فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۵

ابوالقاسم امیراحمدی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری
مجید ابراهیمی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری
محمود حبیب اللهیان، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری
محمدعلی زنگنه اسدی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری

A. Amirahmadi, Ph.D
M. Ebrahimi
M. Habibolahian
M.A. Zangeneh Asadi, Ph.D

E-mail: amirahmadi1388@gmail.com

شماره مقاله: ۹۹۶ **صص: ۲۵۹-۲۴۱**
وصول: ۹۳/۳/۵ **پذیرش: ۹۳/۹/۴**

بررسی ناپایداری ژئومورفولوژیک دامنه‌ای به روش آنبالاگان با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کلات در ارتفاعات هزار مسجد)

چکیده

پدیده لغزش همانند پدیده‌های زمین لرزه، سیل وآتشفشان، از بلایای طبیعی مهم به‌شمار می‌رود که هر ساله رخداد آن در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور خسارات و صدمات قابل ملاحظه‌ای به بار می‌آورد. امروزه در کشورهای درگیر با مسأله زمین‌لغزش، تمایل فزاینده‌ای برای ارزیابی و پهنه‌بندی خطر و خسارت این پدیده وجود دارد. هدف از پژوهش حاضر، تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش آنبالاگان در حوضه آبخیز کلات است. در این تحقیق، به‌منظور پی بردن به میزان ناپایداری در قسمت‌های مختلف نقشه‌های هر یک از عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش، اطلاعات مربوط به لیتولوژی، شیب، ارتفاع نسبی، کاربری و پوشش زمین، ناپیوستگی ساختاری و آب زیرزمینی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. سپس بر اساس روش آنبالاگان کل منطقه مورد مطالعه به ۲۶ واحد کاری تقسیم، و عوامل تأثیرگذار در زمین‌لغزش به صورت جداگانه در هر کدام از واحدهای کاری ارزیابی شد و ارزش عددی هر کدام به‌دست آمد و در نهایت، کل امتیازات جمع شد و بر اساس امتیازات به‌دست آمده نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای کل منطقه ترسیم گردید. بر اساس این نقشه، پهنه‌های خطر خیلی زیاد ۳۱/۱۳ کیلومترمربع از مساحت کل منطقه یا ۱۸/۵۲ درصد از اراضی را به خود اختصاص داده که در نزدیک روستاها و محل عبور جاده قرار گرفته‌اند. مناطق با خطر زیاد ۳۷/۳۰ درصد منطقه مورد مطالعه، پهنه با خطر متوسط ۲۳/۸ درصد و پهنه با خطر کم ۲۰/۳۸ درصد از منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد که ناپایداری ژئومورفولوژیک دامنه‌ای رابطه مستقیمی با شیب توپوگرافی، مقدار سازندهای سطحی و نوع آن و مواد هوازده و آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه دارد.

واژه‌های کلیدی: زمین‌لغزش، روش آنبالاگان، پهنه‌بندی، حوضه آبریز کلات.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

مقدمه

حرکت توده‌ای مواد عبارت از جابه‌جایی مواد هوازده و سنگ‌های روی دامنه تحت تأثیر نیروی ثقل است. شناخت و تشخیص انواع حرکات توده‌ای حداقل به سال‌های ۱۸۶۰ میلادی در چین باز می‌گردد (برآب[1]،۱۹۹۱: ۵۲). رخدادهای طبیعی فرایندهای پیچیده‌ای هستند که بر تمامی بخش‌های کره زمین تأثیر می‌گذارند. در این میان، زمین‌لغزش به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی همواره در سراسر جهان در حال رخ دادن بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است (نیازی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹). امروزه نیاز فزاینده‌ای برای مدیریت خطر زمین‌لغزش به صورت کمی و پهنه‌بندی آن وجود دارد (فل[2] و همکاران، ۲۰۰۸: ۸۶). تهیه نقشه وقوع خطر زمین‌لغزش، ابزاری اساسی برای فعالیت‌های مدیریت بحران در نواحی کوهستانی است (کومار[3]، ۲۰۰۸: ۴۹۶). به‌طور کلی، ایران به علت مساعد بودن شرایط جغرافیایی و فقدان مدیریت جامع محیط و عدم رعایت آستانه‌های محیطی به عنوان یک کشور پرخطر به شمار می‌رود، به‌طوری‌که از حدود ۴۳ خطر طبیعی و تاحدی با دخالت انسان تقریباً ۳۸ خطر در ایران شناسایی و ثبت شده و به علت تعدد، تنوع و تکرار و شدت وقوع خطرهای طبیعی و ناآرامی‌های محیط در ردیف ۱۰ کشور بلاخیز جهان قرار گرفته است (محمدی و همکاران ،۱۳۸۳: ۳۸۸). ایران رکورددار بزرگ‌ترین زمین‌لغزش تاریخی در نیمکره شمالی و احتمالا درجهان است (زمین‌لغزش سمیره در استان لرستان) که طول آن ۱۵ و عرض آن ۲۰ کیلومتر است. البته، هیچ‌گونه خسارت مستقیمی برای آن گزارش نشده است (بروشکه،۱۳۸۴: ۳۷۰). تهیه نقشه وقوع خطر زمین‌لغزش، ابزاری اساسی برای فعالیت‌های مدیریت بحران در نواحی کوهستانی است (کومار[4]، ۲۰۰۸: ۴۹۶). پژوهش‌های مختلفی در جهان و ایران در ارتباط با زمین‌لغزش انجام شده که می‌توان به مواردی چند اشاره نمود: آنبالاگان[5](۱۹۹۶)، به شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش ناحیه کوهستانی کاتگودام–ناینیتال در کومان هیمالایا و پهنه‌بندی آن با استفاده از فاکتورهای ارزیابی خطر زمین‌لغزش(LHEF[6]) پرداخت. نتایج نشان داد که پارامترهای لیتولوژی، ساختار زمین‌شناسی، شیب و کاربری اراضی بیشترین نقش را در وقوع لغزش‌های این ناحیه دارند. کولار[7] و همکاران (۲۰۰۰) با تلفیق نقشه‌های نرخ شیب، نرخ سطح و سطح زمین‌لغزش نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش ناحیه میزوران[8] در شمال‌شرقی هند را تهیه و اظهار نموده‌اند که نقشه تهیّه شده با زمین‌لغزش‌های موجود مطابقت دارد. اوکاک اغلو[9] و همکاران (۲۰۰۲)، نیز در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه، به مطالعه دینامیک حرکات توده‌ای پیچیده ناشی از بارش سنگین پرداختند. تحلیل داده‌های بارش برای دوره‌های طولانی و کوتاه روزانه و ساعتی توسط آنها به وضوح دلالت بر این دارد که بارش سنگین در لغزش به عنوان یک عامل محرک نقش دارد. سپس توپوگرافی، شیب، لایه‌بندی مارن، تراکم زیاد درختان و افق خاک ضخیم بر روی زمین مارنی، نقش مؤثری در وقوع انواع زمین‌لغزش‌ها داشته‌اند. سوسوکی[10] و همکاران (۲۰۰۷) در منطقه کلون پروگو[1]،

1- Barab
2- Fell et al
3- Kumar Dahal
4- Kumar Dahal
5- R. Anbalagan
6- Landslide Hazard Evaluation Factor
7- Khullar
8- Mizoran
9- Ocakoglu
10- Su Su kyi

