق اتفاقی است (Motavalli, 2009).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

یافته‌ها و بحث

- بررسی ارتباط عوامل تأثیرگذار بر وقوع ناپایداری دامنه‌ای

برای بررسی ارتباط عوامل تأثیرگذار بر وقوع ناپایداری دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه بعد از تهیه نقشه پراکنش نقاط ناپایداری، پراکندگی این نقاط به ۹ عامل مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی (طبقات ارتفاعی، شیب، جهت‌شیب، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، لیتولوژی، پوشش‌گیاهی، کاربری اراضی) در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد و بر اساس درجه حساسیت نسبت به زمین ناپایداری به هر کدام از طبقات امتیاز بین ۱ تا ۵ تعلق می‌گیرد بدین صورت که امتیاز ۵ به طبقه‌ای داده شد که بیش‌ترین حساسیت را به ناپایداری دامنه‌ای داشت. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی، لایه‌های اطلاعاتی ذیل تشکیل و آماده سازی بانک اطلاعاتی به‌کار گرفته شده است.

- نقشه پراکنش ناپایداری دامنه‌ای

نقشه پراکنش ناپایداری دامنه‌ای، مجموعه‌ای از ناپایداری دامنه‌ای رخ داده در یک ناحیه مشخص می‌باشد، که سبب نوعی آگاهی و بصیرت، در مورد مکان‌های وقوع ناپایداری دامنه‌ای، اطلاعات، نوع و خسارت‌های آن‌ها می‌شود (Van Westen et al., 2008). معمولاً ناپایداری دامنه‌ای به صورت ناحیه‌ای و یا اشکال نقطه‌ای ظاهر می‌شود. در صورت وجود عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا، ناپایداری دامنه‌ای می‌توانند به صورت مناطق پهنه‌ای شکل بگیرند. در ناحیه مورد مطالعه نقشه پراکنش ناپایداری دامنه‌ای به صورت پهنه ناپایداری بر اساس تصویر ماهواره‌ای لندست سال (۲۰۱۶) تهیه شد و مساحت پیکسل‌های ناپایداری منطقه حدود ۲/۶۵ کیلومتر مربع می‌باشد که حدود ۱ درصد از مساحت منطقه را به‌خود اختصاص داده است. نقشه (۲) نقشه پراکنش ناپایداری دامنه‌ای را در زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

- طبقات ارتفاعی

میزان بارش و نوع بارش به ازای ارتفاع، تغییر می‌یابد و همزمان با این افزایش از میزان دما کاسته می‌شود که مجموع این عوامل در تعیین شکل، نوع و میزان تخریب و فرسایش و میزان فعالیت آب‌های روان و نوع سیستم مورفوژنز حاکم مؤثر است (Ahmadzadeh, 2005). برخی از محققان از ارتفاع به عنوان یک عامل کنترلی در وقوع ناپایداری دامنه‌ای استفاده می‌کنند (Yilmaz, 2010). برای تهیه مدل رقومی ارتفاع از داده‌های ارتفاعی نقشه‌های رقومی سازمان نقشه‌برداری استفاده و در ۵ کلاس طبقه‌بندی شده است. این حوضه دارای اختلاف ارتفاعی بیش از ۱۵۹۶ متر است به طوری که ارتفاع زمین در بلندترین منطقه ۳۰۸۶ متر و در خروجی حوضه ۱۴۹۰ متر می‌باشد. شرایط طبیعی آن از نظر میزان بارش دریافتی، نوع بارش، روزهای یخبندان، درجه شیب و غیره با افزایش ارتفاع تغییر می‌کند. شکل (۳) نقشه طبقات ارتفاعی در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بررسی پراکندگی ناپایداری‌ها نسبت به نقشه ارتفاع شکل (۱۲) نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد ناپایداری‌ها در ارتفاع ۳۰۸۶-۲۶۶۰ متر رخ داده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

- شیب

Dai & Lee (2002)، اظهار داشتند که شیب یا گرادیان شیب یک عامل مؤثر و ضروری است زیرا ناپایداری شیب عامل اصلی حرکات توده‌ای است. شیب، نیروی محرکه (تنش برشی) و نیروی مقاومت (قدرت برشی) را در یک ناحیه کنترل می‌کند. Wati (2010) بیان نمود که، شیب‌های تند، از تنش برشی و احتمال شکست، بالاتر هستند. این بدان معنی می‌باشد که ناپایداری دامنه‌ای بیش‌تر تمایل دارند که به صورت مکرر در شیب‌های تندتر رخ دهند. از نظر تئوری، با فرض یکسان بودن سایر عوامل، احتمال خطر ناپایداری در مناطقی که شیب بیش‌تری داشته باشند، بیش‌تر است و به عنوان پیش فرض در شیب‌های کم‌تر از ۵ درجه ناپایداری اتفاق نخواهد افتاد (Gomez at al., 2002).

جهت بررسی رابطه بین عامل شیب با رویداد ناپایداری دامنه‌ای لایه شیب بر اساس درجه در ۵ طبقه تهیه گردید. شکل (٤) شیب در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بررسی پراکندگی ناپایداری‌ها نسبت به نقشه شیب شکل (۱۳) نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد ناپایداری‌ها در شیب ۳۲-۲٤ درجه رخ داده است. نتایج نشان می‌دهد که در شیب‌های پایین به دلیل ضعیف بودن نیروی ثقل و در شیب‌های بالا به دلیل ضعیف بودن فرآیند خاک‌سازی و افزایش استحکام سازندهای زمین‌شناسی تعداد ناپایداری‌های رخ داده (به‌جز ریزش) کاهش می‌یابد.

