

پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از روش مؤسسه راه ژاپن در مسیر جاده چندار- شهرک طالقان و ارزیابی آن

سادات فیض نیا^۱، راضیه رحیمی^{۲*}، حسن احمدی^۳

چکیده

یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی که راههای ارتباطی را در مناطق کوهستانی تهدید می‌کند ناپایداری دامنه‌ای است. این پدیده در زمان احداث جاده‌ها به واسطه بر هم زدن تعادل دامنه‌ها فراوانی بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به اهمیت حرکت‌های توده‌ای و خسارات ناشی از آن لازم است اقداماتی در جهت کنترل این بلای طبیعی به عمل آید. مشخص کردن مناطق خطرناک و مستعد حرکت‌های توده‌ای اهمیت خاصی دارد زیرا درجه اهمیت در اولویت‌بندی پیشگیری و مبارزه، در مناطق مختلف مشخص می‌گردد. بدین منظور در تحقیق حاضر مدل پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در مسیر جاده چندار- شهرک طالقان با استفاده از روش مؤسسه راه ژاپن انجام گرفت. در این روش، پهنه‌بندی پایداری شیب در طول جاده‌ها، بر اساس امتیازدهی به ۱۲ عامل مؤثر در ناپایداری شیب صورت می‌پذیرد. در این مقاله ابتدا با توجه به شکل شیب، پولیگون‌هایی در اطراف جاده‌ی مورد مطالعه ایجاد شده و هر پولیگون را به عنوان یک واحدکاری، در نظر گرفته و پارامترهای این روش بررسی و نمره‌دهی گردید. نتایج نشان می‌دهد در جاده بدون دیواره حائل، ۹/۸۵ درصد از مسافت مسیر مورد مطالعه مستعد گسیختگی شیب، ۱۳/۶۲ درصد دارای احتمال گسیختگی و ۷۶/۵ درصد غیرمستعد می‌باشد. سپس با بررسی عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و کنترل‌های صحرائی، نقشه پراکنش حرکات توده‌ای در مسیر تهیه شد و نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای بدست آمده با روش مؤسسه راه ژاپن با استفاده از روش جمع مطلوبیت ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که روش مؤسسه راه ژاپن روش مناسبی برای پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در مسیر جاده‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

حرکت توده‌ای، پهنه‌بندی، مسیر چندار- شهرک طالقان، روش مؤسسه راه ژاپن

۱. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، E-mail:sfeiz@ut.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات E-mail: fahimi1016@yahoo.com

۳. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران E-mail:Ahmadi@ut.ac.ir

Assessment of Mass Movement Hazard Zonation using the Japan Road Institute Method along the Chendar-Shahrak Road, Taleghan, Iran

Feiznia S¹, Rahimi R^{2*}, Ahmadi H³

Abstract

One of the most important natural hazards which threatens the roads in mountainous regions are hillslope instabilities. This phenomenon is more frequent while the roads are under construction. Identification of dangerous and susceptible areas to mass movement is especially important in order to implement some measures to control these natural phenomena. In this study mass movement hazard zonation of Chendar-Shahrak Road, Taleghan was performed using Japan Road Institute Method. This method rates 12 effective factors in slope instabilities. In this research, first by considering the shape of gradient, polygons were made around the road and each polygon was considered as a work unit and the parameters were rated in each polygon. The results show that in the part of the road without retainers, 9.85% of the road is susceptible, 13.62% probably susceptible and 76.5% stable to mass movement. Then by using air photos, landsat images and field controls, the inventory map of mass movements around the road was prepared. Then mass movement zonation map of the area which was prepared using Japan Road Institute Method was evaluated using Sum of Quality. The results show that Japan Road Institute Method is a suitable method for performing mass movement hazard zonation around the roads.

Key Words:

Mass movement, Hazard zonation, Chendar-Shahrak road, Japan Road Institute Method.

1. E-mail: sfeiz@ut.ac.ir
2. E-mail: rahimi1016@yahoo.com
3. E-mail: Ahmadi@ut.ac.ir

۱-مقدمه

وقوع بلایا و سوانح طبیعی هر ساله در نقاط مختلف جهان و ایران خسارت جانی و مالی و زیست‌محیطی قابل توجهی به بار می‌آورد. حرکت‌های توده‌ای نیز نوع خاصی از سوانح طبیعی و شکلی از فرآیندهای دامنه‌ای هستند که تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی رخ می‌دهند. این حرکات شامل جابه‌جایی‌ها و جداسدگی‌های خاک و مواد سنگی به طرف پایین دامنه‌هاست و عموماً در اثر نیروی گرانش (ثقل)، بارش‌های شدید، زمین‌لرزه‌ها، اشباع خاک از آب، بارگذاری روی دامنه‌ها و عملیات نادرست مهندسی، تخریب پوشش گیاهی و پاره‌ای از عوامل دیگر به وقوع می‌پیوندد (شریعت جعفری، ۱۳۷۵).

