فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال نهم، شماره ۳۳، زمستان ۱۳۹٤

مطالعه ژئوتکنیکی‌وزیست‌محیطی زمین‌لغزش غرب روستای گَت‌کَش منطقه کجور، نوشهر

رضا خواجوند

دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان reza.khajevand@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹٤/۳/۲۲ تاریخ تصویب: ۹٤/۱۱/۲۱

چکیده

منطقه کوهستانی کجور، واقع در استان مازندران به علت ارتفاع زیاد، وجود لایه‌های مارنی، رسی و شیلی، فعالیت لرزه‌خیزی بالا، توپوگرافی عمدتاً کوهستانی و بارندگی زیاد؛ شرایط مناسبی را برای زمین‌لغزش فراهم می‌آورد. مسیر جاده نیز با توجه به شرایط زمین‌شناسی و آب و هوایی از مناطق مستعد برای وقوع حرکات دامنه‌ای می‌باشد، تجربه لغزش‌های متعدد در سال‌های پس از بهره‌برداری مؤید این موضوع است. در پژوهش حاضر علت وقوع زمین‌لغزش در کیلومتر ۲۷ محور مواصلاتی کجور، در غرب روستای گَت‌کَش به طور موردی تحت مطالعه و بررسی قرار گرفته است. به این منظور با استفاده از بازدیدهای صحرایی، بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای؛ عوامل اصلی ناپایدارسازی در ناحیه مورد نظر مورد شناسایی و مطالعه قرار گرفت. بر اساس مطالعات، لغزش از نوع انتقالی شناخته شد و هفت عامل لیتولوژی، توپوگرافی، فاصله از گسل، زمین‌شناسی مهندسی توده لغزشی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، اقلیم و کاربری اراضی به عنوان عوامل اصلی و مؤثر در وقوع لغزش تعیین و مورد بحث و تحلیل قرار گرفتند. ضریب اطمینان به‌دست آمده طی تحلیل پایداری به روش تعادل حدی بیانگر پایداری شیروانی در شرایط فعلی می‌باشد، اما با تغییر عوامل مؤثر در پایداری، لغزش مجدد محتمل می‌باشد. طی بررسی‌ها، بخش‌های با پتانسیل لغزش بالا شناسایی شدند و از این رو پیشنهاداتی در خصوص عملیات پایدار سازی مناسب در نواحی با خطر بالا ارائه شده است. نتایج ارزیابی کمی اثرات زیست‌محیطی و وزن‌دهی به متغیرهای متأثر از لغزش به همراه آنالیز خوشه‌ای، نشانگر اثرات منفی این لغزش بر محیط زیست منطقه و ارتباط معنادار این پارامترها می‌باشد.

واژگان کلیدی: کجور، گت‌کش، ناپایداری دامنه‌ای، زمین‌لغزش.

مقدمه

هر گونه حرکت در امتداد شیب با سرعت کم تا زیاد که در آن مواد مختلف از جمله خاک، واریزه و حتی نهشته‌های مصنوعی به سمت پایین شیب حرکت کنند را زمین‌لغزش می‌گویند (پارسایی و علی‌محمدی، ۱۳۹۱). بر اساس نظر (Goudie, 2004)، به نقل از (مرادی و همکاران ۱۳۹۱)، به فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و حرکات رو به پایین مواد سازنده دامنه‌ها اعم از سنگ، خاک یا مخلوطی از این مواد، زمین‌لغزش اطلاق می‌شود. زمین‌لغزش‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل بارش شدید باران، لرزش‌های ناشی از زمین‌لرزه، تغییر در تراز آب زیرزمینی، طوفان‌های سهمگین، فرسایش سریع و مجموعه عواملی که باعث کاهش مقاومت برشی مصالح می‌شوند رخ می‌دهند (Dai et al, 2002). در بیان انواع زمین‌لغزش‌ها معیارهای متفاوتی توسط محققین به کار رفته است؛ (Hant, 1984) بر اساس نوع حرکت، شکل کسیختگی، چسبندگی، نوع مصالح و علت گسیختگی شش نوع حرکت را توصیف نمود که شامل: ریزش، لغزش و خاک‌سره می‌باشد(اجل لوئیان ۱۳۹۲).