- جهت‌شیب

نقشه جهت‌شیب منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی در ۸ طبقه تهیه گردید. نقشه (۵) شیب در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بررسی عامل جهات جغرافیایی نسبت به پراکندگی ناپایداری‌ها نشان می‌دهد که این جهات تأثیرات مختلفی بر وقوع ناپایداری دامنه‌ای‌ها دارند. در منطقه مورد مطالعه ما بیش‌ترین حساسیت ناپایداری‌دامنه‌ای در جهت جنوب‌شرق وجود دارد (شکل ١٤) و می‌توان گفت تا حد متوسطی یک عامل غالب برای وقوع ناپایداری‌دامنه‌ای محسوب می‌گردد.

- فاصله از گسل

برای ایجاد نقشه گسل‌های منطقه از فایل رقومی نقشه گسل‌های سراب سازمان زمین‌شناسی تبریز استفاده شد و گسل‌های منطقه از درون آن استخراج گردید. برای این منظور نقشه فاصله از گسل منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی در ۵ طبقه تهیه گردید (شکل ٦). بررسی پراکندگی ناپایداری‌ها نسبت به گسل اصلی در منطقه نشان می‌دهد (شکل ۱۵) بیش‌ترین لغزش در فاصله ۳٦۰- ۰ متری از گسل وجود دارد که ناشی از خردشدگی سنگ‌ها توسط گسل می‌باشد که این امر باعث نفوذ آب از این مناطق به داخل دامنه و بروز ناپیوستگی در اطراف گسل‌ها می‌شود.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

- فاصله از رودخانه

رودخانه‌ها و زهکشی جریان‌ها ممکن است به علت شیب برشی و یا فرسایش جریان شکست و خرابی کناره‌ای رودخانه‌ها گردند و از عوامل افزایش رویداد ناپایداری در دامنه‌ها به‌شمار می‌روند؛ دامنه‌هایی که دارای شیب کم‌تری باشند، تراکم آبراهه‌ها بیش‌تر بوده، تراکم ناپایداری افزایش می‌یابد؛ این امر نقش مهم آبراهه‌ها را در ایجاد لغزش‌ها نشان می‌دهد. اما در جایی که شیب دامنه افزایش می‌یابد، میزان آبراهه‌ها پایین آمده و بـه تبع حرکات توده‌ای نیز کم‌تر می‌شود. آبراهه‌ها بدلیل وجود زهکشی آب و دیوارهای پرشیب معمولاً دارای ناپایداری بیش‌تری می‌باشند. نقشه فاصله از رودخانه در فواصل مختلف تهیه و در لایه‌ای ۵ طبقه‌ای جای گرفته است (شکل ۷). نتایج به‌دست آمده از بررسی نقشه پراکندگی ناپایداری‌های دامنه‌ای نسبت به آبراهه نشان می‌دهد که ۵۲/٦٤ درصد از ناپایداری‌ها در فاصله ۱۳۰٦ - ۰ متری از رودخانه قرار گرفته است که دقیقاً در دامنه‌های منتهی به رودخانه به وقوع پیوسته است. به عبارت بهتر ۸۰/۰۷ درصد از ناپایداری‌ها تا فاصله ۲۱۱٤ متری از رودخانه رخ داده‌اند (شکل ١٦). چون فرسایش کنار رودخانه‌ای باعث به هم خوردن تعادل شیب است و به هم خوردن این تعادل به شدت باعث ناپایداری دامنه شده است.

- فاصله ازجاده

جهت تحلیل رابطه فاصله از جاده با رویـداد ناپایداری دامنه‌ای در حوضه مورد مطالعه، لایه‌ای ۵ طبقه‌ای ایجاد گردید شکل (۸). انتظار می‌رفت با بررسی فاصله از جاده این نتیجه حاصل شود که در محدوده اطراف جاده فرآیند دامنه بیش‌تر اتفاق افتاده باشد اما به این صورت نبود. با فاصله گرفتن از جاده پتانسیل وقوع فرآیند دامنه‌ای افزایش یافته به‌طوری که در فاصله ٤٥٩٨-۲۹۰۸ متری از جاده به حداکثر وزن خود رسیده است (شکل ۱۷). دلیل این امر می‌تواند این موضوع باشد که در محدوده مورد مطالعه جاده آسفالت در قسمت‌های جنوبی منطقه است و در قسمت‌های شمالی تحت تاثیر سایر عوامل این پدیده رخ داده است.

- لیتولوژی

در مطالعات مربوط به ناپایداری دامنه‌ای بررسی ویژگی‌های لیتولوژی و تشخیص جنس و میزان مقاومت سنگ‌ها در برابر فرسایش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است از آنجا که خصوصیات لیتولوژی سنگ‌ها و واکنش آن‌ها در برابر عوامل هوازدگی و تخریب با توجه به بافت آن‌ها متفاوت می‌باشد. به‌منظور تهیه نقشه لیتولوژی، از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب استفاده گردید و واحدهای لیتولوژی بر این اساس تعریف گردید. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده توسط Peyrovan (2013) مقاومت هر یک از واحدهای سنگی و حساسیت آن‌ها در برابر فرسایش نیز تعیین شد. سنگ‌ها از نظر فرسایش‌پذیری در رده‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند که در محدوده مورد مطالعه، سنگ‌ها در هشت گروه لیتولوژیکی جای گرفته‌اند (شکل ۹). بررسی نتایج به‌دست آمده از تلفیق نقشه لیتولوژی با نقشه ناپایداری منطقه نشان می‌دهد (شکل ۱۸) که بیش‌ترین ناپایداری‌ها در سنگ‌های مقاوم (۵۸/۲۵) رخ داده است. وجود گسل‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