به جرأت می‌توان گفت از جمله حساس‌ترین و مهمترین مسائل در پروژه‌های عمده عمرانی، همچون انتخاب مسیر بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی کوهستانی و احداث تونل‌های عبور و مرور پایداری شیب‌های طبیعی منطقه است و از آن جایی که راه‌ها از عناصر مهم زندگی نوین به شمار می‌آیند و زمینه‌های رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی را فراهم می‌سازند؛ برخورداری از راه‌های مناسب و ایمن یکی از معیارهای توسعه به شمار می‌رود. بطور کلی گسترش ارتباطات و جاده در مجموعه‌ای که "توسعه پایدار" را شکل می‌دهد، جایگاه ویژه‌ای دارد. گام برداشتن در مسیر توسعه و دستیابی به توسعه پایدار نیازمند برخورداری از جاده مناسب است. عدم رعایت استانداردها و نداشتن ایمنی لازم گاه سبب بروز مشکلاتی برای استفاده‌کنندگان راه می‌شود (شیرزادی، ۱۳۸۸). بنابراین به جز امنیت عبور و مرور که باید به راه‌های کشور حکم فرما باشد و مسائل فنی و مهندسی ترافیک به طور دقیق مدنظر قرار گیرد، ضروری است که راه‌ها در برابر تأثیر عوامل جغرافیایی و مخاطرات محیطی مخرب و پایداری دامنه‌ها هم هرچه بیشتر ایمن شوند تا بستر مناسب و مطمئن برای توسعه، به ویژه توسعه پایدار فراهم آید.

با پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت‌های توده‌ای، می‌توان مناطق حساس و دارای پتانسیل بالای خطر را شناسایی نموده و با ارائه راه حل‌ها و شیوه‌های کنترل و مدیریت مناسب، تا حدی از وقوع حرکت‌های توده‌ای جلوگیری نمود و یا از خسارات ناشی از وقوع آن‌ها کاست.

Ayalew و Yamagishi (۲۰۰۵) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه حساسیت به زمین‌لغزش را در کوه‌های کاکودای ژاپن تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که راه‌ها مهمترین عامل در تعیین و توزیع زمین‌لغزش‌ها هستند و در میان پارامترهای ژئومورفولوژیکی، شیب نقش بیشتری در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه ایفا نموده‌است. Yalcin (۲۰۰۸) نقشه خطر زمین‌لغزش را در ترکیه با استفاده از مدل ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح و تحلیل سلسله مراتبی تهیه نمود. وی زمین‌شناسی، جهت‌شیب، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده را به عنوان عوامل مؤثر در زمین‌لغزش معرفی نمود. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل AHP نسبت به مدل‌های دیگر در منطقه دقت بیشتری دارد. Kumar و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سیستم پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش (LSZ) اقدام به پهنه‌بندی خطر لغزش در نواحی از هند نموده و مناطق با خطر بالا، متوسط و کم را تعیین کردند. آنها همچنین اظهار داشتند این سیستم می‌تواند در آینده گسترش یافته و برای ارزیابی و پیش‌بینی خطرات

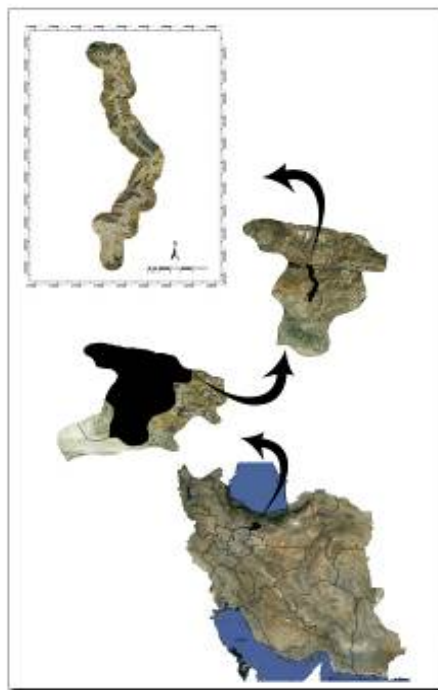
زمین لغزش به کار گرفته شود. Parmar و همکاران (۲۰۱۲) نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از مدل ارزش اطلاعاتی در ناحیه Himachal هند تهیه نموده و شیب، جنگل‌زدایی، بارش سنگین و جاده‌سازی را به عنوان عوامل مؤثر در زمین لغزش معرفی نمودند. باخویشی (۱۳۸۳) مسیر مریوان- کامیاران را از لحاظ حرکات دامنه‌ای با تأکید بر زمین لغزش مورد مطالعه قرار داده‌است. وی جنس سازندها و رسوب‌های دامنه، شیب و اقلیم را به ترتیب عامل اصلی ایجاد حرکات دامنه‌ای در مسیر مورد مطالعه می‌داند. دانشمندی (۱۳۸۷) مسیر جاده هراز را به طول ۱۸۵ کیلومتر مورد بررسی قرار داده‌است. وی به تجزیه و تحلیل متغیرهای ژئومورفولوژیک مؤثر بر پایداری مسیر جاده پرداخت و نتیجه گرفت بیشتر مخاطراتی که جاده هراز را تهدید می‌کنند مخاطرات طبیعی هستند که ناشی از مکان‌گزینی نامناسب جاده است. شیرزادی (۱۳۸۸) به بررسی پتانسیل زمین لغزش در جاده سنندج- مریوان پرداخت که نتایج نشان دادند سنگ‌شناسی، شیب، جهت‌شیب، فاصله از جاده، بارندگی، فاصله از گسل، فاصله از شبکه آبراهه پارامترهای مؤثر در ناپایداری دامنه‌های مسلط به جاده مورد نظر می‌باشند. در نهایت با استفاده از پارامترهای فوق، اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش با استفاده از دو روش وزن دهی و تحلیل سلسله مراتبی شد.