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

پروگو[1]، درکشور اندونزی با استفاده از مدل کمّی به نام تیپ II ، عواملی مانند: سنگ‌شناسی، بارندگی، وضعیت آب‌های زیرزمینی، شیب زمین، جهت دامنه، کاربری اراضی و فعالیت انسانی را امتیازدهی و اثر آنها را بر زمین‌لغزش تعیین نمودند. نتایج نشان داد که اثر شیب و سنگ‌شناسی در میزان زمین‌لغزش مهم‌تر از سایر عوامل هستند. رگمی و همکاران[2](۲۰۱۰) در غرب کلرادوی آمریکا به منظور مدل‌سازی حساسیت زمین‌لغزش از تئوری بیزین استفاده کردند. در این تحقیق از هفده عامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش استفاده شد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از تئوری احتمالاتی بیزین می‌تواند در پیش‌بینی وقوع حوادث طبیعی، از جمله زمین‌لغزش‌ها به عنوان یک روش خوب استفاده شود. روستایی (۱۳۷۹)، دینامیک لغزش‌های زمین و علل وقوع آنها را با استفاده از روش‌های مورفومتری در حوضه آبخیز اهر چای انجام داد و از مدل آنبالاگان برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در این حوضه استفاده کرد. طلایی دولق و غیومیان (۱۳۸۰)، در شناخت و بررسی عوامل مؤثر در لغزش‌خیزی روستاهای جنوب غرب خلخال به این نتیجه دست یافتند که، حضور رس در سازندهای حساس منطقه با جذب آب و بر اثر خاصیت تورم و خمیری به عنوان یکی از عوامل اصلی حرکات دامنه‌ای است. فیض‌نیا و محمدی (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی حوضه آبخیز دماوند را با بهره‌گیری از درون‌یابی ویژه و درصد دهی به هر یک از زیر عامل‌ها انجام داد و عوامل مؤثر بر رخداد زمین‌لغزش را، عامل کاربری زمین، سازند زمین‌شناسی، بارندگی، شیب، جهت شیب و ارتفاع تشخیص دادند. باقری مهرورز و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهشی به تهیه نقشه خطر ناپایداری دامنه‌ها در تاقدیس کنگان اقدام نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که سازندهای پابده، گورپی و نیز نهشته‌های عهد حاضر با ۴۷درصد از پوشش سطحی منطقه، جزو مناطق حساس به خطر ناپایداری در منطقه مورد مطالعه هستند. با وجود پیچیدگی در ساختار و رفتار زمین، این پدیده قابل پیش‌بینی‌ترین خطر زمین‌شناختی به شمار می‌رود و مدیریت پذیری بالایی دارد. هم‌اکنون در کشورهای درگیر با مسأله زمین‌لغزش، تمایل فزاینده‌ای به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر و خسارت این پدیده فراگیر با ابداع مدل‌های متنوع و شاخص سازی متناسب با شرایط و نیازها وجود دارد تا از نتایج آن بتوان در هدایت برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی و تقویت سیستم اعلام هشدارهای طبیعی و ایمنی جامعه استفاده نمود. لذا با توجه به حجم عظیم خسارات جانی و مالی، مطالعه و بررسی این پدیده ژئومورفولوژی و آگاهی از پایداری دامنه‌ها به منظور جلوگیری از کاهش خطرها و خسارات ناشی از آن لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

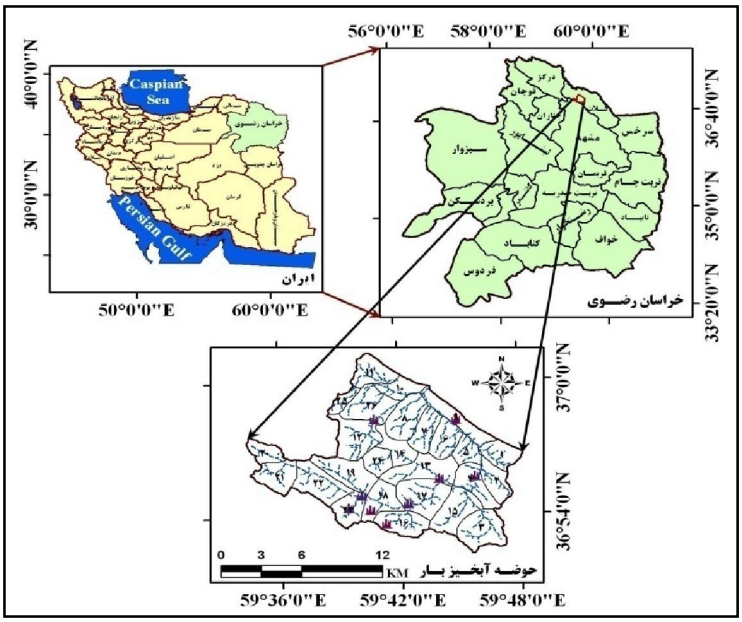
داده‌ها و روش پژوهش

محدوده مورد مطالعه شامل حوضه آبخیز کلات است که از نظر طبیعی در ارتفاعات هزار مسجد و شرق کپه داغ واقع شده است. این حوضه به لحاظ موقعیّت سیاسی در شمال شرق کشور و استان خراسان رضوی واقع شده که از شمال به خط‌الرأس ارتفاعات کلات و شهر کلات، از شرق به کوه‌های هزار مسجد و از جنوب به شهرستان مشهد و از غرب به ارتفاعات لائین نو کلات محدود است. از نظر موقعیّت جغرافیایی این حوضه در ۵۲´۷ °۳۶ تا ۵۷´۳۰ °۳۶ عرض شمالی و ۳۹´۳۰ °۵۹ تا ۴۷´۱۰ °۵۹ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). وسعت حوضه ۱۶۸/۳۷ کیلومتر مربع است. بالاترین

2- Kolunprogo
2- Regmi et al.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

نقطه ارتفاعی منطقه ۲۷۰۹ متر و ارتفاع حداقل منطقه ۶۰۰ متر در خروجی حوضه است. سازندهای زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه از چینه‌شناسی حوضه کپه‌داغ تبعیت می‌کند. به‌طور کلی، رسوبات دوران دوم، سوم و چهارم زمین‌شناسی در سطح حوضه مورد مطالعه گسترش دارد.



شکل۱) موقعیّت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از روش پهنه‌بندی آنبالاگان که یکی از روش‌های متداول در پهنه‌بندی زمین‌لغزش است، استفاده شد. این روش برای اجرای طرح‌های توسعه در مناطق کوهستانی کمک قابل توجهی به طراحان و مهندسان می‌کند. این روش که برای تهیه نقشه (L.H.Z[1]) بر اساس طرح امتیازدهی پایه‌گذاری شده، روش امتیاز دهی به عامل ارزیابی خطر زمین‌لغزش نامیده می‌شود (مددی، ۱۳۸۹: ۸۰؛ باقری مهرورز، ۱۳۸۸: ۲۰۷). روش مذکور به عوامل عمده مؤثر در ناپایداری دامنه، مثل زمین‌شناسی، شیب، کاربری و پوشش زمین، اختلاف ارتفاع و شرایط آب زیرزمینی بستگی دارد. بر اساس روش آنبالاگان متغیرهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌ها، به شش گروه اصلی قابل تفکیک هستند که مجموع امتیازات این متغیرها با توجه به جدول (۱) برابر با ۱۰ خواهد بود. در نهایت، پس از امتیازدهی به عوامل فوق بر اساس جدول (۲)، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تهیّه و ترسیم گردید. برای تهیّه نقشه ابتدا منطقه مورد مطالعه به ۲۶ واحد کاری تقسیم (شکل ۱) و در هر واحد به عوامل تأثیرگذار در لغزش امتیاز داده شد و سپس نقشه حساسیت خطر زمین‌لغزش با توجه به جدول (۱۲) در چهار طبقه ترسیم گردید. شکل (۲) مراحل انجام کار در روش آنبالاگان از مطالعات پایه تا پهنه‌بندی ناپایداری دامنه را نشان می‌دهد.

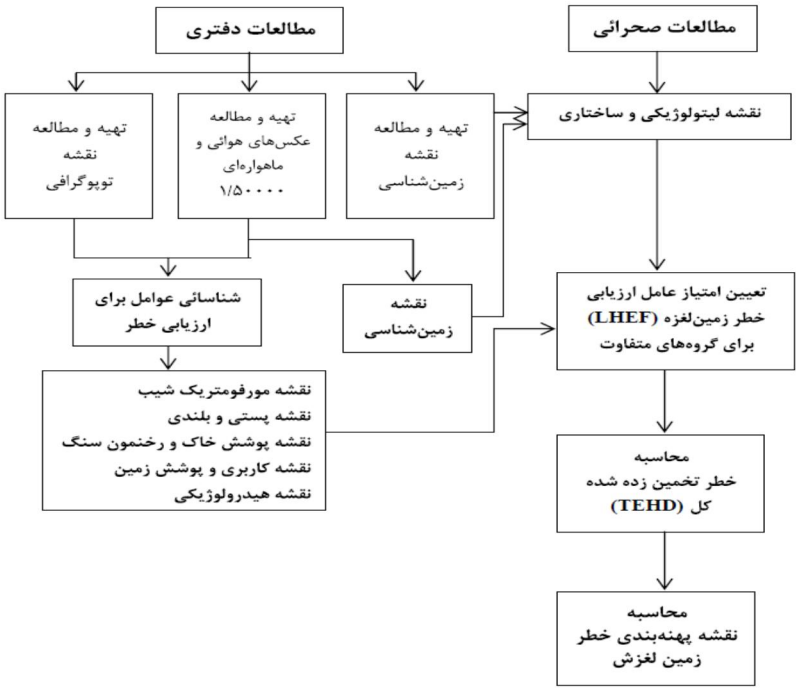
1- Land slide Hazard Zonation

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

جدول ۱) متغییرهای شش‌گانه و امتیازات آنها در وقوع ناپایداری‌های دامنه به روش آنبالاگان