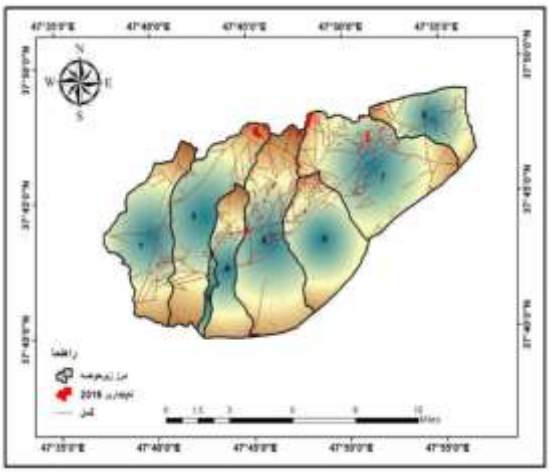
متعدد، پوشش‌گیاهی ضعیف و منطقه فاقد پوشش‌گیاهی و ارتفاع زیاد در محدوده منطبق بر سازندهای سخت باعث شده است ناپایداری بیش‌تری در این محدود رخ دهد.

- پوشش‌گیاهی

به منظور بررسی پوشش‌گیاهی از تصویر ماهواره لندست ۸ (سنجنده OLI) مربوط به سال (۲۰۱۶) استفاده گردید و جهت تهیه نقشه پوشش‌گیاهی منطقه مورد مطالعه از شاخص پوشش‌گیاهی (NDVI) استفاده شده است. شاخص پوشش‌گیاهی عملیات جبری بین باندها برای آشکار نمودن مناطقی است که ارزش‌های مختلف طیفی دارند مؤثر است. ارزش‌های بالا شاخص پوشش‌گیاهی شامل مناطق با تراکم پوشش‌گیاهی بالا می‌باشند در حالی‌که که مناطق فاقد پوشش‌گیاهی با ارزش‌های منفی مشخص می‌شوند. شکل (۱۰) وضعیت پوشش‌گیاهی منطقه را در چهار طبقه متراکم تا فاقد پوشش‌گیاهی نشان می‌دهد. بررسی نتایج به‌دست آمده از تلفیق نقشه پوشش‌گیاهی با نقشه لغزش‌های منطقه نشان می‌دهد (شکل ۱۹) که بیش‌ترین ناپایداری‌ها در منطقه فاقد پوشش‌گیاهی (۸۱/۹) رخ داده است. اثر پوشش‌گیاهی بر روی پایداری دامنه‌ها را می‌توان به‌وسیله نقش آن در افزایش مقاومت مصالح و کنترل محتوای آب توده‌های خاکی بیان کرد.

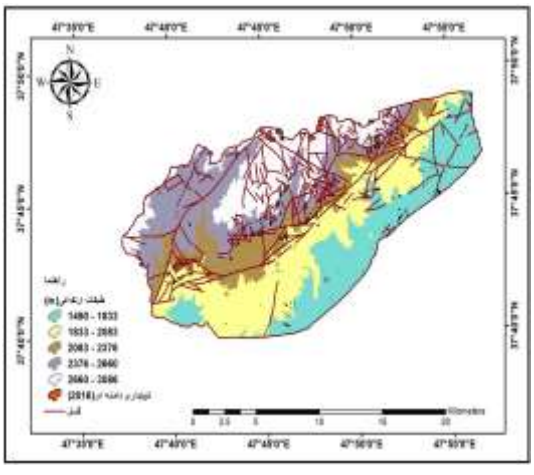
- کاربری اراضی

به منظور تعیین کاربری اراضی در حوضه مورد مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری استان آذربایجان‌شرقی استفاده شد. چهار تیپ باغ، صخره، زمین زراعی و سطوح آبی در منطقه شناسایی شد (شکل ۱۱). بیش‌ترین حساسیت به ناپایداری‌ها در اراضی صخره‌ای وجود دارد (شکل ۲۰)، این امر تا حدود زیادی می‌تواند ناشی از قرار گرفتن برای روی توپوگرافی و شیب تند، مناطق دارای پوشش‌گیاهی ضعیف و فاقد پوشش‌گیاهی وجود منطقه خورد شده گسلی باشد.



شکل ۲: نقشه پراکنش ناپایداری‌های دامنه‌ای

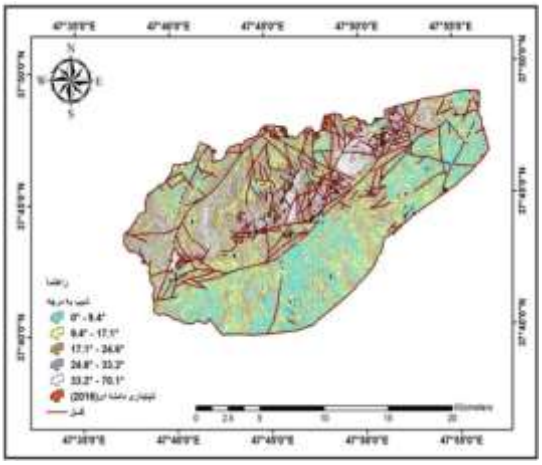
Figure 2: Distribution map of slope instabilities



شکل ۳: نقشه طبقات ارتفاعی

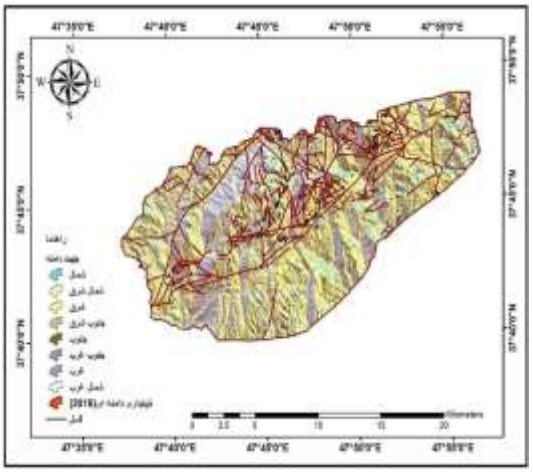
Figure 3: Elevation map

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]



