فصلنامه زمین شناسی کاربردی
سال ۵ (۱۳۸۸)، شماره۳: ۲۱۲-۲۰۶
www.appliedgeology.ir

پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در تاقدیس کنگان به روش آنبالاگان

ابراهیم باقری مهرورز، علی ارومیه‌ای* و محمدرضا نیکودل
گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس ebmehrvarz@gmail.com
*) عهده دار مکاتبات

چکیده

پیش‌بینی و جلوگیری از وقوع خطرات زمین‌شناسی در مسیر توسعه‌ی تأسیسات استخراج و انتقال گاز در تاقدیس کنگان با بیش از ۳۰ حلقه چاه در استان بوشهر از اهمیّت قابل توجّهی برخوردار است. در این تحقیق پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها به کمک عواملی مانند لیتولوژی، درجه‌ی شیب، ناپیوستگی‌های ساختاری، ارتفاع دامنه‌ها، هیدروژئولوژی، کاربری و پوشش گیاهی زمین مطابق روش آنبالاگان صورت گرفت. چهار پهنه با عنوان خطر نسبی کم، متوسّط، بالا و بسیار بالا در قسمت میانی تاقدیس کنگان شناسایی شدند. بیشتر سطح منطقه‌ی مورد مطالعه در پهنه‌های با خطر متوسّط و خطر بالا با پوشش سطحی ۴۲ و ۴۹ درصد قرار می‌گیرد. پهنه‌های با خطر کم و خطر بسیار بالا فقط ۲/۵ و ۶/۵ درصد از سطح منطقه‌ی مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. سازندهای پابده، گورپی و نیز نهشته‌های عهد حاضر با ۴۷٪ از پوشش سطحی منطقه، جزء مناطق با بیشترین خطر ناپایداری هستند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، ناپایداری دامنه‌ها، تاقدیس کنگان، روش آنبالاگان

۱- مقدّمه

ایران به دلیل شرایط خاصّ زمین‌شناسی، توپوگرافی و آب و هوایی از جمله مناطق مهمّ لغزه‌خیز به شمار می‌آید و سالانه خسارت‌های قابل توجّهی بر اثر وقوع زمین‌لغزش گزارش می‌شود. اثرات مخرب و جدّی این پدیده‌ی مهمّ زمین‌شناسی، در مناطق فعّال تکتونیکی، لرزه‌خیز، سیل‌خیز و دارای سازندهای رسوبی و تبخیری حسّاس به فرسایش به وضوح قابل مشاهده است. عوامل متعدّدی در تحریک و فعالیّت حرکات دامنه‌ای تأثیر می‌گذارند که به عنوان مثال می‌توان از عواملی مانند تغییر شرایط زمین شناسی، جنس سنگ، خصوصیّات مورفولوژی، کاربری زمین، گسترش مناطق مسکونی، احداث راه‌ها و غیره نام برد. تخریب سازه‌های مهندسی، پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی، تسریع فرسایش و انتقال گسترده‌ی رسوبات به پشت سدها از جمله خسارات و خطرات مستقیم این پدیده‌ی طبیعی است. با این وجود دستگاه‌های اجرائی می‌توانند با شناخت مناطق حسّاس به زمین‌لغزش، جهت توسعه‌ی سازه‌ها در حدّ امکان از آن مناطق اجتناب کرده و یا در صورت اجبار تمهیدات و نکات فنّی لازم را با دقت بیشتری مدّ نظر قرار دهند.

تکتونیک فعّال، بارندگی‌های ناگهانی و شدید، دامنه‌های متعدّد با شیب تند، ناپایداری دامنه‌های متعدّد، گسلش به‌ویژه در نواحی رأسی تاقدیس، حضور سازندهای مارنی و تبخیری حسّاس به فرسایش، نبود پوشش گیاهی، افزایش خطر ناپایداری دامنه‌ها به دلیل وجود ترانشه‌های فراوان در مسیر راه‌ها و توقّف تکمیل تأسیسات برخی از چاه‌ها به دلیل مشکلات ناشی از نبود مطالعات اوّلیّه‌ی ناپایداری دامنه‌ها، نیاز به پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها را در این منطقه فراهم نموده است.