شاخص یا متغییر	حداکثر امتیاز	وضعیت تأثیر
سازند زمین‌شناسی (لیتولوژی)	۲	زیاد
هندسه شیب یا زاویه شیب	۲	زیاد
ناپیوستگی ساختاری یا زمین ساخت منطقه	۲	زیاد
اختلاف ارتفاع یا ارتفاع نسبی	۱	متوسط
کاربری و پوشش زمین	۲	زیاد
شرایط آب زیرزمینی یا رطوبت خاک	۱	متوسط
مجموع امتیازات	۱۰	------

مأخذ:Nagarajan et al, 2000:125



شکل۲) فرایند کار در روش آنبالاگان از مطالعات پایه تا پهنه‌بندی ناپایداری دامنه

مأخذ: آنبالاگان و همکاران، ۲۰۰۷

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

جدول۲) امتیازدهی به عوامل مؤثر در ناپایداری شیب‌ها بر اساس روش آنبالاگان

عامل مؤثر در ناپایداری	توصیف	گروه‌بندی عوامل	امتیاز
الف) سنگ‌شناسی	تیپ سنگ	تیپ I	
		کوارتزیت و آهک	۰/۲
		گرانیت و گابرو	۰/۳
		کنیس	۰/۴
		تیپ II	
		سنگ‌های خوب سیمانی شده رسوبی، به‌طور غالب ماسه سنگ با لایه‌های نازک سنگ رس	۱
		سنگ‌های رسوبی ضعیف سیمانی شده، به‌طور غالب ماسه سنگ با لایه‌های نازک شیل، رس	۱/۳
		تیپ III	
		اسلیت و فیلیت	۱/۲
		شیست	۱/۳
		شیل با سنگ‌های بین لایه‌ای رسی و غیررسی	۱/۸
		شیل بسیار هوازده، فیلیت و شیست	۲
	تیپ خاک	خاکریز فلوویال خوب متراکم شده قدیمی (Alluvial)	۰/۸
		خاک رسی با سطح طبیعی تشکیل شده از (Eluvial)	۱
		خاک ماسه‌ای با سطح طبیعی	۱/۴
		واریزه‌های غالباً متشکل از قطعات سنگ همراه با خاک رسی یا ماسه‌ای (Collovial):	
		خوب متراکم شده قدیمی‌تر	۱/۲
		مواد ضعیف و جوانتر	۲
ب) ساختار: ارتباط ناپیوستگی‌های ساختاری با شیب	۱) ارتباط برابری بین شیب و ناپیوستگی	I بزرگتر ۳۰ درجه	۰/۲
		II ۳۰-۲۱ درجه	۰/۲۵
		III ۲۰-۱۱ درجه	۰/۳۰
	صفحه‌ای	IV ۱۰-۶ درجه	۰/۴۰
	گوه‌ای	V کمتر از ۵ درجه	۰/۵۰
	۲) ارتباط شیب ناپیوستگی و مقدار شیب صفحه‌ای و گوه‌ای	I – بیشتر از ۱۰ درجه	۰/۳
		II – ۱۰-۰ درجه	۰/۵
		III – ۰	۰/۷
		IV – ۰ – ۱۰ -	۰/۸
		V – بیشتر از ۱۰-	۱
	۳) شیب ناپیوستگی صفحه‌ای گوه‌ای	I – کمتر از ۱۵ درجه	۰/۲
		II – ۲۵-۱۶ درجه	۰/۲۵
		III – ۳۵-۲۶ درجه	۰/۳
		IV – ۴۵-۳۶درجه	۰/۴
		V – بیشتر از ۴۵ درجه	۰/۵

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

ج) مورفولوژی شیب	پرتگاه/ صخره	بیشتر از ۴۵ درجه	۰/۲
	شیب تند	۴۵-۳۶ درجه	۱/۷
	شیب نسبتاً تند	۳۵-۲۶ درجه	۱/۲
	شیب آرام	۲۵-۱۶ درجه	۰/۸
	شیب بسیار آرام	کمتر از ۱۵ درجه	۰/۵
د) اختلاف ارتفاع (پستی و بلندی نسبی)	کم	کمتر از ۱۰۰ متر	۰/۳
	متوسط	۳۰۰-۱۰۱ متر	۰/۶
	زیاد	بیش از ۳۰۰متر	۱
هـ) کاربری و پوشش زمین	زمین کشاورزی / منطقه مسکونی پرجمعیت		۰/۶۵
	منطقه جنگلی انبوه		۰/۸
	منطقه‌ای با پوشش گیاهی‌متوسط		۱/۲
	منطقه‌ای با پوشش گیاهی پراکنده		۱/۵
و) شرایط آب زیرزمینی	زمین لم یزرع		۲
	در حال جریان		۱
	اشباع		۰/۸
	مرطوب (تقریباً تر)		۰/۵
	نم‌دار		۰/۲
	خشک		۰

مأخذ: شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۶۹

یافته‌های پژوهش

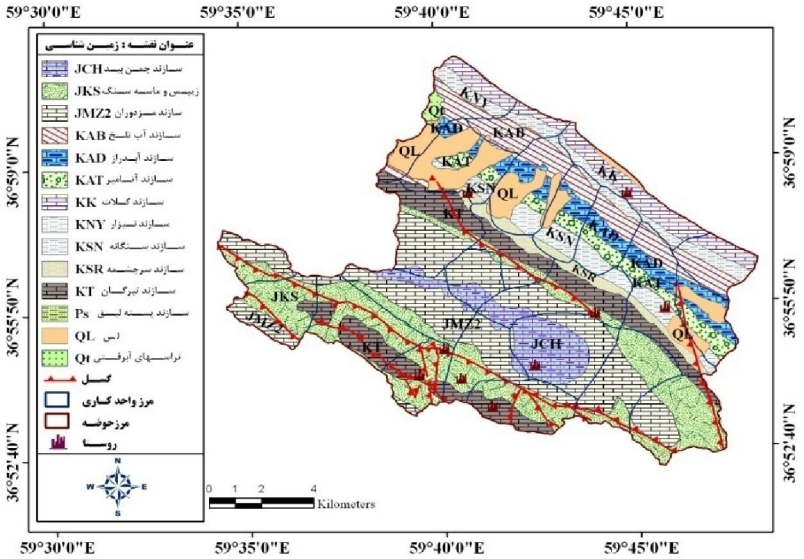
عوامل تأثیرگذار در ناپایداری دامنه‌ای بر اساس مدل آنبالاگان

- لیتولوژی

لیتولوژی‌های مختلف حساسیت‌های متفاوت به روندهای هوازدگی و عوامل فرسایشی دارند که این وضعیت به گوناگونی محصولات هوازدگی و بنابراین، تنوعی از گسیختگی‌های دامنه‌ای منجر می‌شود (باقری مهرورز،۱۳۸۸، ۲۰۷). به منظور امتیازدهی به متغیر زمین شناسی، ابتدا لایه زمین‌شناسی حوضه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در محیط ArcGIS تهیه شد. سپس امتیازات هر یک از واحدهای سنگی در واحدهای کاری به‌دست آمد. در منطقه کلات وجود رشته ارتفاعات هزارمسجد با ویژگی‌های چین‌خورده که به صورت تاقدیس –ناودیس در آمده‌اند، از لیتولوژی نسبتاً متنوعی برخوردارند. حوضه کلات دارای سازندهای ژوراسیک(سازند کشف رود) تا سازندهای عهد حاضر(آبرفت‌های کواترنر) بوده که هر یک از آن‌ها با تنوعی از واحدهای سنگی امتیازگذاری را مشکل ساز نموده است؛ برای مثال، در سازند چمن بید، آهک‌های نازک لایه با میان لایه‌های مارنی و شیلی مخلوط شده‌اند و به آن‌ها نمی‌توان امتیاز آهک و یا امتیاز سنگ مارن و شیل را داد. بنابراین، برای امتیازدهی از میانگین امتیازات جدول آنبالاگان استفاده شده است.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

امتیازگذاری این متغیر از طریق همپوشانی نقشه‌های واحدکاری و زمین‌شناسی انجام شده است. مقدار امتیاز سازندهای موجود در منطقه بر اساس مطالعات کیفیت توده سنگ‌ها طبق جدول (۳) تعیین شده است.