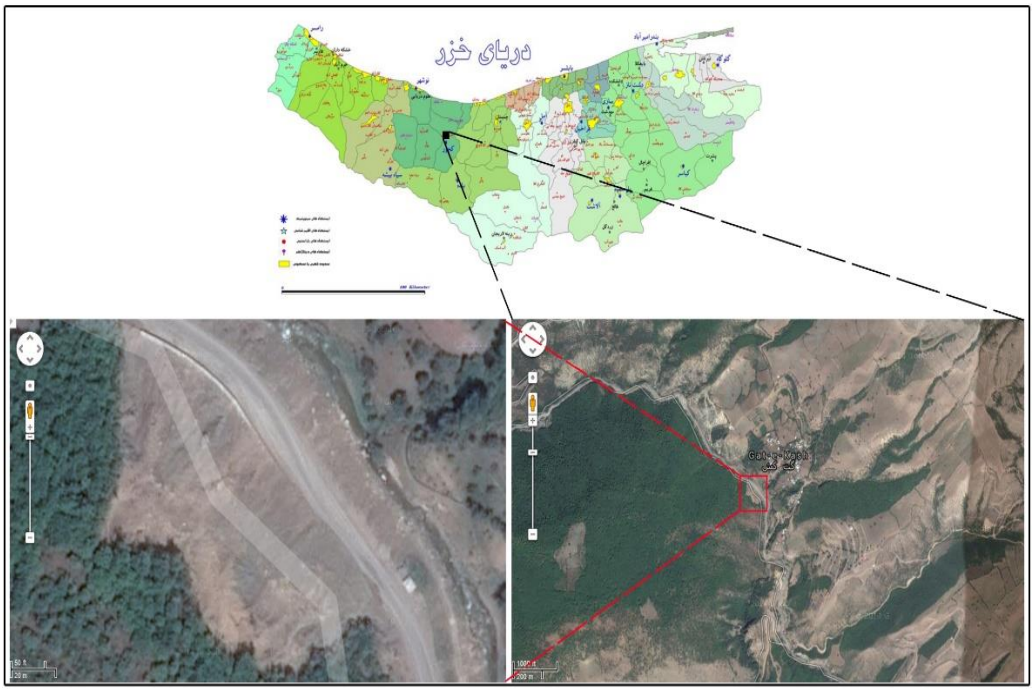
حرکات توده‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش‌ها یکی از مهم‌ترین مخاطرات زمین‌شناختی- زیست‌محیطی هستند که وجود عواملی مانند مستعد بودن ناهمواری‌ها از نظر منشاء ساختمانی و دینامیکی، قطع درختان و بهره‌برداری‌های بی‌رویه از جنگل‌ها، رعایت نکردن اصول فنی و نگهداری جاده‌های کوهستانی و روستایی موجب تشدید آن‌ها شده است (شادفر و همکاران، ۱۳۸٦). حرکات توده‌ای هر ساله در بسیاری از مناطق دنیا باعث کشته و مجروح شدن افراد زیادی می‌شود که این موضوع ضرورت توجه به این پدیده مخاطره آمیز را نمایان می‌کند (محمدی، ۱۳۸۷). در میان مخاطرات طبیعی ناپایداری دامنه‌ای و زمین‌لغزش‌ها از نظر خسارات وارده به جوامع در رتبه سوم قرار دارند (Zilman, 1999).

در این میان زمین‌لغزش‌های لرزه‌ای سبب مرگ بیش از هزاران انسان و وارد آمدن میلیاردها دلار خسارت به کشورها شده است (Wilson & Keefer, 1985). اکثر لغزش‌ها با دستکاری بشر در سیستم‌های طبیعی رخ می‌دهند و در دهه‌های اخیر شتاب فزاینده‌ای یافته است (Emami & Ghayomain, 2003).