شیوه‌های گوناگونی برای ارزیابی پایداری دامنه‌ها و ارائه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی توسّط محقّقین مختلف به کار گرفته می‌شود. به عنوان مثال وارنس (Varnes 1984) مبانی کاربردی روش‌های مختلف پهنه‌بندی را مورد برّرسی قرارداد، گلاد و همکاران (Glade et al. 2005) خطر پذیری و آسیب پذیری زمین لغزش را تحلیل و ارزیابی نمود، ارومیه-ای و مهدویفر (Uromeihy & Mahdavifar 2000) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با به کارگیری روش فازی را در منطقه‌ی خورش‌رستم استان اردبیل مورد برّرسی قرار دادند، ساها و همکاران (Saha et al. 2002) پهنه بندی خطر زمین لغزش را برای مناطق کوهستانی هیمالایا

با استفاده از روش جی آی اس (GIS, Geographical Information System) انجام دادند، روسی و همکاران (Rossi et al. 2010) بر مبنای روش پیش‌بینی چندگانه‌ی پهنه‌بندی زمین لغزش را مورد مطالعه قرار دادند، لان و همکاران (Lan et al. 2004) براساس تحلیل داده-های فضایی خطر زمین لغزش را برای حوضه‌ی آبریز اکسیانجیانگ پهنه‌بندی کردند. در این تحقیق، پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها بر اساس روش آنبالاگان (Anbalagan 1992-a, -b) در بخشی از تاقدیس کنگان در استان بوشهر ارائه شده است. عوامل مؤثّر در این پهنه‌بندی عبارتند از لیتولوژی، شیب، شرایط ناپیوستگی‌ها، ارتفاع نسبی دامنه‌ها، وضعیّت هیدروژئولوژی، پوشش گیاهی و کاربری زمین.

۲- ویژگی‌های زمین‌شناسی و جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

تاقدیس کنگان در جنوب استان بوشهر در موقعیّت ۵۱ درجه و ۷۸ دقیقه الی ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۹۰ دقیقه الی ۲۸ درجه و ۱۳ درجه عرض شمالی قرار دارد. منطقه‌ی مورد مطالعه مساحتی در حدود ۳۲۰ کیلومترمربع و ارتفاع متغیّر ۱٤ تا ۱٤۰۰ متر بالای سطح دریا دارد. تغییرات دما از دی‌ماه تا تیرماه بین ۱٤و ۳٦ درجه‌ی سلسیوس و متوسّط بارندگی سالانه درحدود ۲٦۰ میلی‌متر می‌باشد (سازمان هواشناسی کشور ۱۳۸۷). موقعیّت جغرافیایی تاقدیس کنگان و روند ساختاری آن باعث ایجاد اقلیم گرم و مرطوب در یال جنوب‌غربی و اقلیم گرم و خشک در یال شمال‌شرقی شده است. این منطقه در نقشه‌ی چهارگوش آبدان در جنوب‌غرب رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است. از نظر ساختاری، منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از زاگرس چین‌خورده و ساحلی می‌باشد که ساخت زمین‌شناسی آن ساده و ملایم بوده و شامل مجموعه‌ای از تاقدیس‌های نزدیک و به-هم‌فشرده با سطح محوری نزدیک به قائم و روند شمال‌غربی/جنوب‌شرقی است. رسوبات چین‌خورده‌ی این منطقه شامل تناوبی از سنگ‌های آهکی، مارن و نهشته‌های تبخیری به سن کرتاسه فوقانی تا عهد حاضر است. سنگ‌های آهکی متعلّق به سازندهای ایلام و آسماری در مقابل فرسایش مقاوم بوده و شیب‌های تندی را در منطقه ایجاد می‌کنند. سنگ‌های نرم‌تر مانند مارن‌ها و گل سنگ‌ها در برابر هوازدگی سست بوده و مستعد انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای هستند و یا شرایط ریزش‌های ثقلی را فراهم می‌کنند.

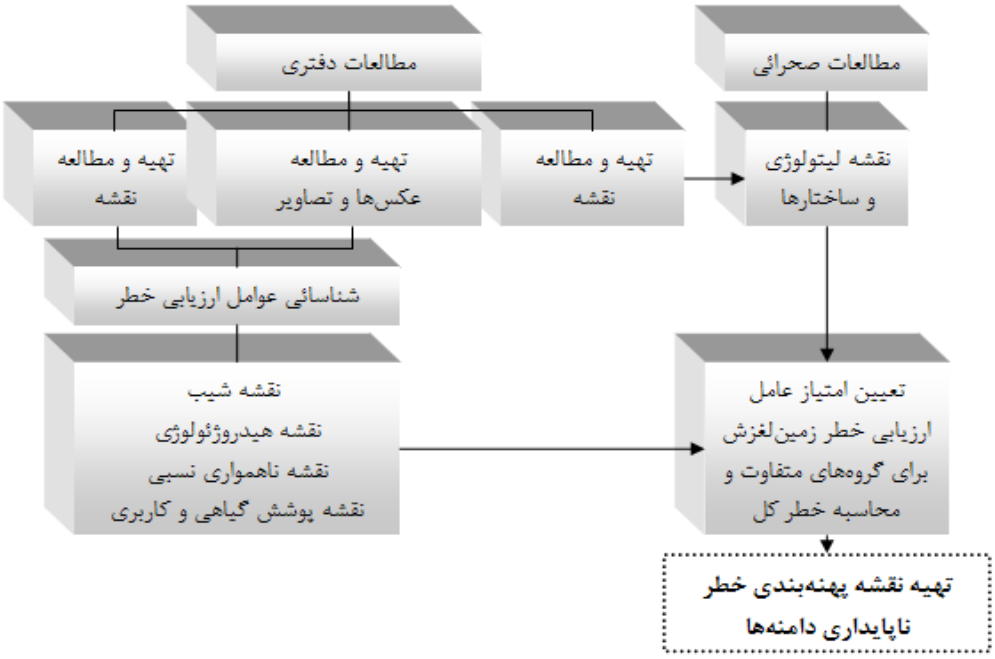
۳- تهیّه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی به روش آنبالاگان