شکل ۳) نقشه زمین شناسی حوضه آبخیز کلات

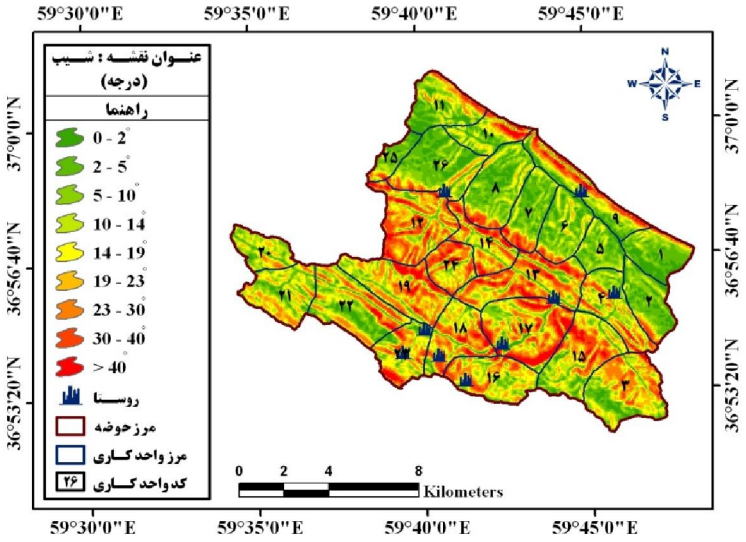
جدول ۳) امتیازدهی متغیر لیتولوژی در هر یک از واحدهای کاری بر اساس مدل آنبالاگان

ردیف	تیپ و مشخصات واحدهای لیتولوژیک	امتیاز	تعداد واحد کاری
۱	آهک و دولومیت توده‌ای یا ماسیو، سازند مزدوران۲ (JMZ2)	۰/۲	۲
۲	آهک لایه‌ای با میان لایه مارنی، چمن بید (Jch)	۰/۳	۴
۳	مارن‌ها و گچ‌ها، سازند آب تلخ (KAB)	۱/۳	۱
۴	ژیپس و مارن‌های قرمز رنگ و شیل و ماسه سنگ، سازند شوریجه	۲	۱
۵	ماسه سنگ و سیلت ژوراسیک (JKS)	۰/۳	۱
۶	آبرفت‌ها و تراس‌های درشت دانه کواترنری (Qt)	۲	۳
۷	لس‌های کم ضخامت با خاک‌های گراولی دامنه‌ای (QL)	۲	۱
۸	مارن‌های قرمز رنگ توأم با ماسه سنگ خرد شده، سازند پستلیق (PS)	۱/۸	۱
۹	آهک با میان لایه‌های شیل و مارن، سازند تیرگان (Kt)	۱/۴	۲
۱۰	کنگلومرا، آهک‌های خردشده و مارن گچدار، سازند سرچشمه (KSR)	۱/۸	۱
۱۱	آهک و ماسه سنگ سازند سنگانه (Ksn)	۰/۵	۱
۱۲	سازند نیزار متشکل از مارن و آهک‌های لایه‌ای (Kny)	۰/۸	۲
۱۳	آهک ماسه‌ای، سازند کلات (KK)	۰/۳	۴
۱۴	شیل با میان لایه‌های آهک، سازند آتامیر (Kat)	۱/۷	۱
۱۵	مارن گچ دار و رس، سازند آب دراز (KAD)	۲	۱

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

- شیب دامنه

هندسه شیب به عنوان فاکتور مهمی در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای محسوب می‌گردد. برای تولید نقشه شیب از مدل ارتفاع رقومی(DEM) با اندازه سلول ۱۰ متر استفاده شده است. توزیع گروه‌های شیب در دو قسمت، شیب صفحه لایه‌بندی (جدول ۴) و شیب توپوگرافی (جدول ۵) برای حوضه کلات آورده شده است. توزیع گروه‌های شیب به مورفولوژی سنگ‌های منطقه وابسته است و زاویه شیب دامنه، ویژگی‌های منطقه را برای وقوع ناپایداری‌ها مشخص می‌کند (خضری و همکاران، ۱۳۸۵: ۵۴). در منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های توپوگرافی، مناطق همسان از نظر شیب جدا شده و برای هر قسمت میزان درصد و درجه شیب محاسبه شد. بدین ترتیب، منطقه مورد مطالعه به پنج گروه تقسیم و بر اساس جدول‌های۴ و ۵ امتیازدهی انجام گرفت. برای ارزیابی ناپایداری‌های دامنه‌ای ضمن کلاسه‌بندی شیب‌ها به صورت مجزا مقدار آن در هر واحد کاری بر اساس همپوشانی نقشه واحدهای کاری با نقشه شیب به‌دست آمده است. شیب‌های کمتر از ۱۵ درجه در طبقه‌بندی آنبالاگان دارای کمترین امتیاز(۰/۲) و شیب‌های بیش از ۲۵ درجه دارای شرایط مساعد و بسیار حساس برای ناپایداری‌ها هستند.



شکل ۴) نقشه کلاسه‌بندی شیب حوضه آبخیز کلات

جدول ۴) امتیازدهی به شیب صفحه لایه‌بندی در حوضه آبخیز کلات بر اساس مدل آنبالاگان

گروه	دامنه شیب صفحه‌ای و گوه‌ای	امتیاز	تعداد واحد کاری
I	۱۵ > درجه	۰/۲	۲
II	۲۵ – ۱۶ درجه	۰/۲۵	۷
III	۳۵ – ۲۶ درجه	۰/۳۰	۱۰
Iv	۳۵ – ۶۰ درجه	--	۵
v	۶۰ +	--	۲

مأخذ: آنبالاگان و همکاران،۲۰۰۸: ۴۸۹

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

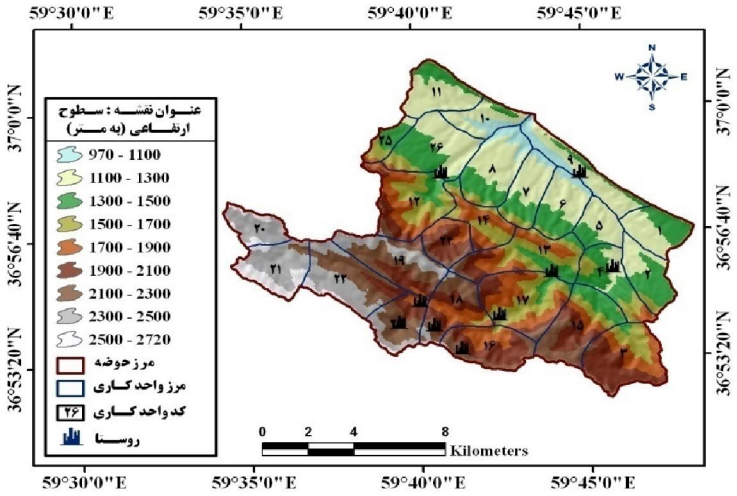
جدول ۵) امتیازدهی به شیب توپوگرافی در حوضه آبخیز کلات بر اساس مدل آنبالاگان

گروه	ناپیوستگی و مقدار شیب ، مورفولوژی شیب	امتیاز	تعداد واحد کاری
I	۱۵ درجه > آرام	۰/۵	۳
II	۲۵ – ۱۶ درجه (متوسط)	۰/۸	۵
III	۳۵ – ۲۶ درجه (تند)	۰/۹۵	۱۰
Iv	۴۵ – ۳۶ درجه (بسیارتند)	۱	۴
v	پرتگاه	۰/۲	۴

مأخذ: آنبالاگان و همکاران،۲۰۰۸: ۴۸۹

- ارتفاع نسبی (اختلاف ارتفاع)