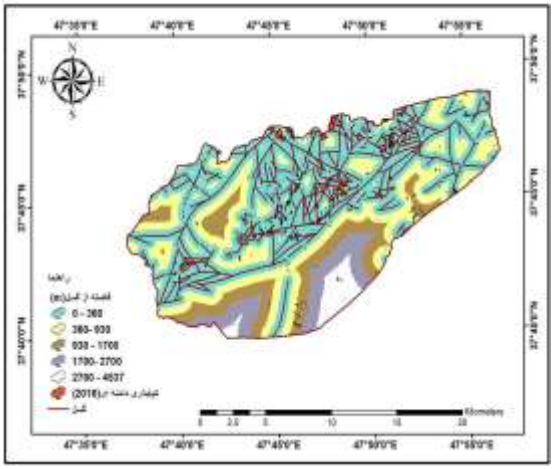
شکل ٤: نقشه شیب

Figure 4: Gradient map



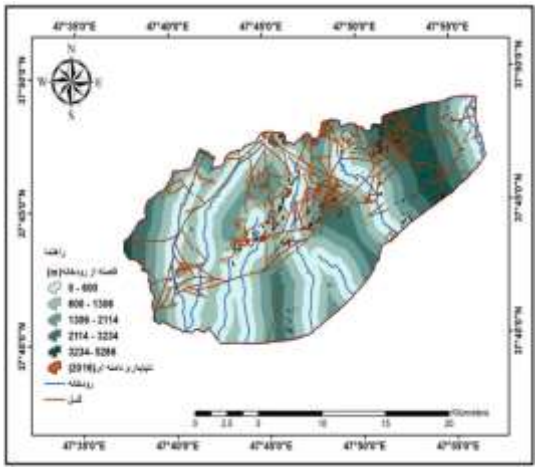
شکل ٥: نقشه جهت شیب

Figure 5: Aspect map



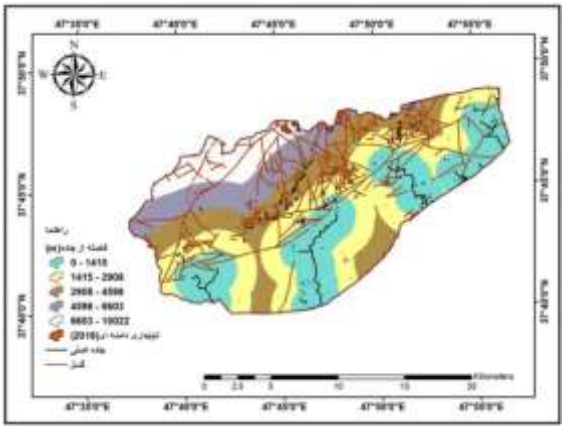
شکل ٦: نقشه فاصله از گسل

Figure 6: Distance to fault map



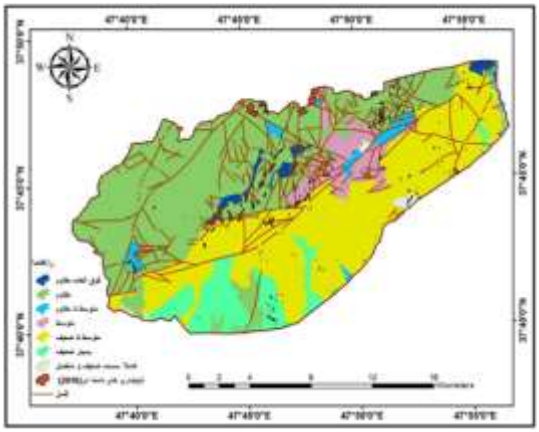
شکل ۷: نقشه فاصله از رودخانه

Figure 7: Distance to river map



شکل ۸: نقشه فاصله از جاده

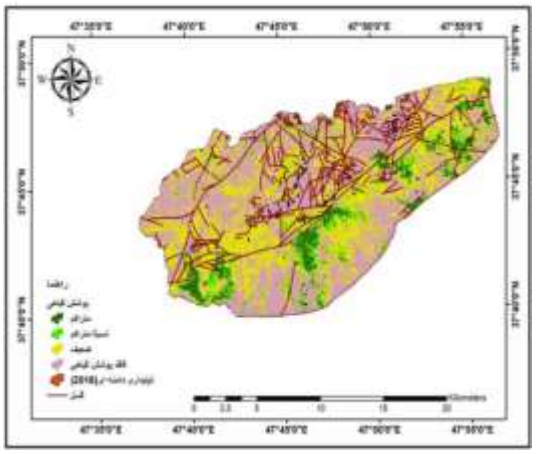
Figure 8: Distance to road map



شکل ۹: نقشه لیتولوژی

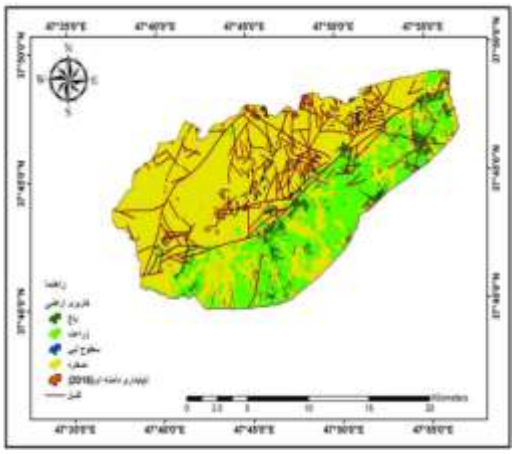
Figure 9: Lithology map

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]