تهیّه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی یکی از ابزارهای مناسب جهت ارزیابی خطر ناپایداری دامنه‌ای می‌باشد. در این راستا انجام مطالعات دفتری و برّرسی‌های صحرایی با بهره‌گیری از نرم افزارهای ترسیمی مانند آرک-جی‌آی‌اس (ArcGIS) در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ انجام گردید. مراحل مختلف در پیش گرفته شده برای تهیّه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی در تصویر ۱ نشان داده شده است. در مرحله اول به کمک عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، نقشه‌های اوّلیّه عوامل مؤثّر بر ناپایداری دامنه‌ها تهیّه شدند. نقشه‌های تهیّه شده عبارتند از نقشه‌ی لیتولوژی، نقشه‌ی عناصر ساختاری، نقشه‌ی شیب و نقشه‌ی ناهمواری نسبی که در تصاویر ۲، ۳، ٤ و ۵ نشان داده شده‌اند. صحّت این نقشه‌ها در برّرسی‌های صحرایی تأیید و در صورت نیاز اصلاح شدند. نتایج مطالعات دفتری در برنامه‌ریزی و اجرای منظّم برّرسی‌های صحرایی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی مسیر تحقیق از مطالعات تا تهیّه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی نهائی طبق تصویر۱ انجام می‌شود.

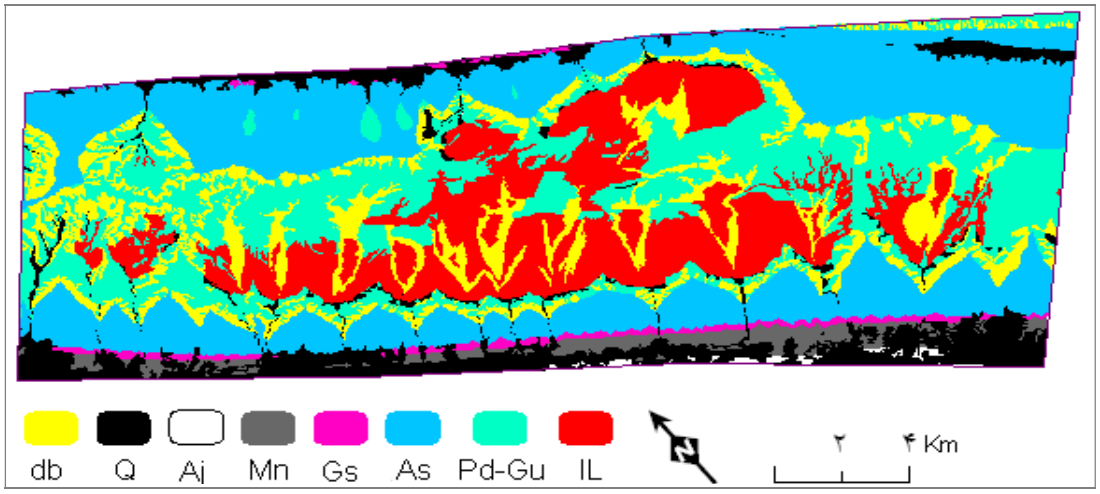
روش آنبالاگان بر اساس طرح امتیازدهی عددی به واحدهای دامنه‌ای نقشه‌ی پایه بنا شده است. هر کدام از واحدهای دامنه‌ای به گونه‌ای تفکیک و شناسایی می‌شوند که مقدار هریک از عوامل مؤثّر در پهنه‌بندی در سراسر آن واحد تقریباً ثابت و یکنواخت باشد، بدین ترتیب می‌توان امتیازهای عوامل مؤثّر را به آن واحد اعمال کرد. نقشه‌ی پایه برای منطقه‌ی مورد مطالعه شامل ۳٦۰ واحد دامنه‌ای می‌شود که این واحدها به کمک تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های صحرایی در نرم‌افزار گلوبال مپر (Global Mapper) تهیّه شده‌اند. در بخش‌های بعدی تأثیر هر یک از عوامل ناپایداری مورد برّرسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- لیتولوژی