برخی از محققان از ارتفاع به عنوان یک عامل کنترلی در وقوع زمین لغزش‌ها استفاده می‌کنند (یلماز،۲۰۰۹: ۱۱۲۷). این عامل، جهت آبراهه‌ها و میزان تراکم زهکشی را کنترل می‌کند و در میزان رطوبت خاک و میزان شیب دامنه‌ها تأثیر قابل‌توجّهی دارد(حسین زاده و همکاران،۱۳۸۸: ۲۹). در روش آنبالاگان کل منطقه مورد مطالعه بر اساس ارتفاع نسبی به سه گروه تقسیم می‌شود : الف) ناهمواری‌های تپه ماهوری و تیغه‌ای‌مانند که در بخش شمالی حوضه قرار دارند؛ ب) ناهمواری‌های متراکم و بسیار خشن و صخره‌ای در بخش مرکزی و جنوبی حوضه؛ ج) ناهمواری متراکم و فلات‌مانند در جنوب غربی حوضه. مقادیر اختلاف ارتفاع از نظر دامنه عددی در جدول (۶) بر اساس روش آنبالاگان آورده شده است. بیشترین امتیاز مربوط به دامنه‌هایی است که اختلاف ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر دارند و کمترین امتیاز مربوط به دامنه‌هایی می‌شود که کمتر از ۱۰۰ متر اختلاف ارتفاع دارند. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، کمترین طبقه ارتفاعی ۱۱۰۰ – ۹۷۰ متر و بیشترین طبقات ارتفاعی ۲۷۲۰ – ۲۵۰۰ متر است. بخش‌های مرکزی و جنوبی حوضه معمولاً مساحت بیشتری را در دامنه ارتفاعی ۲۳۰۰ – ۱۷۰۰ متر دارند و شرایط مطلوب‌تری را برای حرکات دامنه‌ای خواهند داشت. جدول (۶) درصد هر یک از طبقات ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۵) نقشه طبقات ارتفاعی حوضه آبخیز کلات به متر

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

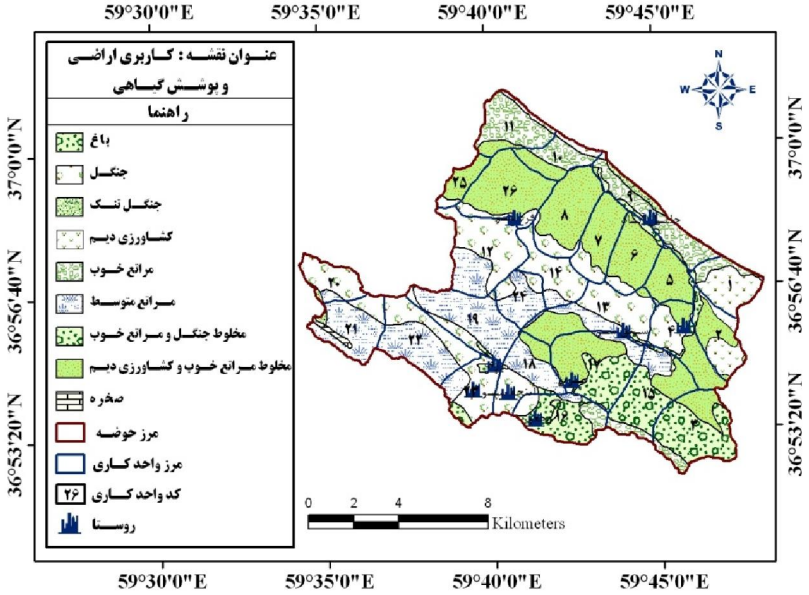
جدول ۶) امتیازدهی متغیر ارتفاع نسبی (به متر) در حوضه آبخیز کلات بر اساس مدل آنبالاگان

طبقه	دامنه پستی و بلندی	حساسیت	امتیاز	تعداد واحد کاری	درصد
I	کمتر از ۱۰۰ متر	کم	۰/۳	۲	۳/۲۴
II	۱۰۰ تا ۳۰۰ متر	متوسط	۰/۵	۷	۳۱/۱۵
III	۳۰۰ تا ۵۰۰ متر	زیاد	۰/۷	۱۲	۴۹/۷۹
Iv	بیشتر از ۵۰۰ متر	شدید	۱	۵	۱۵/۸۲

مأخذ: آنبالاگان و همکاران، ۲۰۰۸: ۴۹۱

- کاربری و پوشش زمین

پوشش گیاهی حرکات دامنه‌ای را به تأخیر می‌اندازد و یا حتی گاهی موجب تثبیت دامنه می‌گردد(اصغری مقدم، ۱۳۷۸: ۶۷). بر اساس مطالعات صورت گرفته، هشت نوع عمده از کاربری را با عنوان‌های باغ، جنگل، جنگل تنک، کشاورزی دیم، مراتع خوب، مراتع متوسط، مخلوط جنگل و مراتع خوب، مخلوط مراتع خوب و کشاورزی دیم را در این منطقه می‌توان تشخیص داد(شکل ۶). به‌طور کلی، کاربری اصلی رایج در منطقه مورد مطالعه، مخلوط مراتع خوب و کشاورزی دیم است که ۴۸/۱۹ کیلومترمربع معادل ۳۹/۸۳ درصد از مساحت کل حوضه را دربرمی‌گیرد. بنابراین، به جهت تنوع زیاد در امتیازگذاری برای هر واحد کاری، کاربری غالب در هر واحد به عنوان شرط امتیازگذاری در نظر گرفته شد(گروزیر و همکاران،۲۰۰۶: ۳۱). واحدهای مختلف کاربری زمین در منطقه مورد مطالعه بسیار متنوع هستند. بنابراین، کاربری‌های موجود به هشت گروه تقسیم و سپس بر اساس جدول (۷) امتیازدهی شدند.



شکل ۶) نقشه کاربری و پوشش زمین در حوضه آبخیز کلات

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

جدول ۷) امتیازدهی متغیر کاربری و پوشش زمین در حوضه آبخیز کلات بر اساس مدل آنبالاگان

گروه	نوع کاربری در حوضه	امتیاز	تعداد واحدهای کاری
I	باغات در سطح دامنه‌ها	۲	۳
II	باغات در سطح تراس‌های آبرفتی	۱/۵	۴
III	اراضی کشاورزی و دامداری	۰/۶۵	۵
Iv	مسکونی پرجمعیت و کشاورزی	۰/۸	۵
v	مرتع متوسط و جنگل ارس تنک	۰/۵	۲
vI	پوشش گیاهی پراکنده	۱/۲	۲
v II	دیمزار و بوته‌کاری دامنه‌ای	۱/۹	۳
v III	مراتع خوب	۰/۴	۲