شکل ۱۰: نقشه پوشش گیاهی

Figure 10: Vegetation map



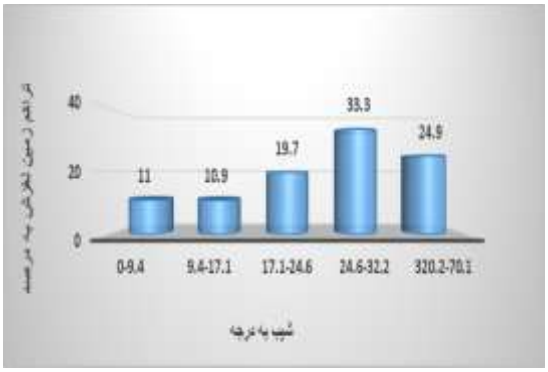
شکل ۱۱: نقشه کاربری اراضی

Figure 11: Land use map



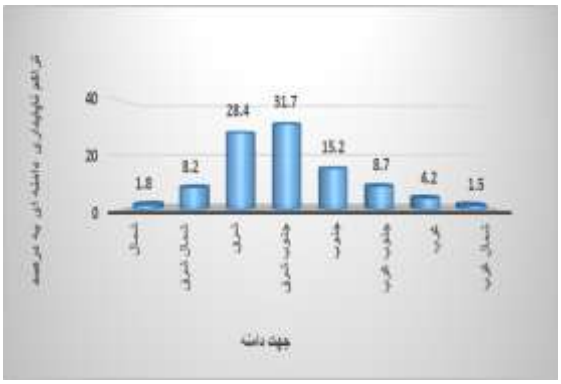
شکل ۱۲: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های طبقات ارتفاعی

Figure 12: Density percent plot of slope instability for elevation classes



شکل ۱۳: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های شیب

Figure 13: Density percent plot of slope instability for gradient classes



شکل ۱۴: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های جهت دامنه

Figure 14: Density percent plot of slope instability for aspect classes



شکل ۱۵: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های فاصله از گسل

Figure 15: Density percent plot of slope instability for distance to fault classes

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]



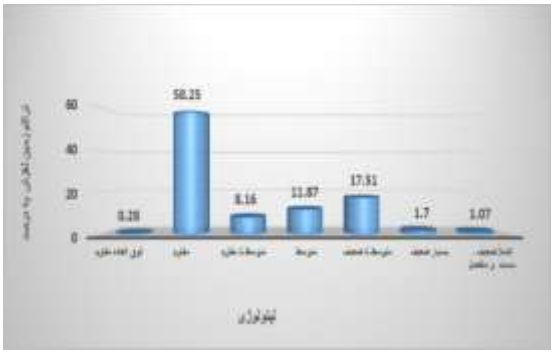
شکل ۱۶: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های فاصله از رودخانه

Figure 16: Density percent plot of slope instability for distance to river classes



شکل ۱۷: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های فاصله از جاده

Figure 17: Density percent plot of slope instability for distance to road classes



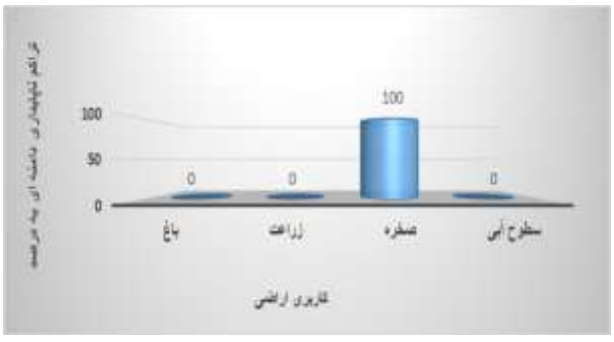
شکل ۱۸: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های لیتولوژی

Figure 18: Density percent plot of slope instability for lithology classes



شکل ۱۹: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های پوشش گیاهی

Figure 19: Density percent plot of slope instability for vegetation classes



شکل ۲۰: نمودار درصد تراکم ناپایداری دامنه‌ای در کلاس‌های کاربری اراضی

Figure 20: Density percent plot of slope instability for landuse classes

پس از اجرای مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از پارامترهای مؤثر در نرم‌افزار ادریسی، ضرایب مدل مطابق جدول (۱) استخراج شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

جدول ۱- ضرایب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

Table 1- Coefficients obtained from logistic regression model

ضرایب	متغیرهای مستقل	
-۱٤/٤۷۱۲۲٦۹۸	عدد ثابت	X_0
-۰/۰۰۱۷٤٤۸۰	فاصله از گسل	X_1
۰/۰۰۰۰۳٥٤۳	فاصله از رودخانه	X_2
-۰/۰۰۰۰۳٦۱۹	فاصله از جاده	X_3
۰/٤٦۰٤٥۹٥٥	لیتولوژی	X_4
۰/۸۷۹۳۹۹٦۹	پوشش گیاهی	X_5
-۰/٤۰۱۲٤٦	کاربری ازاضی	X_6
-۰/۱۳٦۳٦۹٦٥	جهت شیب	X_7
۱/۱٤۱۳۱٤۷۹	طبقات ارتفاعی	X_8
۰/۲۷٦۰۹٦٤۰	شیب	X_9

بنابراین با توجه به ضرایب ارائه شده در جدول ۵-۱۳، معادله رگرسیون لجستیک به صورت رابطه زیر می‌باشد.