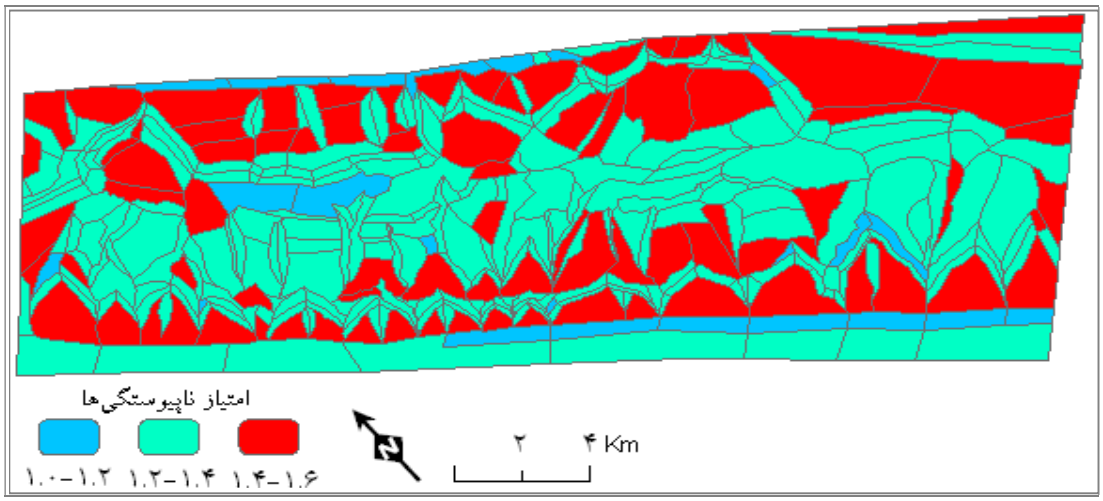
لیتولوژی‌های مختلف حسّاسیّت‌های متفاوت به روندهای هوازدگی و عوامل فرسایشی دارند که این وضعیّت منجر به گوناگونی محصولات هوازدگی و بنابراین تنوّعی از گسیختگی‌های دامنه‌ای می‌شود (Carrara et al. 1991). پاسخ سنگ به هوازدگی و فرسایش مهمترین معیار برای امتیازدهی واحدهای سنگ‌شناسی بوده و شامل ضریب اصلاح برای شدّت هوازدگی می‌باشد. سازندهای موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه با امتداد لایه‌بندی NW-SE از نوع رسوبی و شامل سنگ آهک، شیل، مارن و ژیپس می‌باشند. درزه‌داری و مقاومت سنگ‌های آهکی در برابر فرسایش و نیز قرارگیری برروی انواع لایه‌های سست با پسروی فرسایشی باعث تشکیل دامنه‌های پرشیب در اثر لغزش‌های با کنترل ساختاری در این سنگ‌های مقاوم شده است. مقدار امتیاز سازندهای موجود در منطقه بر اساس مطالعات کیفیت توده سنگ‌ها طبق جدول ۱ تعیین شده است.



تصویر ۱- مسیر تحقیق از مطالعات تا تهیّه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی نهائی (روش کار)



تصویر ۲- نقشه‌ی زمین‌شناسی، تاقدیس کنگان



تصویر ۳- نقشه‌ی امتیازدهی روابط بین ناپیوستگی‌های ساختاری و واحدهای دامنه‌ای

جدول۱- سازندهای منطقه به همراه امتیاز و درصد پوشش سطحی آن‌ها

نام سازند	سنگ شناسی	امتیاز	پوشش سطحی	نشانه
عهدحاضر	نهشته‌های واریزه‌ای، نهشته‌های آبرفتی درشت دانه	۱۸/۲	٪۱۴، ٪۱۱	Q, db
آغاجاری	ماسه‌سنگ آهکی قهوه‌ای، مارن‌سنگ سرخ	۱/٤	٪۰/۳	Aj
میشان	مارن‌سنگ خاکستری، سنگ‌آهک رسی	۱/۳	٪۲	Mn
گچساران	ژیپس، مارن‌سنگ‌های رنگارنگ، سنگ‌آهک	۱/۸	٪۲	Gs
آسماری	سنگ‌آهک سفید تا کرم‌رنگ با ریخت‌شناسی کوه‌ساز	۰/٤	٪۳۰	As
پابده	شیل ارغوانی، مارن‌سنگ آبی، سنگ‌آهک رسی با ندول‌های چرت	۱/۷	٪۲۳	Pd-Gu
گورپی	شیل خاکستری، سنگ‌آهک رسی			
ایلام	سنگ‌آهک سفید توده‌ای رودیست‌دار، مارن‌سنگ آهکی	۰/٦	٪۱۸	IL