با توجه به اهمیت حرکت‌های توده‌ای و خسارات ناشی از آن در طول جاده‌ها مانند افزایش هزینه ساخت جاده، افزایش هزینه نگهداری و تعمیرات، اختلال در حمل و نقل و... در این تحقیق اقدام به پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از روش پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن در جاده چندار- شهرک طالقان گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی مسیر مورد مطالعه: جاده جدید چندار- شهرک طالقان با مختصات جغرافیایی 51° تا $50^{\circ} 45'$ طول شرقی و $35^{\circ} 40'$ تا $36^{\circ} 15'$ عرض شمالی در شهرستان های ساوجبلاغ و طالقان استان البرز واقع شده‌است. این مسیر تقریباً ۳۳ کیلومتر طول دارد و به لحاظ قرار گرفتن در رشته کوه‌های البرز دارای آب و هوای کوهستانی و بیلاقی است. درجه حرارت متوسط سالیانه منطقه ۹/۵ درجه سانتیگراد، متوسط حداکثر ۲۷/۵+ و متوسط حداقل ۱۱/۳- درجه سانتیگراد و متوسط بارندگی منطقه در بخش چندار ۳۰۰ میلی‌متر و در سمت شهرک ۶۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. در دامنه‌های مشرف به منطقه مورد مطالعه سنگهای متفاوتی از دوران اول تا رسوبات عهد حاضر گسترش دارند.



شکل شماره ۱- موقعیت محدوده مسیر چندار- شهرک طالقان در استان و کشور

۲-۲- روش تحقیق

شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عواملی که در وقوع حرکت‌های توده‌ای نقش مؤثری دارند، اولین گام در بررسی و پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای محسوب می‌شود. در روش پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن از ۱۲ فاکتور به عنوان عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه استفاده می‌شود که در جدول ۱ آمده است (ISSMGE, TC4, 1993).

با توجه به تصاویر ماهواره‌ای منطقه و همچنین بازدیدهای صحرایی، شیب منفی در جاده‌ی مورد مطالعه به چشم نمی‌خورد، بنابراین پارامتر ۳ (پیش‌آمدگی در شیب یا شیب منفی) در پهنه‌بندی خطر لحاظ نشد. همچنین با توجه به این که جاده‌ی مورد مطالعه (چندار- شهرک) در حال احداث بوده و به بهره‌برداری نرسیده است و طبقاً آماری در مورد مشکلات ترافیکی منطقه وجود ندارد، پارامتر ۱۰ (وقوع سنگ‌افتهایی که باعث مشکلات ترافیکی شده‌اند) جهت پهنه‌بندی خطر در نظر گرفته نشد. برای تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای ۷، ۸، ۹، ۱۱ و ۱۲ جهت پهنه‌بندی خطر حرکت توده‌ای، ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی منطقه و بازدیدهای صحرایی، با توجه به شکل شیب و شکل دیواره‌ی مایل در اطراف جاده‌ی مورد مطالعه پولیگون‌هایی با استفاده از نرم افزار GIS ایجاد شده و رقمی گردید. سپس با استفاده از عواملی که در زیر ذکر خواهد شد، نقشه‌ی هر کدام از عوامل مؤثر در ناپایداری به طور مجزا تهیه و بر اساس در روش مؤسسه راه ژاپن، امتیازدهی گردید.

جدول ۱- عوامل و امتیاز عوامل مؤثر در روش پهنه بندی خطر حرکات توده ای براساس مؤسسه راه ژاپن

امتیاز	طبقه بندی	عامل مؤثر در ناپایداری
۱۰	$50\text{ m} \leq H$	(۱) ارتفاع شیب
۸	$30\text{ m} \leq H \leq 50\text{ m}$	
۷	$10\text{ m} \leq H \leq 30\text{ m}$	
۳	$H \leq 10\text{ m}$	
۷	$\alpha \geq 1:0/6$	(۲) زاویه شیب
۴	$1:1 \leq \alpha < 1:0/6$	
۱	$\alpha < 1:1$	
۷	تشکیل شده در شیب های بدون دیواره	(۳) پیش آمدگی در شیب (شیب منفی)
۴	تشکیل شده در شیب های دیواره دار	
۰	تشکیل نشده	
۱۰	سنگ های بسیار ناپایدار	(۴) زمین شناسی
۷	سنگ های بسیار روی سطح شیب	
۶	سنگ بسیار هوازده شده	
۵	خاک شنی	
۴	سنگ های هوازده شده	
۴	سنگ های ترک دار	
۴	ماسه	
۱	رس	
۰	سنگ سالم	