معادله (٤)

$$\text{Logit (Land slide)} = -۱٤/٤۷۱۲۲٦۹۸ + (-۰/۰۰۱۷٤٤۸۰ * X_1) + (۰/۰۰۰۰۳٥٤۳ * X_2) + (-۰/۰۰۰۰۳٦۱۹ * X_3) + (۰/٤٦۰٤٥۹٥٥ * X_4) + (۰/۸۷۹۳۹۹٦۹ * X_5) + (-۰/٤۰۱۲٤٦ * X_6) + (- ۰/۱۳٦۳٦۹٦٥ * X_7) + (۱/۱٤۱۳۱٤۷۹ * X_8) + (۰/۲۷٦۰۹٦٤۰ * X_9)$$

شاخص‌های اعتبار مدل آماری حاصل از رگرسیون در جدول (۲) ارائه شده است. برای بررسی این مدل از تست ROC, Pseudo R Square, Chi Square استفاده شده است.

جدول ۲- شاخص‌های آماری حاصل از مدل رگرسیون

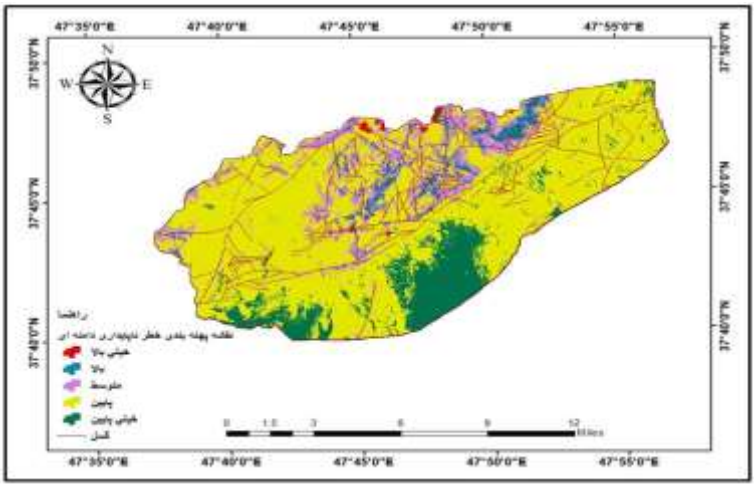
Table 2- Statistical indices obtained from logistic regression model

مقدار	شاخص
۱۱۹۳۰/٤۷۹٥	Chi Square
۰/۳۲۳۳	Pseudo R Square
۰/۹٦۲۳	ROC

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

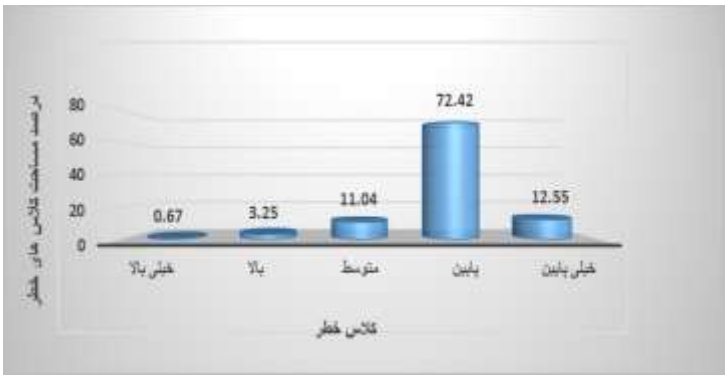
نقشه پهنه‌بندی

پس از تعیین وزن کلاس‌های عوامل مؤثر بر وقوع فرآیندهای دامنه‌ای و اهمیت نسبی هر عامل با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و بعد از مشخص شدن اعتبار مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از شاخص‌های فوق، نقشه حساسیت به فرآیند دامنه‌ای بر اساس معادله (٤) برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۲۱). در نهایت منطقه مورد مطالعه از نظر حساسیت به فرآیندهای دامنه‌ای به ۵ کلاس بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و بسیار پایین تقسیم شده است. پس از انجام پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ای درصد پهنه‌های ناپایداری در هر کلاس محاسبه شد نتیجه نشان داد که در محدوده مورد مطالعه، مناطقی که با خطر بسیار بالا پهنه‌بندی شده‌اند کم‌ترین درصد از میزان مساحت منطقه را به‌خود اختصاص داده‌اند، شکل (۲۲) نمودار مساحت تحت اشغال کلاس‌های خطر را در منطقه نشان می‌دهد. برای تصدیق وجود و ابعاد فرآیندهای دامنه‌ای برداشت شده توسط تصاویر ماهواره‌ای و صحت نتایج به‌دست آمده از مدل رگرسیون لجستیک، مطالعات و برداشت های صحرایی از منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است. فرآیندهای دامنه‌ای مورد بازدید روی زمین در شکل (۲۳) مشاهده می‌شود.



شکل ۲۱: نقشه پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ای به روش رگرسیون لجستیک

Figure 21: Slope instability zonation map by logistic regression method



شکل ۲۲: نمودار مساحت تحت اشغال کلاس‌های خطر در روش رگرسیون لجستیک

Figure 22: Diagram showing areas occupied by hazard classes in logistic regression method

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]