۳-۲- عناصر ساختاری

به‌طورکلّی دامنه‌ها در اثر تضعیف و سستی ماده بکر مصالح دامنه و ایجاد سطوح ناپیوستگی ناپایدارتر می‌شوند (Romana 1991). در مطالعات لیتولوژی به کیفیّت ماده بکر پرداخته شده است. مطالعه‌ی سطوح ضعف و ناپیوستگی‌ها شامل تحلیل روابط هندسی بین سطوح ضعف و سطح دامنه به کمک استریونت است. تحلیل استریونت ناپیوستگی‌ها شامل برّرسی میزان همسوئی بین جهت ناپیوستگی یا خطّ تقاطع دو ناپیوستگی با جهت شیب دامنه، اختلاف مقدار شیب ناپیوستگی یا خطّ تقاطع دو ناپیوستگی با شیب دامنه و مقدار شیب ناپیوستگی یا خطّ تقاطع دو ناپیوستگی است. نتیجه‌ی این تحلیل امتیازدهی واحد دامنه‌ای بر اساس انتخاب ناپیوستگی و یا سطح ضعفی با کمترین ضریب اطمینان از نظر انواع ناپایداری‌ها (گوه‌ای، صفحه‌ای، واژگونی) است (جدول ۲).

تصویر ۳ نقشه‌ی امتیازدهی روابط بین ناپیوستگی‌های ساختاری و واحدهای دامنه‌ای را در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول۲- نحوه‌ی امتیازدهی به ویژگی‌های ساختاری و درزه‌ها (Anbalagan 1992-a, -b)

همسوئی بین ناپیوستگی و دامنه		اختلاف شیب ناپیوستگی با شیب دامنه		شیب ناپیوستگی	
اختلاف زاویه	امتیاز	اختلاف زاویه	امتیاز	مقدار شیب	امتیاز
> ۳۰	۰/۲۰	> ۱۰	۰,۳۰	≤ ۱۵	۰/۲۰
۲۱ – ۳۰	۰/۲۵	۰ – ۱۰	۰,۵۰	۱۶ – ۲۵	۰/۲۵
۱۱ – ۲۰	۰/۳۰	۰	۰,۷۰	۲۶ – ۳۵	۰/۳۰
۶ – ۱۰	۰/٤۰	۰ – (-۱۰)	۰,۸۰	۳۶ – ۴۵	۰/٤۰
≤ ۵	۰/۵۰	< (-۱۰)	۱,۰۰	> ٤۵	۰/۵۰

۳-۳- شیب دامنه

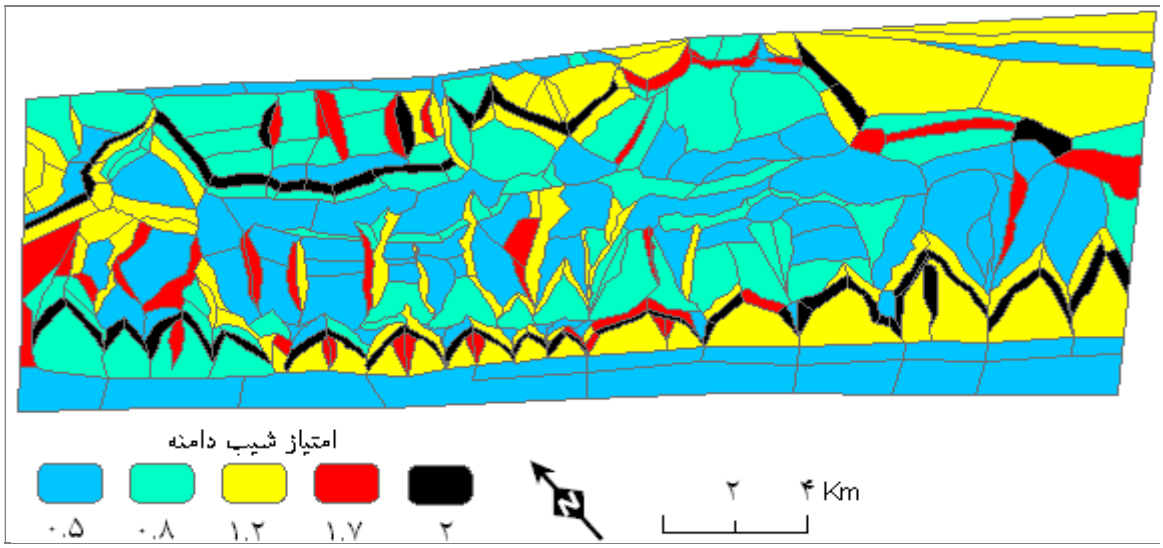
شیب دامنه به دلیل ارتباط مستقیم با میزان پایداری بارها توسّط محقّقین مختلف در پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ای استفاده شده است. با افزایش زاویه‌ی شیب مقدار مؤلفه‌ی برشی نیرو که در جهت لغزش عمل می‌کند افزایش و بنابراین ضریب اطمینان دامنه در برابر گسیختگی کاهش می‌یابد (Hoek and Bray 1981). نقشه‌ی شیب از مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model) با تفکیک مکانی ۵۰ متر که از نقشه‌ی توپوگرافی با اختلاف خطوط تراز ۲۰ متر بدست آمده است، با محاسبه‌ی نرخ بیشینه تغییر ارتفاع از یک سلول (Pixel) به سلول‌های مجاور تهیّه می‌شود. دامنه‌ی شیب‌های موجود در نقشه‌ی شیب بین ۰ تا ۷۰ درجه متغیّر است. امتیازدهی شیب واحدهای دامنه‌ای طبق جدول ۳ انجام می‌شود. تصویر ٤ نقشه‌ی امتیازدهی شیب واحدهای دامنه‌ای را در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