۳	بیشتر از ۰/۵ متر	(۵) ضخامت لایه خاک هوازده شده
۰	کمتر از ۰/۵ متر	
۲	دارای جریان آب	(۶) جریان آب
۰	بدون جریان آب	
۵	بیشتر از یک مورد در سال	(۷) فراوانی سنگ افت
۳	کمتر از یک مورد در سال	
۰	بدون مورد	
I	تغییر شکل داده شده	(۸) تغییر شکل شیب
III	بدون تغییر شکل	
I	تغییر شکل داده شده	(۹) تغییر شکل دیواره مایل
III	بدون تغییر شکل	
I	حادث شده	(۱۰) وقوع سنگ افت هایی که باعث مشکلات ترافیکی شده اند
III	حادث نشده	
I	بسیار	(۱۱) برش در شیب یا انباشت خاک روی شیب
II	کم	
III	هیچ	
I	ناپایدار	(۱۲) پایداری دیواره های حایل
II	پایدار	
III	خیلی پایدار	

جدول ۲- ارزیابی پایداری - بدون دیواره حائل (مرحله ۱)

بیشتر از ۲۴	بین ۱۴-۲۳	کمتر از ۱۳	مجموع امتیازات از شماره (۱) تا امتیاز دهی بر اساس موارد (۸) تا (۱۱)
A	A	A	رده I $1 \leq I$
A	A	B	شامل یک مورد رده II و بقیه موارد رده III
A	B	C	همه موارد رده III

حروف (A) و (B) و (C) در جدول شماره ۲ نشان دهنده وضعیت پایداری شیب به شرح زیر می باشند.

A: مستعد گسیختگی

B: گسیختگی شیب محتمل است

C: غیر مستعد برای گسیختگی شیب

جدول ۳- ارزیابی پایداری - با دیواره حائل (مرحله ۲)

C	B	A	نتایج مرحله ۱ رتبه (مربوط به مورد ۱۲)
A	A	A	I
C	B	A	II
C	C	B	III

حروف (A) و (B) و (C) در جدول شماره ۳ نشان دهنده وضعیت پایداری شیب به شرح زیر می باشند.

A: مستعد گسیختگی

B: گسیختگی شیب محتمل است

C: غیر مستعد برای گسیختگی شیب

ارتفاع شیب: یکی از لایه های اطلاعاتی مورد نیاز برای پهنه بندی خطر حرکت های توده ای در روش مؤسسه راه ژاپن، ارتفاع شیب می باشد. جهت تهیه این لایه اطلاعاتی از نقشه DEM منطقه استفاده گردید و با اعمال فیلترهای مختلف با استفاده از امکانات نرم افزار GIS این لایه اطلاعاتی برای منطقه تهیه گردید (شکل شماره ۲).

زاویه شیب: وجود شیب در دامنه‌ها به عنوان اساس حرکات توده‌ای مطرح می‌باشد. وجود این عامل به صورت بحرانی نقش تأثیرگذار عوامل دیگر در حرکات توده‌ای را تشدید می‌نماید (حسین زاده و همکاران، ۱۳۸۸). برای تهیه نقشه‌ی شیب بعد از رقوم‌ی کردن خطوط میزان ۱۰۰ متری، در محیط GIS مدل رقوم‌ی ارتفاعی DEM تهیه گردید. ابعاد پیکسل‌ها در تهیه‌ی این نقشه ۱۰ متر در نظر گرفته‌شد و سپس با استفاده از نقشه‌ی DEM نقشه‌ی شیب به درجه برای جاده چندار- شهرک در سه کلاس مطابق جدول ۱ تهیه گردید (شکل شماره ۳).

زمین‌شناسی: منطقه‌ی مورد مطالعه در داخل ورقه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شکران واقع شده‌است. پس از رقوم‌ی کردن این نقشه و تطابق آن با بافر جاده‌ی چندار- شهرک، واحدهای زمین‌شناسی منطقه مشخص شدند. طبقه‌بندی و امتیازدهی واحدهای زمین‌شناسی در روش تجربی مورد استفاده، بر اساس میزان هوازدهی سنگ‌ها انجام گرفته است؛ ولی از آنجایی که همه‌ی سنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه در رده کمی هوازده، با پوشش خاک نسبتاً کم و درز و شکاف متوسط قرار دارند، بنابراین امتیازدهی بر اساس طبیعت و سرشت سنگ‌ها انجام‌شد (شکل شماره ۴).

ضخامت لایه‌ی خاک هوازده شده: این نقشه با تلفیق نقشه‌ی منابع اراضی و نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه در محیط نرم افزار GIS بدست آمد. سپس با تجزیه و تحلیل اطلاعات تلفیق شده، ضخامت لایه‌ی خاک هوازده شده تعیین و مطابق جدول شماره ۱ در دو کلاس طبقه‌بندی و امتیازدهی شد (شکل شماره ۵).