شکل ۲۳: ناپایداری‌های دامنه‌ای در روستای آوین – افضل آباد- بناروان

Figure 23: Slope instabilities in Avin, Afzalabad and Benarvan Villages

نتیجه‌گیری

قابلیت ارزیابی احتمالی وقوع ناپایداری دامنه‌ای در یک مکان خاص، در اجرای راهبردهای کاهش آثار آن، کمک زیادی می‌کند. خسارات ناشی از ناپایداری‌ها معمولاً منجر به تمهیدات مهندسی در جهت پایدار نمودن شیب‌ها می‌شود. برای کنترل و تثبیت شیب‌ها، نمی‌توان روش مشخص و ثابتی به‌کار گرفت. از این‌رو تشخیص نوع حرکت مواد باید مطالعه و بررسی گردد. به طور کلی، برای پیشگیری از حرکت و لغزش مواد بر روی شیب نیروهای مقاوم را می‌بایست افزایش داد و در نتیجه نیروهای محرکه و فعال را نسبت به نیروی مقاوم کاهش داد. جابه‌جایی مواد موجب کاهش نیروهای فعال بر روی شیب‌ها می‌شود. به همین دلیل زهکشی و تخلیهٔ آب از محیط می‌تواند به عنوان عاملی در پیشگیری در حرکت مواد به روی شیب مؤثر واقع گردد. پایدار کردن شیب همراه با روش‌های ساختمانی مقاوم در برابر این بلایا، به نظر می‌رسد که بهترین راه مؤثر برای کنترل در برابر بلایای حاصله از زمین‌لغزش‌ها باشد (Ghazbani, 2002). بر اساس نتایج حاصل از مدل رگرسیون لجستیک، در حدود ۰/٦۷ درصد منطقه مورد مطالعه از نظر وقوع ناپایداری دامنه‌ای در پهنه‌های با خطر بسیار بالا و حدود ۱۲/٥٤ درصد مساحت در پهنه با خطر بسیار پایین قرار دارد در مدل حاضر عامل طبقات ارتفاعی با بیش‌ترین ضریب بهترین متغیر پیش‌بینی کننده احتمال وقوع ناپایداری‌دامنه‌ای در منطقه است.

در خصوص شاخص‌های آماری مرتبط با مدل رگرسیون لجستیک نیز می‌توان گفت که با توجه به این‌که در این پژوهش مقدار شاخص Pseudo R Square برابر ۰/۳۲ انتخاب گردیده است و همچنین با توجه به این‌که این مقدار بزرگ‌تر از آستانه ۰/۲ می باشد، این مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد. مقدار شاخص Chi Square نیز برابر ۱۱۹۳۰ انتخاب گردیده است که با توجه به این مقدار آن بسیار بیش‌تر از مقدار آستانه تعیین شده است در نتیجه فرض صفر بودن تمام ضرایب نیز رد می‌گردد. سطح زیر منحنی ROC نیز برابر با ۰/۹٦ انتخاب گردیده است که مقدار بسیار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

بالایی را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که حرکات توده‌ای مشاهده شده، رابطه قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارد.

در نهایت منطقه مورد مطالعه به ۵ کلاس خطر فرآیندهای دامنه ای خیلی پایین، پایین، متوسط، بالا، بسیار بالا تقسیم بندی شد. از کل منطقه مورد مطالعه به وسعت ۲۸۷/۰۹ کیلومتر مربع ۱۲/۵۵ درصد آن در کلاس خیلی پایین (۳۵/۹۶ کیلومتر)، ۷۲/۴۲ درصد آن در کلاس پایین (۲۰۷/۹۳کیلومتر)، ۱۱/۰٤ درصد آن در کلاس متوسط (۳۱/۹ کیلومتر)، ۳/۲۵ درصد آن در کلاس بالا (۹/۰۰۱ کیلومتر)، ۰/٦۷ درصد آن در کلاس خیلی بالا (۱/۸۸) قرار گرفته است.

بیش‌ترین تعداد ناپایداری‌دامنه‌ای در ارتفاعات بالا در اراضی صخره‌ای که منطبق بر سنگ های خیلی‌سخت (۵۸/۲۵) رخ داده است، این امر تا حدود زیادی می‌تواند ناشی شیب زیاد، مناطق دارای پوشش‌گیاهی ضعیف و فاقد پوشش‌گیاهی و جود منطقه خرد شده گسلی باشد. بر اساس مشاهدات میدانی صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه فرآیندهای دامنه‌ای در امتداد گسل اصلی رخ داده است. توسعه شبکه زهکشی و آبراهه‌ها بر روی رخنمون‌های فرسایش‌پذیر سبب ایجاد منظره بدلندی (هزار دره) می‌گردد. با توجه به پژوهش انجام گرفته در منطقه می‌توان به این نتیجه رسید عوامل طبیعی، نقش اصلی و مهم‌تری را در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه ایفا کرده است. به این ترتیب، در اجرای طرح‌های عمرانی و توسعه (احداث راه) و یا در گردشگری با توجه به توان بالقوه بالا و بسیار بالای ناپایداری دامنه‌ای مواد ضروری می‌نماید.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