۳-۴- ارتفاع نسبی دامنه‌ها

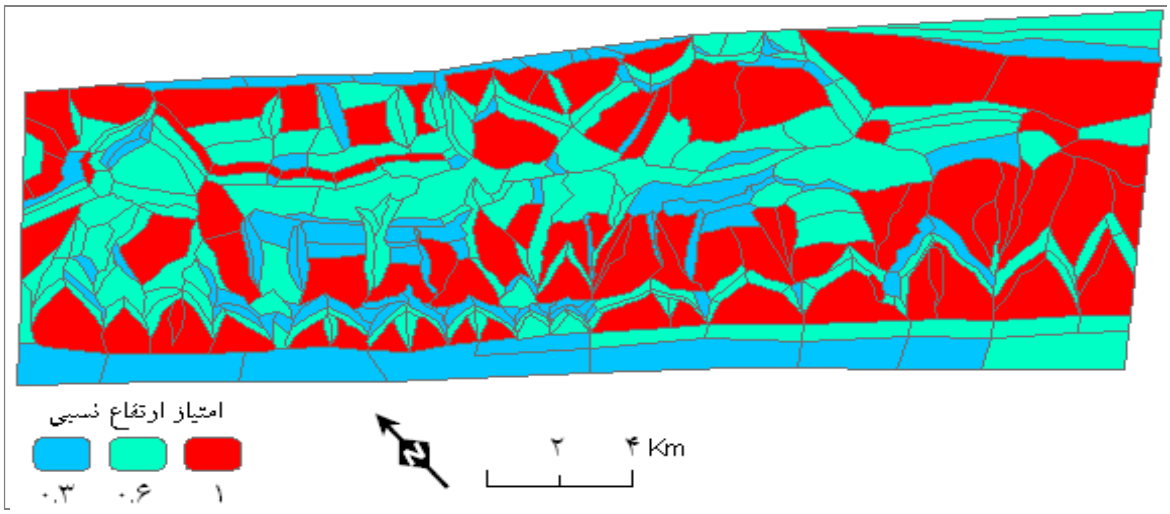
این عامل به‌صورت اختلاف ارتفاع بالا و پایین دامنه در جهت شیب تعریف می‌شود. افزایش ارتفاع نسبی دامنه باعث افزایش احتمال وقوع ناپایداری در سطح دامنه و ابعاد حرکات توده‌ای است. از نظر تعداد به ترتیب ۲۷، ٤۸ و ۲۵ درصد دامنه‌های منطقه جزء رده‌های ارتفاع نسبی کم، متوسّط و زیاد قرار می‌گیرند. امتیازدهی ارتفاع واحدهای دامنه‌ای طبق جدول ۳ انجام شده است. تصویر ۵ نقشه‌ی امتیازدهی واحدهای دامنه‌ای را بر اساس میزان ارتفاع نسبی نشان می‌دهد.

۳-۵- هیدرولوژی، کاربری زمین و پوشش گیاهی

میزان پایداری یک دامنه متأثّر از میزان رطوبت آن دامنه است. افزایش میزان رطوبت باعث افزایش شدّت و میزان هوازدگی را افزایش می‌دهد و باعث تغییر مقدار پارامترهای فیزیکی و مکانیکی مصالح دامنه و توازن نیروها است. افزایش رطوبت و یا میزان رطوبت شدید می‌تواند



تصویر ٤- نقشه‌ی امتیازدهی شیب دامنه‌ها



تصویر ٥- نقشه‌ی امتیازدهی ارتفاع دامنه‌ها

عامل هشدار دهنده‌ای برای ناپایداری‌های قریب‌الوقوع باشد. حدود ۹۵ درصد از سطح منطقه به‌دلیل شرایط اقلیمی و دامنه‌های سنگی با شیب تند در بیشتر فصول فاقد رطوبت سطحی هستند. جریان آب تنها در درّه‌های سازند ایلام دیده می‌شود که در بدو خروج جریان از درّه در نخلستان‌ها استفاده می‌شود.