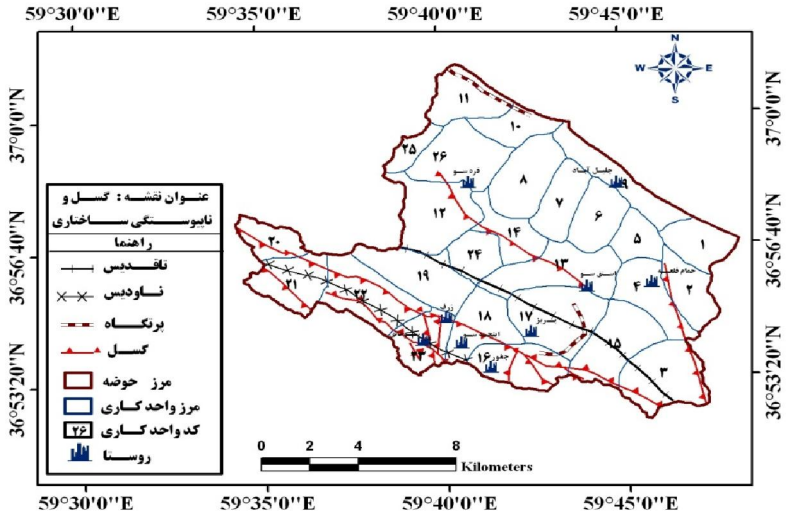
مأخذ: آنبالاگان و همکاران،۲۰۰۸، ۴۹۲

- ناپیوستگی ساختاری

منظور از ساختار، ارتباط ناپیوستگی‌های ساختاری با شیب است (شریعت جعفری ،۱۳۷۵: ۱۷۱). حوضه کلات از نظر متغیر ساخت‌گرایی واحدهای سنگی، یکی از مناطق کم‌نظیر و در عین حال بسیار پیچیده است. با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و گسل‌های حوضه کلات، مشخص می‌شود که ناپیوستگی‌های ساختاری منطقه را می‌توان به دو دسته تفکیک نمود: الف) چین خوردگی‌هایی به صورت تاقدیس – ناودیس: این چین‌خوردگی‌ها با روند شمال غربی- جنوب شرقی در سه قسمت حوضه تشکیل شده‌اند: ابتدا بخش شمالی آن که چین‌ها به صورت متقارن و متشکل از ستیغ‌های طاقدیسی و دره‌های ناودیسی درآمده‌اند و ارتفاع آن بین ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰متر متغیر است. در قسمت شمال‌غربی حوضه و در سمت چپ تنگ[1] کلات یک پرتگاه صخره‌ای پرشیب[2] به وجود آمده است که مرز مجزاکننده سازندهای کلات و نیزار است. این ناپیوستگی‌های ساختاری بدین صورت تشکیل چین‌هایی متقارن و تا حدودی نامتقارن را داده‌اند که شرایط مساعدی را برای ناپایداری دامنه‌ای به وجود آورده‌اند. بخش جنوبی حوضه آبخیز مورد مطالعه از چین‌های نامتقارنی تشکیل شده است که تراکم آن‌ها نسبت به قسمت‌های میانی کمتر است. ب) گسله‌های اصلی و فرعی و سیستم‌های گسلی: یکی از ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، وجود تعداد زیادی گسله‌های فرعی یا گسله‌های منشعب از گسله‌های اصلی است(شکل ۷). بنابراین، نقش تکتونیک و مورفوتکتونیک در حوضه بر ناپایداری‌های دامنه‌ای بسیار قابل توجه است. برای امتیازبندی و ارزیابی وضعیت ناپیوستگی ساختاری طبق جدول (۸) امتیازات آن‌ها تعیین گردید.

1- Cluse
2- Askarpmnt

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]



شکل۷) نقشه گسله و ناپیوستگی ساختاری حوضه آبخیز کلات

جدول۸) رده‌بندی ارتباط ناپیوستگی‌های ساختاری بر اساس مدل آنبالاگان

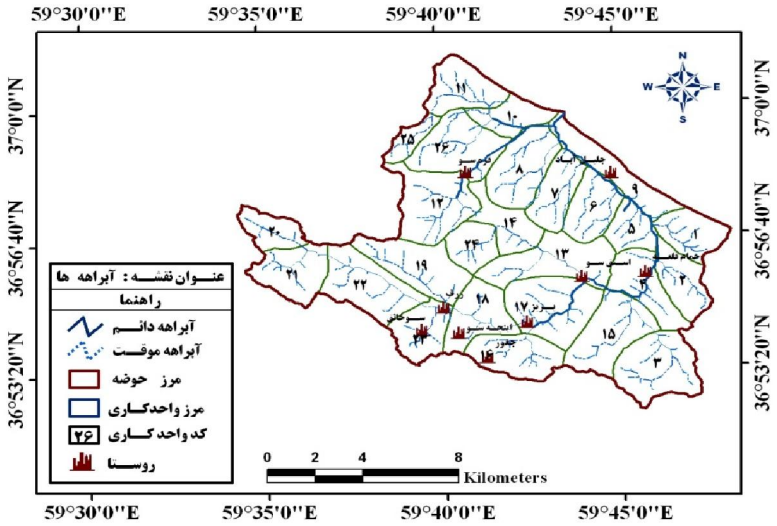
گروه	ناپیوستگی ساختاری حوضه	امتیاز	تعداد واحدهای کاری حوضه
I	تراس‌های گسلی و گسله‌های فعال اصلی (خیلی مساعد)	۲	۱۰
II	گسله‌های فعال فرعی (مساعد)	۱/۵	۶
III	طاقدیس‌ها و چین‌ها (نسبتاً مساعد)	۱/۲	۴
Iv	گسله احتمالی (تا حدودی مساعد)	۰/۸	۲
v	سایر چین‌های تکتونیکی کوچک (کم)	۰/۵	۴

مأخذ: آنبالاگان و همکاران،۲۰۰۸، ۴۸۹

- آب زیرزمینی

کاهش مقاومت مواد، بر اثر هوازدگی و افزایش حجم، آماس پذیری، زدودن سیمان و نرم شدن مواد به‌وسیله افزایش آب ایجاد می‌شود (چورلی و همکاران ،۱۳۷۹: ۹۷). آنچه مسلم است، در حوضه کلات هر چقدر از بخش شمالی آن به سمت قسمت‌های جنوبی پیش می‌رویم، شرایط آب زیرزمینی و رطوبتی خاک بیشتر می‌شود. بخش‌های مرکزی آن که به صورت چاله هستند، دارای شرایط رطوبتی مساعدتری نسبت به قسمت‌های شمالی هستند؛ ولی از طرفی به علت کوهستانی بودن منطقه، دامنه‌های جنوبی دارای رطوبت و نم زیادتری هستند. در مناطقی که جریان‌های رودخانه‌ای و آبی وجود دارد یا دامنه‌هایی که حاوی جریان‌های سطحی و موقتی هستند، وضعیت رطوبت مناسب‌تر بوده و امتیاز آن‌ها ۲ در نظر گرفته شده است؛ ولی در زمین‌های غیرقابل‌کشت و یا مناطقی که خشک‌رودها جریان دارند، امتیاز کمتری(بین۰/۲ تا۰/۸) به خود اختصاص می‌دهند. از آنجا که در حوضه کلات برنجکاری در حاشیه رودهای اصلی و تراس‌های آن‌ها مشاهده می‌گردد، عامل رطوبتی و شرایط آب زیرزمینی در این مناطق دارای بالاترین امتیاز است(جدول ۹). در آن تعداد از واحدهای کاری که اطلاعات و آماری از شرایط آب زیرزمینی در دسترس نبوده، از جدول (۱۰) که وضعیت نفوذپذیری واحدهای لیتولوژیک را مشخص نموده، استفاده شده است.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]



شکل ۸) آبراهه‌های دارای جریان آبی دائم و موقت حوضه آبخیز کلات

جدول ۹) امتیازدهی شرایط رطوبتی (آب زیرزمینی) بر اساس مدل آنبالاگان

گروه	وضعیت / حالت زمین	امتیازات	تعداد واحد کاری
I	زمین غیرقابل‌کشت	۱/۵	۳
II	آب در حال جریان	۲	۹
III	زمین اشباع شده (برنج کاری‌ها)	۱/۳	۷
Iv	مرطوب (خاک خیس شده)	۰/۸	۳
v	خاک نم زده	۰/۵	۳
vI	خشک	۰/۲	۱

مأخذ: آنبالاگان و همکاران،۲۰۰۸، ۴۹۱

جدول ۱۰) روابط و وضعیت امتیازات لیتولوژی با نفوذپذیری و زهکشی

نوع لیتولوژی	نفوذپذیری	وضعیت زهکشی	تراکم زهکشی
آبرفت‌ها، فیلیت، اسلیت و شیست‌ها	زیاد	نامناسب	کم
آهک‌های کریستالیزه، دولومیت‌ها، مرمر و رس‌ها	متوسط	متوسط	متوسط
آندزیت‌ها، اسلیت‌ها، گابروها و فیلیت سخت	کم	متوسط	متوسط
آندزیت و خاکستر آتشفشانی و واریزه‌ها	زیاد	کم	کم
شیل‌ها، مارن‌ها و آبرفت‌های مخروطی	کم	مناسب	زیاد
ماسه سنگ‌ها، شیل‌ها و دگرگونی‌های نیمه سخت	متوسط	متوسط	متوسط
کنگلومراها، آهک‌های شیلی و فیلیت	متوسط	خوب	متوسط
آهک‌های لایه‌ای، چین خورده و مارن‌دار	کم	مناسب	متوسط
آهک‌های کارستی و کارست	زیاد	متوسط	کم
مارن‌های بدلندی و تپه ماهورها	کم	نامناسب	زیاد

مأخذ: خضری و همکاران،۱۳۸۹، ۱۳

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

امتیاز دهی به عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها بر اساس مدل آنبالاگان

برای وزن‌دهی و امتیازگذاری متغیرهای تأثیرگذار در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای به روش آنبالاگان از دو فرایند اساسی؛ یعنی استفاده از نقشه‌های عامل و همچنین، استفاده از هر یک از داده‌ها در واحدهای کاری بهره‌گیری کامل می‌شود. نقشه‌های عامل یا نقشه‌های پایه، ضرورت زیادی برای نحوه امتیازدهی در هر واحد کاری به متغیرها دارند؛ از این نظر این نقشه‌ها قبلاً در محیط نرم افزاری(GIS) تهیّه شدند و واحدهای کاری روی آن‌ها همپوشانی گردید تا از این طریق بتوان، وزن هر متغیر تأثیرگذار را در هر واحد کاری بر اساس جدول امتیازدهی آنبالاگان محاسبه کرد. بر اساس، شش متغیر لیتولوژی، ناپیوستگی ساختاری و تکتونیک، هندسه شیب، اختلاف ارتفاع، کاربری زمین و شرایط آب زیرزمینی امتیازگذاری بر اساس نقشه‌های پایه در مقایس ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر هوایی انجام و محاسبه شد(جدول ۱۱).