جریان آب: این نقشه با استفاده از نقشه‌ی شبکه آبراهه‌های محدوده مورد مطالعه بدست آمد. بدین ترتیب که کلیه آبراهه‌های اصلی و فرعی موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه از روی نقشه‌های توپوگرافی از مشخصات فیزیکی منطقه رقوم‌ی گردید. سپس آبراهه‌های اصلی و فرعی منتهی به جاده با بافرهایی مشخص شده و طبق جدول ۱ در دو کلاس طبقه‌بندی و امتیازدهی شدند (شکل شماره ۶).

فراوانی سنگ افت: سنگ افت (Rock Fall) عبارت از تخته سنگ‌های جداگانه یا توده خرده شده‌ای از سنگ که به صورت غلطش، سقوط آزاد یا جهش به طرف پایین دامنه حرکت می‌کند. گرچه سقوط سنگی در همه انواع سنگ‌ها ممکن است صورت گیرد ولی بیشتر در سنگ‌های با درزهای نزدیک به هم یا در مواد با سیمان شدگی ضعیف شامل توف، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، در سنگ‌های هوازده خردشونده و عمدتاً در دامنه‌های با شیب بیشتر از ۴۰ درجه به وقوع می‌پیوندد (حافظی مقدس، ۱۳۷۲). با تجزیه و تحلیل اطلاعات نقشه‌ی زمین‌شناسی و نقشه‌ی شیب منطقه که قبلاً تهیه شده‌بودند، همچنین با بررسی عکس‌های هوایی محدوده‌ی جاده‌ی مورد مطالعه، بازدیدهای صحرائی و پرسش از اهالی منطقه نقشه‌ی فراوانی سنگ‌افت (سقوط سنگ) طبق جدول شماره ۱ در سه کلاس تهیه و امتیازدهی گردید (شکل شماره ۷).

تغییر شکل شیب و تغییر شکل دیواره حائل: این نقشه‌ها با بررسی عکس‌های هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه، بازدیدهای صحرائی و قضاوت کارشناسی در دو کلاس مطابق جدول شماره ۱ تهیه و امتیازدهی گردیدند (اشکال شماره ۸ و ۹).

برش در شیب یا انباشت خاک روی شیب: با بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای محدوده‌ی جاده‌ی مورد مطالعه، همچنین با بازدیدهای صحرائی و قضاوت کارشناسی، خاکبرداری و خاکریزی روی شیب‌ها تعیین شده و نقشه‌ی فوق در سه کلاس مطابق جدول ۱ تهیه و امتیازدهی گردید (شکل شماره ۱۰).

پایداری دیواره حائل: با توجه به نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه و بررسی جنس سازندها، همچنین با تفسیر عکس‌های هوایی و بازدیدهای صحرائی، نقشه‌ی پایداری دیواره‌ها در سه کلاس مطابق جدول ۱ برای محدوده‌ی جاده‌ی مورد مطالعه تهیه گردید (شکل شماره ۱۱).

برای تطبیق نقشه تهیه شده با نقشه واقعیت زمینی، از دو شاخص با عناوین نسبت دانسیته (Dr) و جمع مطلوبیت (Qs) استفاده شد (Gee, 1992).

برای مقایسه رده‌های مختلف خطر، از تراکم حرکات توده‌ای یا نسبت تراکم (Dr) در هر یک از رده‌های خطر استفاده می‌شود. تراکم حرکت توده‌ای، در نقشه‌های خطری که به طور صحیح تهیه شده‌اند، از رده خطر خیلی کم تا رده‌های خطر زیاد به صورت صعودی است. نسبت تراکم، با تقسیم نمودن تراکم حرکت توده‌ای در رده خطر خاص به تراکم متوسط حرکات توده‌ای بر مبنای تراکم سطحی و یا تعدادی محاسبه می‌گردد. همچنین مقدار، Qs انحراف مقادیر Dr برای هر یک از نقشه‌های داده شده از مقدار متوسط یک و جمع مربعات این انحرافات بعد از بکار بردن یک نوع وزن‌دهی را نشان می‌دهد. Qs بالاتر، نمایانگر جدایش بهتر بین رده‌های خطر مختلف است. (Gee, 1992). به منظور ارزیابی کارایی مدل با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه و پیمایش‌های زمینی، حرکت‌های توده‌ای موجود در منطقه به عنوان شاهد زمینی شناسایی و نقشه‌بندی گردید. بر اساس مشاهدات زمینی، ۲۲ حرکت توده‌ای که عمدتاً لغزش بودند، در مسیر مورد مطالعه شناسایی شد (شکل شماره ۱۲).

۳- نتایج

بر طبق روش ذکر شده در بالا، مدل تجربی پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن در منطقه اعمال شده و نتایج زیر از تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای مسیر چنار- شهرک، جدول ۴ بدون در نظر گرفتن دیواره حائل و جدول ۵ با در نظر گرفتن دیواره حائل به دست آمد.