روش‌های مختلفی برای مطالعه زمین‌لغزش‌ها در سراسر دنیا و کشورمان انجام شده است، اما با توجه به متفاوت بودن عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش و نبود امکان اندازه‌گیری تمامی عوامل ایجاد کننده ناپایداری، هنوز روشی که بتوان به طور قطع آن را برای تمامی مناطق استفاده کرد معرفی نشده است (کرم و محمدی، ۱۳۸۸). به دلیل قطعیت نداشتن در مطالعات زمین‌لغزش، استفاده از نظر کارشناسان مختلف در بسیاری از مناطق دنیا مورد استفاده قرار گرفته و در برخی از این تحقیقات نتایج قانع کننده‌ای حاصل شده است (Ayalew et al, 2005).

وجود لغزش یا احتمال وقوع آن، می‌تواند بیشتر فعالیت‌های عمرانی و اجرایی از جمله شهرسازی، جاده‌سازی، سازه‌های آبی، دکل‌های انتقال برق، کانال‌های انتقال آب، خطوط انتقال نیرو، عملیات کشاورزی، آبخیزداری و منابع طبیعی و غیره را تحت تأثیر قرار دهد (احمدی، ۱۳۸٦). در کشورهای پیشرفته معمولاً پیش از آغاز هر گونه پروژه عمرانی، شرایط و وضعیت منطقه در رابطه با لغزش‌های موجود و پتانسیل وقوع آن مورد توجه و مطالعه قرار می‌گیرد تا بدین وسیله از خسارت‌های احتمالی جلوگیری شود (مقیم، ۱۳۹۰). به دلیل قرارگیری ایران در کمربند لرزه‌خیزی فعال و تنوع در شرایط زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی و توپوگرافی مناطق زیادی مستعد لغزش می‌باشند، بنابراین تشخیص و پیش‌بینی این پدیده و جلوگیری از وقوع آن امر بسیار مهمی می‌باشد (Fatemi Aghda & Bagheri, 2014). با توجه به شرایط کوهستانی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه، امکان وجود ناپایداری در دامنه و محدوده جاده بسیار محتمل است. وجود درزه‌های فراوان در توده سنگ و چندین زمین‌لغزش در محدوده جاده، اهمیت بررسی پایداری شیب و مخاطرات ناپایداری دامنه‌ای را دو چندان می‌کند. بیشتر واحدهای سنگی محدوده مورد نظر از جنس رس، مارن، شیل، ماسه‌سنگ و سنگ آهک هوازده می‌باشند. از این رو دامنه طبیعی خاکی یا سنگی، دامنه ناشی از حفر ترانشه در سنگ و خاک و دامنه‌های جاده یا خاکریز همه ممکن است بر اثر عواملی از حالت پایدار خارج شوند. همچنین در بررسی‌های صحرایی در چندین نقطه از دامنه جاده به طول بیش از ۲ کیلومتر با ناپایداری‌های دامنه‌ای وسیعی برخورد شده است که نشان می‌دهد ناپایداری‌های موجود جوان بوده و منطقه دارای پتانسیل لغزش می‌باشد. در پژوهش حاضر با استفاده از بازدیدهای صحرایی و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای منطقه، محدوده ناپایدار مورد شناسایی قرار گرفت و علل اصلی به وجود آورنده آن مورد بحث و بررسی قرار گرفت. بر اساس این مطالعات هفت عامل مؤثر در وقوع لغزش شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفتند. منطقه مورد مطالعه در کیلومتر ۲۷ محور مواصلاتی کجور، از توابع شهرستان نوشهر استان مازندران، در غرب روستای گت‌کش قرار گرفته است (شکل ۱). از نظر اقلیم منطقه مرطوب و کوهستانی بوده

و میانگین بارش سالیانه ٤٥٠ میلی‌متر می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی لغزش مورد مطالعه در زون البرز مرگزی قرار گرفته است. لیتولوژی منطقه بسیار متنوع بوده اما عمدتاً بر روی توالی‌های مارنی کرتاسه و توالی‌های آهکی رسی مارن‌دار هوازده کربونیفر قرار گرفته است. طول توده لغزشی اصلی ۳۸۰ متر و ارتفاع آن در نقاط مختلف ۱۰۰ تا ۱۳۰ متر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱- عکس هوایی روستای گت‌کش و لغزش مورد مطالعه