جدول ۱۱) نتایج امتیازدهی به متغیرهای مؤثر در ناپایداری دامنه‌ای در حوضه آبخیز کلات

واحد کاری	لیتولوژی و تیپ خاک	ناپیوستگی ساختاری	هندسه شیب	اختلاف ارتفاع	کاربری زمین	شرایط آب زیرزمینی	مجموع	درجه خطر
۱	۰/۳	۰/۵	۱/۵	۰/۳	۰/۶	۰/۵	۳/۷	کم
۲	۱/۴	۰/۶	۱/۳	۰/۳۵	۰/۷	۰/۸	۵/۱۵	متوسط
۳	۰/۳	۲	۲	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۷	زیاد
۴	۲	۱/۱	۱/۵	۰/۵	۱	۰/۸	۶/۹	زیاد
۵	۰/۳	۰/۷	۰/۹	۰/۲	۰/۷	۰/۳	۳/۵	کم
۶	۰/۴	۰/۷	۰/۸	۰/۲۵	۰/۶	۰/۴	۳/۱	کم
۷	۱/۱	۰/۸	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۶۵	۰/۵	۴/۰۵	کم
۸	۱/۸	۰/۱	۰/۹	۰/۲۶	۰/۷	۰/۵	۵/۱۶	متوسط
۹	۰/۵	۰/۵	۱/۱	۰/۳	۰/۸	۰/۲	۳/۴	کم
۱۰	۰/۴	۰/۹	۱	۰/۶	۰/۸	۰/۳	۴	کم
۱۱	۱/۹	۰/۸	۰/۹۵	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۵/۲۵	متوسط
۱۲	۲	۰/۹	۲	۰/۹	۱/۱	۰/۸	۷/۷	خیلی زیاد
۱۳	۲	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۶	۰/۶	۰/۳	۵/۲	متوسط
۱۴	۱/۷	۱/۱	۰/۶	۰/۸	۰/۶	۰/۴	۵/۲	متوسط
۱۵	۰/۵	۱/۸	۱/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۷	۶/۱	زیاد
۱۶	۰/۸	۲	۱/۸	۱	۰/۹	۰/۸	۷/۳	زیاد
۱۷	۰/۹	۲	۱/۹	۱	۱/۵	۱	۸/۳	خیلی زیاد
۱۸	۱/۵	۱/۹	۲	۱	۱/۴	۱	۸/۸	خیلی زیاد
۱۹	۱/۲	۱/۷	۲	۰/۹۵	۰/۸	۰/۸	۷/۴۵	زیاد
۲۰	۰/۳	۰/۹	۱/۲	۰/۶	۰/۷	۰/۴	۴/۱	کم
۲۱	۰/۴	۱/۵	۱/۳	۰/۶	۱/۲	۰/۶	۵/۶	متوسط
۲۲	۰/۹	۱/۸	۱/۵	۰/۷	۱/۵	۰/۸	۷/۲	زیاد
۲۳	۰/۸	۱/۷	۲	۰/۸۵	۱/۶	۰/۸	۷/۷۵	خیلی زیاد
۲۴	۱/۱	۰/۹۶	۲	۱	۱/۳	۰/۵	۶/۸۶	زیاد
۲۵	۲	۰/۷	۱/۳	۰/۸	۰/۹	۰/۴	۶/۱	زیاد
۲۶	۲	۰/۸	۱/۱	۰/۴	۱/۳	۰/۹	۶/۵	زیاد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۱

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

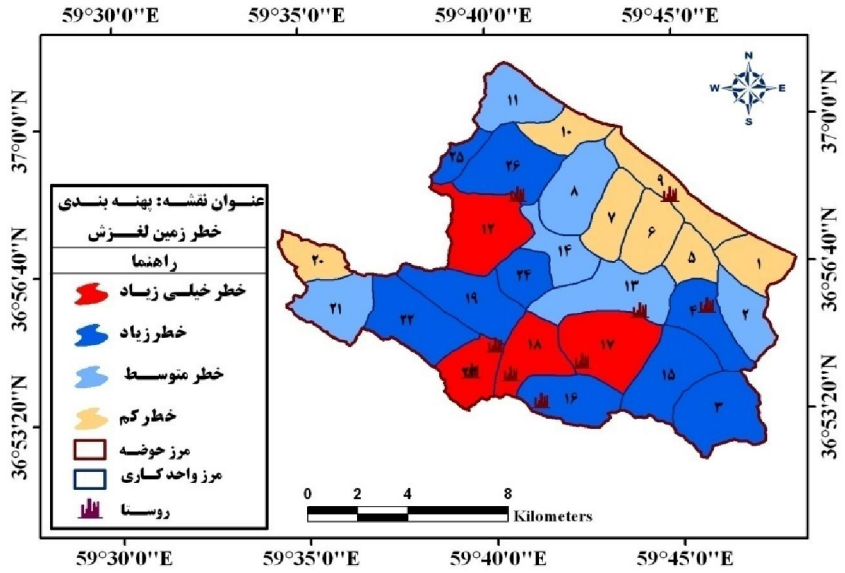
نقشه پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ها بر اساس مدل آنبالاگان

جمع امتیاز سایر عوامل مؤثر در یک واحد دامنه‌ای به تخمین نهایی مقدار خطر یا ناپایداری نسبی در آن واحد منجر می‌شود که طبق جدول (۱۲) توصیف و رده بندی می‌شود. به‌منظور تهیه نقشه زون‌بندی وقوع ناپایداری دامنه، ابتدا نتایج به‌دست آمده از مجموع وزن‌های محاسبه شده برای هر متغیر بررسی شد و پس از جمع امتیازات متغیرها در هر واحدکاری، توصیف پهنه‌های خطر در چهار قسمت تفکیک شدند. پهنه‌های خطر ناپایداری دامنه حوضه کلات به تفکیک مساحت و واحدهای کاری در جدول (۱۳) آمده است.

جدول ۱۲) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش بر اساس امتیاز کل به روش آنبالاگان

شماره پهنه	توصیف پهنه	دامنه مجموع امتیازات متغیرها
I	خطر کم	۳ – ۵
II	خطر متوسط	۵/۱ – ۶
III	خطر زیاد	۶/۱ – ۷/۵
Iv	خطرخیلی زیاد	> ۷/۵

مأخذ: آنبالاگان و همکاران،۲۰۰۸، ۴۹۲



شکل ۹) نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع ناپایداری دامنه در حوضه کلات به روش آنبالاگان

جدول ۱۳) پهنه‌های خطر ناپایداری دامنه حوضه کلات به تفکیک مساحت و واحدهای کاری

پهنه		تعداد واحدهای کاری و مساحت آن‌ها (به کیلومتر مربع)									مجموع
کم خطر	واحدکاری	۱	۵	۶	۷	۹	۱۰	۲۰	–	–	۷
	مساحت	۵/۰۲	۳/۷۰	۵/۷۲	۵/۳۶	۶/۵۸	۴/۱۰	۳/۷۲	–	–	۳۴/۲
متوسط خطر	واحدکاری	۲	۸	۱۱	۱۳	۱۴	۲۱	–	–	–	۶
	مساحت	۵/۲۵	۷/۹۳	۶/۰۶	۹/۳۶	۴/۸۵	۶/۵۷	–	–	–	۴۰/۰۲
زیاد	واحدکاری	۳	۴	۱۵	۱۶	۱۹	۲۲	۲۴	۲۵	۲۶	۹
	مساحت	۹/۱۲	۶/۲۶	۸/۶۵	۶/۷۰	۸/۳۹	۸/۹۲	۴/۰۲	۲/۲۴	۸/۶۰	۶۲/۹
خیلی زیاد	واحدکاری	۱۲	۱۷	۱۸	۲۳	–	–	–	–	–	۴
	مساحت	۹/۴۱	۹/۸۸	۶/۴۸	۵/۲۳	–	–	–	–	–	۳۱