جدول ۴- کلاس های خطر روش پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن (بدون دیواره حائل)

کلاس های خطر	مساحت نواحی لغزشی (هکتار)	مساحت نواحی غیرلغزشی (هکتار)	مساحت کل (هکتار)	درصد پوشش کلاس
A	۱۳/۸	۱۰/۷۷	۲۴/۵۷	۹/۸۶
B	۴/۱	۲۹/۸۸	۳۳/۹۸	۱۳/۶۲
C	۱۰/۶۹	۱۸۰/۲۱	۱۹۰/۹	۷۶/۵۲

جدول ۵- کلاس های خطر روش پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن (با دیواره حائل)

کلاس های خطر	مساحت نواحی لغزشی (هکتار)	مساحت نواحی غیرلغزشی (هکتار)	مساحت کل (هکتار)	درصد پوشش کلاس
A	۱۳/۸	۱۰/۷۷	۲۴/۵۷	۹/۸۶
B	۱/۹	۵/۶	۷/۵	۳
C	۱۲/۹	۲۰۴/۴۸	۲۱۷/۳۸	۸۷/۱۴

۴- بحث و نتیجه گیری

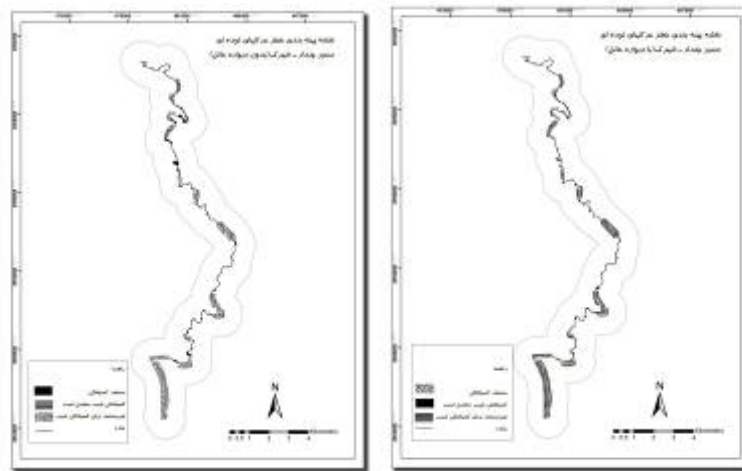
طبق نقشه تهیه شده در جاده بدون دیواره حائل، ۹/۸۶ درصد از مسافت مسیر مورد مطالعه مستعد گسیختگی شیب، ۱۳/۶۲ درصد دارای احتمال گسیختگی و ۷۶/۵۲ درصد غیر مستعد می‌باشد. همچنین در جاده با دیوار حائل، ۹/۸۶ درصد از مسافت مسیر مورد مطالعه مستعد گسیختگی شیب، ۳ درصد دارای احتمال گسیختگی و ۸۷/۱۴ درصد غیر مستعد می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود با در نظر گرفتن دیواره‌های حائل احداث شده در طول مسیر از درصد مناطق دارای احتمال گسیختگی کاسته شده و به مناطق غیر مستعد گسیختگی افزوده می‌شود.

بر اساس معادلات، شاخص نسبت دانسته در جاده بدون دیواره حائل برای کلاس خطر A (مناطق دارای گسیختگی) ۴/۹، کلاس خطر B (مناطق دارای احتمال گسیختگی) ۱/۰۶ و کلاس خطر C (مناطق غیر مستعد گسیختگی) ۰/۴۹ می‌باشد. مقدار Qs نیز ۱/۵۶ به دست می‌آید. مقدار این شاخص در مسیر مورد مطالعه با در نظر

گرفتن دیواره حائل برای کلاس خطر A (مناطق دارای گسیختگی) $4/9$ ، کلاس خطر B (مناطق دارای احتمال گسیختگی) $2/2$ و کلاس خطر C (مناطق غیر مستعد) $0/52$ بدست آمد. مقدار Qs در این حالت $1/6$ به دست آمد. همان طور که ملاحظه می شود تراکم حرکت توده های از کلاس C (مناطق غیر مستعد گسیختگی) به سمت کلاس A (مناطق مستعد گسیختگی) دارای روند صعودی است. همچنین با تلفیق نقشه پهنه بندی حاصل از مدل مذکور و نقشه موقعیت مکانی حرکت های توده های مشاهده شد که اکثر حرکت های توده های رخ داده در مسیر در مناطق مستعد و دارای احتمال گسیختگی شیب قرار دارند. بر اساس مدل تعدادی از حرکت های توده های در منطقه غیر مستعد گسیختگی قرار دارند که علت آن می تواند ترانشه برداری و جاده سازی باشد.

بررسی ها نشان می دهد که بین کلاس های روش مؤسسه راه ژاپن و حرکت های توده های مشاهده شده در منطقه ارتباط ویژه ای وجود دارد، بنابراین صحت مدل تجربی پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن برای پهنه بندی خطر مسیر چندار - شهرک تأیید می گردد.