شکل ۲- الف و ب: زمین‌لغزش غرب روستای گت‌کش

روش تحقیق

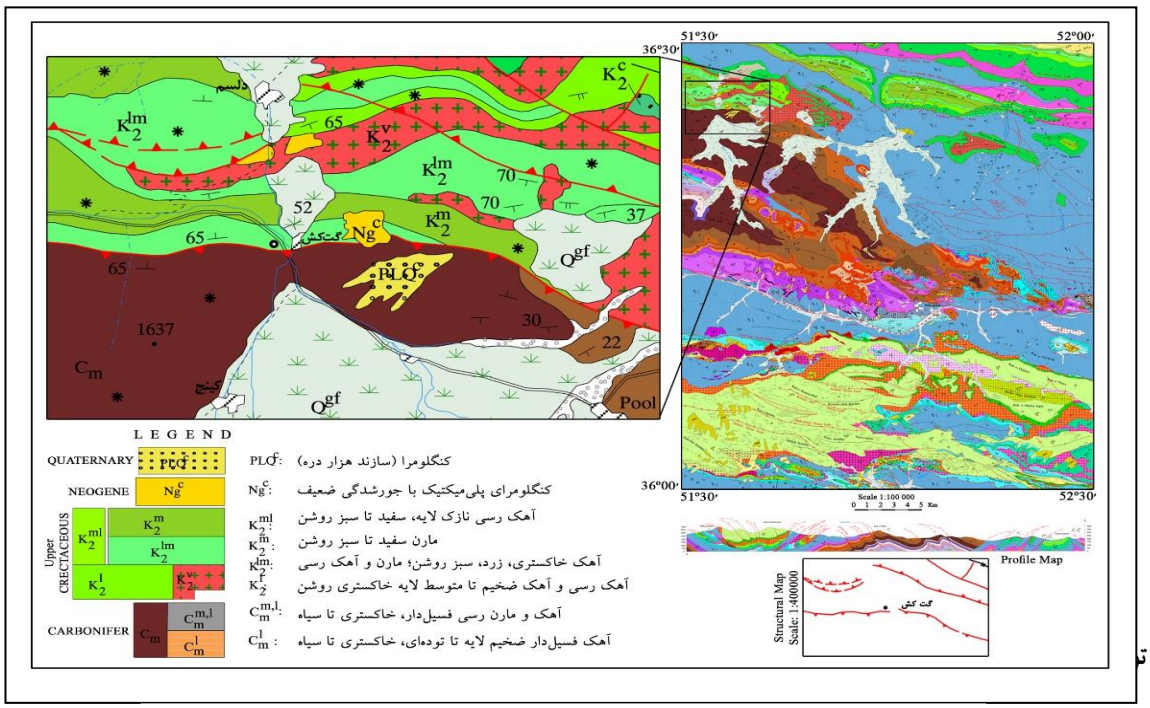
معمول‌ترین روش بررسی عوامل مؤثر در رخداد یک لغـزش و ارزیابی میزان اهمیت هر مورد، بازدیدهای صحرایی می‌باشد. در پژوهش حاضر شناسایی دقیق واحدهای سنگی و تطبیق آن‌ها با نقشه‌های زمین‌شناسی، بررسی روند و امتداد گسل‌های موجود، آگاهی از وضعیت

توپوگرافی، تعیین کاربری اراضی، وضعیت پوشش گیاهی و بررسی وضعیت هیدرولوژیکی منطقه طی مطالعات کتابخانه‌ای نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و سپس بازدیدهای صحرایی تکمیلی صورت پذیرفت. سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده جهت انجام آزمایش تحت مطالعات آزمایشگاهی قرار گرفتند و خصوصیات ژئوتکنیکی آن‌ها تعیین شد. به این ترتیب طی مطالعات آزمایشگاهی داده‌های مورد نیاز برای تحلیل پایداری زمین لغزش به کمک نرم افزار با روش تعادل حدی و ارائه راهکار جهت پایدارسازی و جلوگیری از لغزش مجدد ارائه شد. همچنین اثرات زیست‌محیطی لغزش‌های پیشین به کمک پارامترها و شواهد موجود کمی‌سازی شد و در همین راستا اثرات لغزش‌های بعدی مورد ارزیابی زیست‌محیطی قرار گرفت که در ادامه به شرح آن پرداخته شده است.