پوشش گیاهی، دامنه‌ها را از فرسایش و هوازدگی محافظت می‌کند به گونه‌ای که کاهش تراکم پوشش گیاهی باعث تسریع و تشدید فرسایش است. حدود ۹۵ درصد از سطح منطقه به‌دلیل بارندگی کم، گرمای طولانی، نامساعد بودن جنس مصالح زمین و چرای بی‌رویه دام‌ها فاقد پوشش گیاهی و لم‌یزرع است.

با توجه به اینکه تقریباً سراسر منطقه از نظر شرایط رطوبت سطحی در رده‌ی خشک (امتیاز صفر) و از نظر پوشش گیاهی در رده‌ی لم‌یزرع (امتیاز ۲) قرار می‌گیرد، بدون ورود نقشه‌های این عوامل به محیط نرم‌افزاری به مقدار مجموع امتیازات سایر عوامل در نهایت ۲ واحد (۲+۰) اضافه گردید.

۴- نقشه‌ی پهنه‌بندی

جمع امتیاز سایر عوامل مؤثّر در یک واحد دامنه‌ای به تخمین نهایی مقدار خطر یا ناپایداری نسبی در آن واحد منجر می‌شود که طبق جدول ٤ توصیف و رده‌بندی می‌شود. جدول ٥ میزان خطر ناپایداری را در هر یک از سازندها نشان می‌دهد. واضح است که پهنه‌های با خطر کم تماماً در سازندهای آسماری و ایلام و پهنه‌های با خطر بسیار بالا در سازندهای پابده، گورپی و آبرفت‌ها، واریزه‌ها قرار گرفته‌اند.

تصویر ۷ نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها را در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۳- امتیازدهی شیب، ارتفاع، شرایط هیدروژئولوژی، کاربری و پوشش زمین (Anbalagan 1992-a, -b)

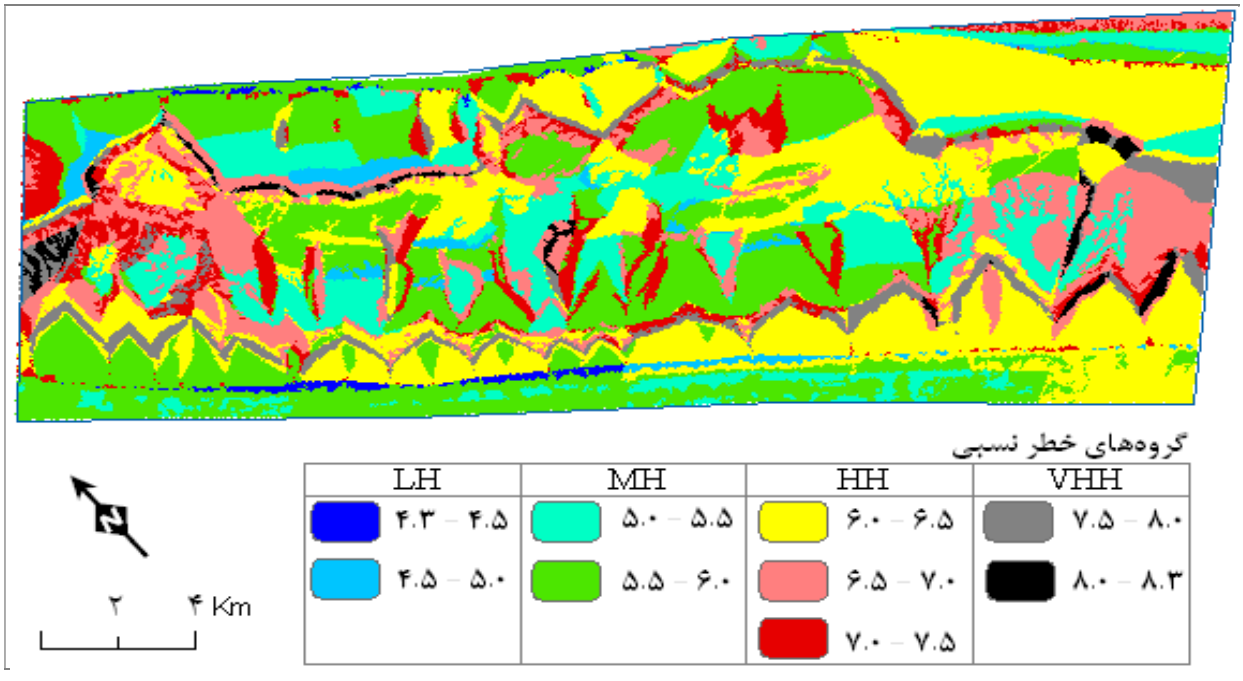
شیب دامنه		ارتفاع دامنه (متر)		هیدروژئولوژی		کاربری زمین و پوشش گیاهی	
مقدار شیب	امتیاز	توصِف	امتیاز	شرایط آب	امتیاز	شرایط	امتیاز
≤ ۱۵	۰/۵۰	< ۱۰۰	۰/۳۰	خشک	۰	کشاورزی/ هموار	۰/٦۵
۱٦ – ۲۵	۰/۸۰	۱۰۰ – ۳۰۰	۰/٦۰	مرطوب	۰/۲۰	متراکم	۰/۸۵
۲٦ – ۳۵	۱/۲۰	> ۳۰۰	۱/۰۰	خیس	۰/۵۰	متوسط	۱/۲۰
۳٦ – ٤۵	۱/۷۰			جریان قطره‌ای	۰/۸۰	پراکنده	۱/۵۰
> ٤۵	۲/۰۰			جریان	۱/۰۰	لم‌یزرع	۲/۰۰