References

- Abedini, M., Qasemyan, B., Shirzadi, A., (2014), "Landslide occurrence risk modeling by logistic regression statistical model ,case study: Kurdistan Province, Bijar Township ", ***Geography and Development Quarterly***, 37: 85-102. [In Persian]
- Ahmadzadeh, H., (2005), "Erosion and sedimentation modeling for Qaleh-Chai catchment basin, Ajabshir, using satellite data in GIS environment", Roostayi, Shahram, M.Sc. Thesis, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Tabriz.
- Arabameri, A., Rezayi, K., Shirani, K., (2018), "Zonation and assessment of landslide hazard by using safety factor, area density and analytic hierarchy process (case study: Vank catchment area, Isfahan Province)", ***Geographical Space Periodical***, 62: 93-116. [In Persian].
- Asgari, S., Qanavati, E., Shadfar, S., (2018), "Spatial analysis of landslide indices affecting sediment load of Ilam Dam Catchment area", ***Geographical Space Periodical***, 62: 299-318 .[In Persian].
- Atkinson, P. M., Massari, R., (2011), "AutoLogistic modeling susceptibility to landsliding in the Apennines Italy", ***Geomorphology***, 1-2: 55-64.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., (2005), "The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan", ***Geomorphology***, 65 (1-2): 15-31 .[In Persian]
- Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T., (2005), "Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications", ***Engineering Geology***, 4: 432-445.
- Chen, Z., Jinfei, W., (2007), "Landslide hazard mapping using logistic regressionmodel in Mackenzie Valley Canada", ***Geomorphology***, 1: 75-89.
- Dai, FC., Lee, CF., (2002), "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS -Hong Kong", ***Geomorphology***, 42 (3-4): 213-228.
- Das, I., Sahoo, S., Westen, A., Stein, A., Hack, A., (2010), "Lanslidesusceptibility assessment using logistic regression and its comparison with a rock mass classification system, along road section in the northern Himalayas (India)", ***Geomorphology***, 114 (4): 627-637.
- Geological Survey of Iran, (1992), "***Report on geological quadrangle map of Sarab***", Theran: Geological survey of Iran. [In Persian].
- Ghazbani, F., (2002), "***Environmental geology***", Tehran: Tehran University Publications. [In Persian].
- Gomez, H., Kavzoglu, T., (2005), "Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonsa river basin, Venezuela", ***Engineering Geology***, 78 (1-2): 11-27.
- Gregory, C., Ohlmacher., J., Davis, C., (2003), "Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas", ***USA. Geomorphology***, 69 (3-4): 331-343.
- Karam, A., Toorani, M., (2013), "Landslide susceptibility zonation using linear regression and analytic hierarchy process methods case study: Haraz road from Roodhen to Rineh", ***Geographical sciences Applied Researches***, 13 (28): 177-190. [In Persian].
- Karimi Sangchini, E., Onaq, M., Saadodin, A., (2013), "Slope instability risk and damage assessment of Chehelchay catchment area - Golestan Province", ***Watershed management researches***, 26 (1): 74-84. [In Persian].
- Khaledi, S., Derafshi, K., Mehrjoonejad, A., Qarechahi, S., Khaledi, S., (2012), "Assessment of the factors affecting slope instability occurrence and its zonation by using logistic regression

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

model in GIS environment (case study: Taleqan Catchment area)", ***Geography and environmental hazards***, 1: 65- 82. [In Persian].
- Kordi, A., Dashti Marvvili, M., Motamed Vaziri, B., (2012), "Landslide hazard zonation by using multivariate regression (case study: Koohsar catchment area)", ***Journal of environmental erosion researches***, 8: 49-61. [In Persian].
- Menard, S. W., (1995), "***Applied logistic regression analysis***", Sage Publication, Thousand Oaks, CA.
- Meneveau, C., Scrrnivasan, K. R., (1991), "The multifractal nature of turbulent energy dissipation", ***J. Fluid Mech***, 224: 429-484
- Moradi, H., Dashti Marvvili, M., Ildoromi, A., (2014), "Preparing landslide hazard sensitivity map and its assessment by logistic regression", ***Grassland and Watershed Management Publication (Natural Resources Journal)***, 67 (4): 617-629. [In Persian].
- Motavalli, S., Ismaili, R., Hoseynzadeh, M. M., (2009), "Determining sensitivity to slope instability occurrence by using logistic regression in Vaz Catchment area (Mazandaran Province)", ***Natural Geography of Larestaan***, (5): 73-83. [In Persian].
- Peyrovan, H., Shariat Jafari, M., (2013), "Presenting a comprehensive method for determination of erodibility of lithological units regarding the geology of Iran", ***Scientific-research journal of catchment engineering and management***, 5o (3): 199-213. [In Persian].
- Rahimi, H., (2011), Temporal-spatial modeling of land cover variations by a combination of Markov Chain, artificial neural network and automated cells, M.CS thesis, Faculty of Geography, University of Tabriz. [In Persian].
- Saffari, A., Alimoradi, M., Hatami Fard, R., (2013), "Zonation for slope instability hazard by multivariate regression method using discrete data in Marbar River catchment area", ***Quantitative Geomorphological Researches Quarterly***, 3: 59-74. [In Persian].
- Sedaqat, H., Motamed Vaziri, B., Kavyan, A., Moosavi Khtair, S. Z., (2012), "Preparing map of sensitivity to mass movements by logistic regression statistical model (case study: Km 45-57 of Haraz Road from Amol)", ***Journal of Watershed management***, 19: 37-48. [In Persian].
- Shariat Jafari, M., (1996), "***Landslide (fundamentals and basics of natural slope stabilities)***", Tehran: Sazeh Publications. [In Persian].
- Shirani, K., Arabameri, A., (2015), "Zonation for slope instability hazard by logistic regression method (case study: Upper Dez catchment area)", ***Water and Soil Sciences (Agriculture and Natural resources Sciences and techniques)***, 19 (72): 321-334. [In Persian].
- Shirani, K., Haji Hashemi Jazi, M., Niknejad, S. A., Rakhsha, S., (2012), "Zonation for slope instability hazard potential by analytic hierarchy process method (AHP) and multivariate regression (MR) case study: Sarab- Northern Karoon catchment area", ***Grassland and Watershed Management Publication (Natural Resources Journal)***, 65 (3): 321-334. [In Persian].
- Van Westen, C. J., Castellanos, E., Kuriakose, S. L. (2008), "Spatial data for landslid susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview", ***Engineering Geology***, 102 (3-4): 112-131. [In Persian].
- Wati, S. E., (2010), "Integrating landslide susceptibility into land capability assessment for spatial planning: a case study in Tawangmangu Sub District", Karanganyar Regency, Indonesia. M.Sc Thesis. ITC Univ. Twente Netherlands and GMU Yogyakarta.
- Yilmaz, I., (2009), "Landslid susceptibiliry mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study Kat landslides (Tokat- Turkey)", ***Computers and Geosiences***, 35 (6): 1125-1138.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]

- Qahroodi Tali, M., Qolizadeh, A., (2016), "Slope movements potential in Zangmar river catchment area (Makoo City)", ***Geographical Space Periodical***, 55: 257-272. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-28]