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نقشه پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ها در حوضه آبخیز کلات به روش آنبالاگان که از عواملی همچون: لیتولوژی، شیب، ارتفاع نسبی، کاربری و پوشش زمین، ناپیوستگی ساختاری و آب زیرزمینی بهره می‌برد، تهیه شده است. نقشه نهایی پهنه‌بندی به چهار پهنه از نظر ناپایداری دامنه‌ای تقسیم شد، که بیشترین مساحت پهنه‌های خطر در روش آنبالاگان به‌ترتیب مربوط به خطرزیاد، با مساحت ۶۲/۹۳ کیلومتر مربع (۳۷/۳۰ درصد)، درجه خطرمتوسط با مساحت ۴۰/۰۴ کیلومتر مربع (۲۳/۸ درصد)، خطر کم با مساحت ۳۴/۳۲ کیلومترمربع (۲۰/۳۸ درصد) و درجه وقوع خطر خیلی‌زیاد با مساحت ۳۱/۱۶ کیلومترمربع (۱۸/۵۲ درصد) از مساحت حوضه را دربرگرفته است. علی‌رغم نظر برخی از محققان که مدل آنبالاگان را فقط برای نواحی نیمه کوهستانی مناسب می‌دانند؛ ولی این مدل برای پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در نواحی کوهستانی نیز از مناسب‌ترین مدل‌های تجربی به شمار می‌آید (لیبا و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۲۷). نتایج این پژوهش نشان داد که اغلب دامنه‌های مشرف به آبراهه‌های اصلی که از سازندهای سست تشکیل شده‌اند، با خطر بالای زمین‌لغزش رو به رو بوده و بخش‌های وسیعی از زمین‌های باغی در دامنه‌های مشرف به آبادی‌ها به علت تشدید کاربری‌ها سبب ایجاد ناپایداری در منطقه مورد مطالعه شده است. همان طور که در نقشه پهنه‌بندی نیز مشخص است، پهنه‌هایی با خطر زیاد اغلب در نزدیک روستاها و محل عبور جاده قرار گرفته‌اند. همچنین، ناپایداری ژئومورفولوژیک دامنه‌ای رابطه مستقیمی با شیب توپوگرافی، مقدار سازندهای سطحی و نوع آن و مواد هوازده و آب‌های زیرزمینی دارد که مهمترین سازندهای حساس به ناپایداری دامنه در این منطقه، سازندهای بادرفتی- تراکمی لسی، سازند آب دراز (KAD) و آب تلخ (KAB) با ترکیب شیل گچدار و مارن و حتی سازندهای سخت کربناته هستند.

منابع

۱- اصغری مقدم، محمدرضا.(۱۳۷۸). *جغرافیای طبیعی شهرا (ژئومورفولوژی)*، تهران: انتشارات مسعی، ۲۰۲ ص.

۲- باقری مهرورز، ابراهیم؛ ارومیه‌ای، علی و نیکودل، محمدرضا. (۱۳۸۸). « پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در تاقدیس کنگان به روش آنبالاگان »، *زمین شناسی کاربردی*، سال پنجم، ش ۳، صص ۲۰۶-۲۱۲.

۳- بروشکه، ابراهیم. (۱۳۸۴). « بررسی پدیده زمین لغزش گوگرد، علل و خطرهای آن »، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۳۶۹-۳۷۶ .

۴- حسین‌زاده، محمدمهدی؛ ثروتی، محمدرضا؛ منصوری، عادل؛ میرباقری، بابک؛ خضری، سعید. (۱۳۸۸). « پهنه‌بندی ریسک وقوع حرکات توده‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک(مطالعه موردی: محدوده مسیر سنندج- دهگلان) »، *زمین شناسی ایران*، سال سوم، ش ۱۱، صص ۳۷-۲۷.

۵- خضری، سعید؛ روستایی، شهرام؛ رجایی، عبدالحمید. (۱۳۸۵).« ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در بخش مرکزی حوضه زاب (شهرستان سردشت) به روش آنبالاگان »، *مدرس علوم انسانی- برنامه ریزی و آمایش فضا*، ش ۱، صص ۸۰-۴۹.

۶- روستایی، شهرام.(۱۳۷۹). *پژوهشی در دینامیک لغزش‌های زمین و علل وقوع آنها با استفاده از روش‌های مورفومتری در حوضه اهر چای*، خیام، مقصود، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، گروه جغرافیا.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

۷- شریعت جعفری، محسن. (۱۳۷۵). زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی)، انتشارات سازه، تهران.

۸- طلایی دولق، رضا؛ غیومیان، جعفر. (۱۳۸۰). « شناخت و بررسی عوامل مؤثر در لغزش‌خیزی جنوب غرب خلخال »، *مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی و محیط زیست ایران*، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، صص۱۲۹-۱۴۰.

۹- فیض نیا، سادات و محمدی، علی‌اصغر.(۱۳۸۷). « پهنه‌بندی حرکت‌های لغزشی با بهره‌گیری از درون‌یابی به هر یک از زیر عامل‌ها در حوضه آبخیز دماوند »، *نشریه دانشکده منابع طبیعی*، دوره ۶۱، ش ۱، صص ۲۹-۴۲.

۱۰- محمدی، امین و مساعدی، ابوالفضل، (۱۳۸۴)، « بررسی کارایی مدل حائزی- سمیعی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه قویجق استان گلستان) »، *دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک*، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۳۸۷-۳۹۴.

۱۱- معتمد، احمد. (۱۳۷۹). *ژئومورفولوژی*، جلد سوم: *فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی*، انتشارات سمت، تهران، ۴۵۵ ص.

۱۲- نیازی، یعقوب؛ اختصاصی، محمدرضا؛ طالبی، علی؛ آرخی، صالح و مختاری، محمدحسین. (۱۳۸۹). « ارزیابی کارایی مدل آماری دو متغیره، در پیش‌بینی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه سد ایلام) »، *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ش ۱۰، صص ۹-۲۰.

13- Anbalagan, R., Singh, B., Chakraborty, Kohil, A., (2007), A Filed Manual For Landslide I nvestigation (DST, Govt. of India, New Delhi), 153p.

14- Anbalagan, R., Singh, B., Chakraborty, Kohil., A., (2008), Landslide Hazard (LHZ) Zonation Mapping on meso-scale for systematic town planning in mountanous terrain, Journal of Scientific, Vol.67, PP.486-497

15- Anbalagan R., (1992), Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in Mountainous Terrain, Engineering Geology, Vol.32, PP.269-277.

16- Anbalagan, R., Singh, B., (1996), Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains (case study from Kumaun Himalaya, India, Engineering Geology, Vol 43, Issue 4, PP.237-246.

17-Barab, E.E., (1991), The world landslide problem, Episodes, v.14. No.1,p.52-61.

18-Fell, R., Corominas, J., Bonnard, CH., Cascini, L., Leroi, E., Savage, Z.S., (2008), Guidelines for Lanslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for land Use Planning, Engineering Geology, Vol.102, PP.85-98.

19- Grozier, M., Glade, T., (2006), Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach, Wiley, England.

20- Khullar,V.K., Sharam, R., Parmanik, K., (2000), A GIS approach in the landslide zone of lawngthlia in southern mizoran. Landslide, proceeding of the 8th international symposium on landslide, Vol.3, PP.1461- 1472.

21-Kumar Dahal, R., (2008), Predictive Modeling of Rainfall-induced landslide in the Lesser himalaya of Nepal Based on Weights of evidence, Geomorphology, Vol.102, PP.496-510.

22- Leiba, M., Fred, B., Grey, S., Ke, G., (2006), Quantitative Landslide risk assessment of Carina, Australia.

23-Nagarajan, R.A., Vindokumar, A., Mukherje M.V., (2000), Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climate factors for tropical monsoon regions. Bull.Eng Geol.Env.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

24-Ocakoglu, F., Gokeeoglu, C., Ercanoglu, M., (2002), Dynamics of a Complex Massmovement Triggered dy Heavy Rainfall", a case study from NW turkey, Elsevier, Geomorphology. Vol.42, PP. 329-341.

25-Regmi, N.R., Giardino, J.R., Vitek, J.D., (2010), Modeling Susceptibility to Landslides using the Weight of Evidence Approach: Western Colorado, USA. Geomorphology,Vol.115, PP.172-187.

26-Su Su kyi, Tu D., NGUYEN, Kenji AOKI.,Yoshitada MITO., (2007), Landslide risk microzonation by using multivariate statistical analysis and GIS. International Journal of the JCRM, Vol3,PP.7-15.

27-Yilmaz, I., (2009), Landslide Susceptibility Mapping using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and Their Comparison: A Case Study from Kat Landslides (Tokat-Turkey) Comp Geosc, 35(6), PP.1125-1138.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-02]