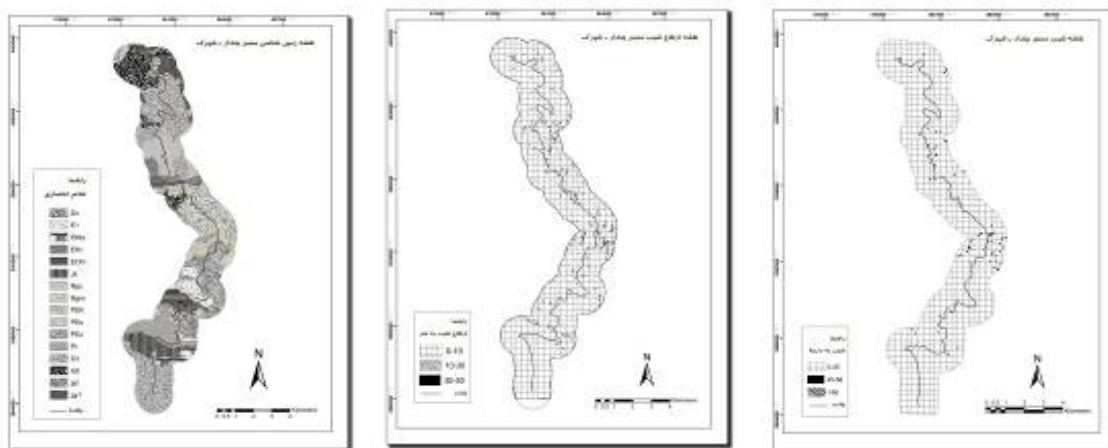
با توجه به اینکه تاکنون مطالعه ای مبنی بر استفاده از روش پیشنهاد شده به وسیله مؤسسه راه ژاپن در پهنه بندی خطر حرکت توده های انجام نگرفته است، نمی توان مقایسه دقیقی با نتایج کار دیگران انجام داد ولی می توان گفت که این نتیجه با نتایج سیارپور (۱۳۷۸)، شیخی (۱۳۸۱)، زارعی و همکاران (۱۳۸۸) و پورحسین و همکاران (۱۳۸۸) که صحت روش های تجربی مورد استفاده در پژوهش های خود را تأیید کرده اند، همخوانی دارد.



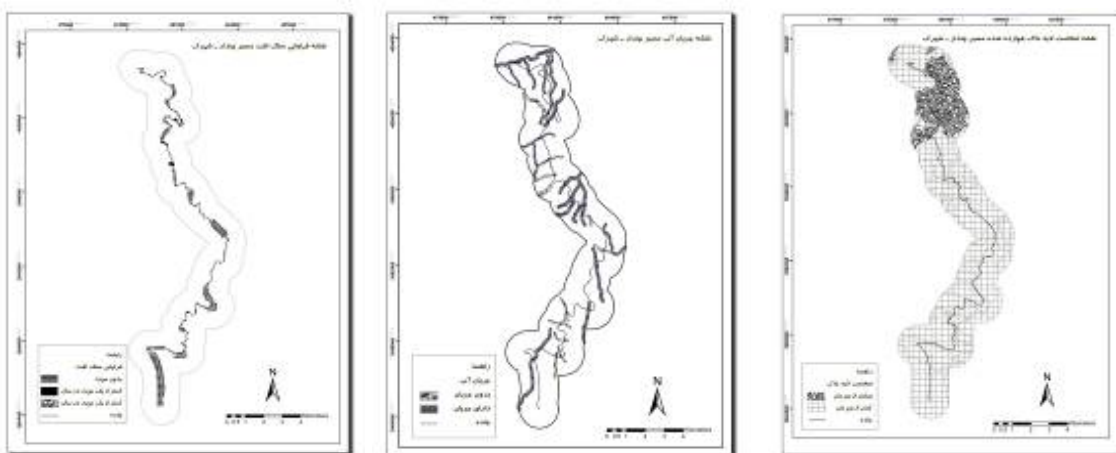
شکل شماره ۱۳ - نقشه پهنه بندی خطر حرکت های توده های مسیر (بدون دیواره ی حائل) شکل شماره ۱۴ - نقشه پهنه بندی خطر حرکت های توده های مسیر (با دیواره ی حائل)

۵- سپاسگزاری

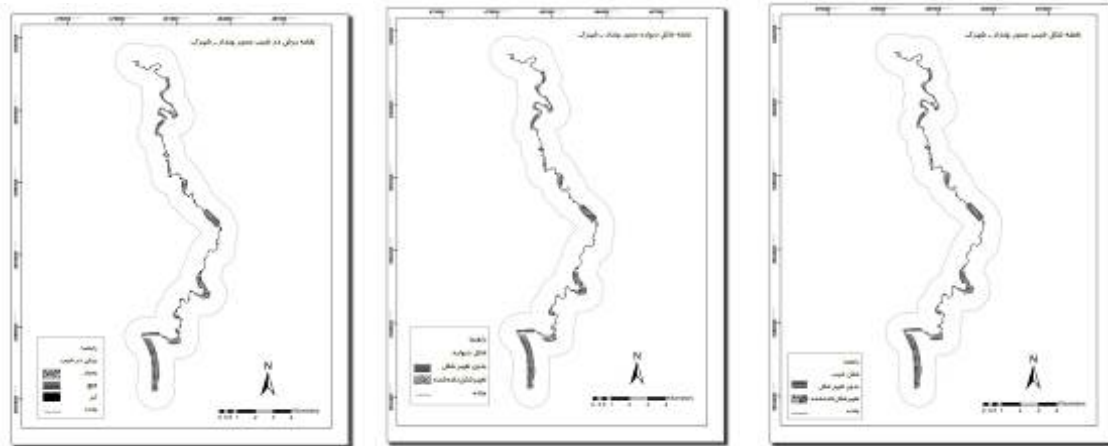
در پایان مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمامی کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند، به خصوص جناب آقای مهندس چهارراهی استاد جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران اعلام می‌داریم.