جدول ٤- پهنه‌بندی بر اساس امتیاز کل

نشانه	VLH	LH	MH	HH	VHH
توصیف پهنه	خطر بسیار کم	خطر کم	خطر متوسط	خطر بالا	خطر بسیار بالا
مجموع امتیاز	< ۳/۵	۳/۵ – ۵/۰	۵/۱ – ٦/۰	٦/۱ – ۷/۵	> ۷/۵

جدول ۵- پوشش سطحی پهنه‌های خطر به تفکیک سازندها

سازند / پهنه خطر	واریزه‌ها	آبرفت‌ها	آغاجاری	میشان	گچساران	آسماری	پابده گورپی	ایلام
LH						٪۸		٪۴
MH		٪۹	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۴۶	٪۳۸	٪۱۷	٪۹۴
HH	٪۶۸	٪۹۱			٪۵۴	٪۵۴	٪۷۶	٪۲
VHH	٪۳۲						٪۷	



تصویر ٦- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در تاقدیس کنگان

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در بخش میانی تاقدیس کنگان به روش آنبالاگان که از عواملی همچون لیتولوژی، درجه‌ی شیب، ناپیوستگی‌های ساختاری، ارتفاع نسبی دامنه‌ها، هیدروژئولوژی، کاربری و پوشش گیاهی زمین بهره می‌برد، با به نقشه درآوردن ۳٦۰ واحد دامنه‌ای تهیّه شده است. هر یک از پهنه‌های خطر نسبی بسیار کم، کم، متوسّط، بالا و بسیار بالا به ترتیب ۰، ۲/۵، ٤۲، ٤۹ و ٦/۵ درصد از سطح منطقه را پوشش می‌دهند. سازندهای پابده، گورپی و نیز نهشته‌های عهدحاضر با ٤۷٪ از پوشش سطحی منطقه، جزء مناطق با بیشترین خطر ناپایداری می‌باشند. حضور درزه‌های قائم و پسروی فرسایشی مارن‌ها و شیل‌های نرم قاعده‌ای در دامنه‌های پرشیب و پرتگاهی، از جنس سنگ‌آهک‌های توده‌ای سازندهای آسماری و ایلام، شرایط را برای ریزش‌های ثقلی به صورت سنگ افت فراهم کرده است.

مراجع

Anbalagan, R., 1992-a, "Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain", *Engineering Geology, Vol. 32: 269-277.*

Anbalagan, R., 1992-b, "Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain", *In: Proceeding of the VI International Symposium on Landslides, Christchurch, New Zealand, pp. 861-868.*

Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V. & Reichenbach, P., 1991, "GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard", *Earth Surface Process Landforms, Vol. 16:427– 445.*

Glade, T., Anderson, M. G. & Crozier, M. J., 2005, "Landslide hazard and risk", *published by John Wiley, 824, pages.*

Hoek, E. & Bray, J. W., 1981, "Rock Slope Engineering", *Institution of Mining and Metallurgy, London.*

Lan, H. X., Zhou, C. H., Wang, L. J., Zhang, H. Y. & Li, R. H., 2004, "Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed", *Engineering Geology, Vol. 76 (1-2): 109-128.*

Romana, M., 1991, "SMR classification", *In: International Symposium of Rock Mechanics, Aachen, pp. 955-960.*

Rossi, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini, A. C., Peruccacci, S., 2010, "Optimal landslide susceptibility zonation based on multiple forecasts", *Geomorphology, Vol. 114 (3): 129-142.*

Saha, A. K., Gupta, R. P. & Arora, M. K., 2002, "GIS based landslide hazard zonation in the Bhagirathi Valley, Himalayas", *International Journal of Remote Sensing, Vol. 23 (2): 357- 369.*

Varnes, D. J., 1984, "Landslide hazard zonation: a review of principles and practice", *Commission of Landslides of the IAEG, UNESCO, Natural Hazards No. 3, 61 p.*

Uromeihy, A. & Mahdavifar, M. R., 2000, "Landslide hazard zonation of Khoreshrostam area, Iran" *Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 58 (3): 207-213*

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.