شکل ۲- نقشه ارتفاع شیب مسیر شکل ۳- نقشه زاویه شیب مسیر شکل ۴- نقشه زمین شناسی مسیر



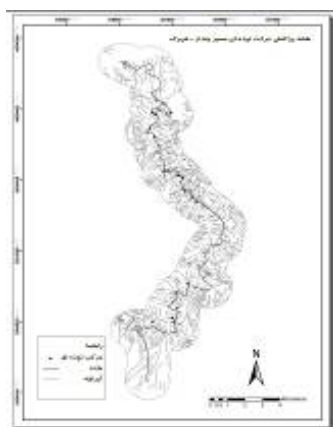
شکل ۵- نقشه ضخامت لایه ی خاک هوازده شده مسیر شکل ۶- نقشه جریان آب مسیر شکل ۷- نقشه فراوانی سنگ افت مسیر



شکل ۱۰- نقشه برش در شیب مسیر

شکل ۹- نقشه شکل دیواره حایل مسیر

شکل ۸- نقشه شکل شیب مسیر



شکل ۱۲- نقشه پراکنش حرکت توده ای مسیر



شکل ۱۱- نقشه پایداری دیواره حائل مسیر

منابع

- ۱) باخویشی، کاوه، ۱۳۸۳، مطالعه حرکات دامنه ای (با تأکید بر زمین لغزش) در جاده مریوان- کامیاران از سه راه دگاگا تا کامیاران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران
- ۲) پورحسین، سپیده، مرضیه قاسمی و عاطفه منتظم، ۱۳۸۸، ارزیابی کارایی مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش حائری- سمیعی در حوزه آبخیز قورچای رامیان، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- ۳) حافظی مقدس، ناصر، ۱۳۷۲، پهنه بندی خطر لغزش در مناطق زلزله خیز (مطالعه موردی زمین لغزه های تحریک شده در زلزله خرداد ۱۳۶۹ منجیل)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس

- (۴) حسین زاده، محمد مهدی، محمدرضا ثروتی، عادل منصوری، بابک میرباقری و سعیدخضری، ۱۳۸۸، پهنه بندی ریسک وقوع حرکات توده ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی محدوده مسیر سندج-دهگلان)، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال سوم، (۱۱)، ۲۷-۳۷.
- (۵) دانشمندی، اسماعیل، ۱۳۸۷، تجزیه و تحلیل متغیرهای ژئومورفولوژیک مؤثر در مدیریت جاده ای (مطالعه موردی جاده هراز)، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران
- (۶) سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شکران.
- (۷) سازمان نقشه برداری کشور، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، شیت های فشند و قزوین- رشت.
- (۸) سازمان نقشه برداری کشور، عکس های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ منطقه ی مورد مطالعه.
- (۹) سیاریور، مرتضی، ۱۳۷۸، پهنه بندی پتانسیل خطر زمین لغزش در جنوب خلخال، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- (۱۰) شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۵، زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب های طبیعی)، انتشارات سازه، تهران، ص ۲۱۸.
- (۱۱) شیخی، افشین، ۱۳۸۱، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از GIS در حوزه آبخیز تجن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.
- (۱۲) شیرزادی، هیوا، ۱۳۸۸، پتانسیل لغزش در جاده جدید سندج- مریوان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران
- (۱۳) زارعی، مهدی، جلیل حزبی، آیناز کلتی، نازنین مفیدی پور، عباس احمدی فصیحی و کریم سلیمانی، ۱۳۸۸، امتیاز بندی خطر زمین لغزش در روش حائری- سمیعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قویجوق)، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- (۱۴) 14-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, 15-31.
- (۱۵) 15-ISSMGE, TC4, 1993 Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazard, 54-57
- (۱۶) 16-Gee, M.D., 1992. Classification of landslides hazard zonation Methods and a test of predictive capability, bell, D.H., P 110-121, proceeding 6th international symposium on landslide. (۱۷)
- (۱۸) 17-Parmar, M.K, Malik, A, and Godiyal, M., 2012, Landslide hazard zonation using Remote Sensing and GIS: A case study of Giri Valley, district sirmaur Himachal Pradesh, *International Journal of Environmental Sciences*, 1, 26-39.
- (۲۰) 18-Yalcin, A. 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. *CATENA*, Volume 72 Pages 1-12.