بحث و نتایج

با توجه به مطالعات انجام شده و بررسی‌های صحرایی عوامل مؤثر در وقوع لغزش مورد مطالعه به شرح زیر بیان می‌شود:

لیتولوژی: منطقه مطالعاتی بخشی از ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ بلده می‌باشد. در شکل ٤ نقشه زمین‌شناسی بلده و به طور دقیق‌تر منطقه مورد مطالعه به همراه بخشی از واحدهای سنگی نشان داده شده است. با توجه به تنوع بسیار زیاد واحدهای زمین‌شناسی در منطقه و حساسیت متفاوت آن‌ها به ناپایداری عامل لیتولوژی نقش مؤثری در ناپایداری داشته است. بدین منظور طی چند روز، بررسی‌های صحرایی برای تدقیق نقشه زمین‌شناسی منطقه صورت گرفت. بررسی‌های دقیق‌تر زمین‌شناختی از محدوده لغزشی، شامل بررسی‌های صحرایی، برداشت-های زمین‌ساختاری و نمونه‌گیری از واحدهای سنگی و خاکی سایت لغزشی بوده است. نتیجه این برداشت‌ها منجر به شناسایی دقیق‌تر و جزئی‌تر واحدهای سنگ‌چینه-ای موجود گردید. با توجه به این مطالعات سایت لغزشی از نظر سنگ‌شناسی عمدتاً بر روی توالی‌های آهکی رسی مارن‌دار خاکستری تا سیاه کربونیفر (C_m) و کرتاسه فوقانی (K_2^m) قرار گرفته است (شکل ۳). اما بر اثر عبور گسل رورانده خاچک از کنار توده لغزشی، و در کنار هم قراردادن توالی‌های کربونیفر و کرتاسه، توده لغزشی به طور خاص بر روی توالی‌های مارنی کرتاسه (K_2^{1m}) قرار گرفته است.



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی بلده و منطقه مورد مطالعه (مقیاس ۱:۱۰۰.۰۰۰)

شیب: به لحاظ نظری همواره با افزایش شیب دامنه تنش برشی افزایش می‌یابد و پیامد آن افزایش پتانسیل ناپایداری شیب می‌باشد (Dai & Lee, 2002). بررسی شیب از آن جهت با اهمیت است که سازوکار بسیاری از جابه‌جایی‌های مربوط به مواد سطحی و فرآیندهای حمل تابع میزان شیب است. در لغزش مورد مطالعه شیب بسیار زیاد است و در قسمت‌های مختلف آن از ٤٥ تا ٦٠ درجه در تغییر است. توده لغزشی از نظر شیب تقریباً همگن بوده اما در بخش‌های مرتفع پر شیب‌تر شده و دارای سیمای فرسایشی شدید و قابل توجهی است.

جهت شیب: تأثیر جهت شیب در رابطه با مدت زمان تابش آفتاب است. در نیمکره شمالی میزان تابش نور خورشید به سطوحی که دارای شیب جنوبی هستند بیشتر می‌باشد، در نتیجه تبخیر در این سطوح بیشتر و اثرات منفی که افزایش میزان آب ممکن است در پایداری شیب‌ها داشته باشد کاهش می‌یابد و پایداری نسبی افزایش می‌یابد. بر عکس در سطوح با جهات شیب شمالی پایداری کمتر است. بین توزیع فراوانی ناپایداری‌های دامنه‌ای و جهت شیب دامنه ارتباط معنادار به گونه‌ای است که تراکم ناپایداری‌ها در دامنه‌های شمالی افزایش و در دامنه‌های جنوبی کاهش می‌یابد (معماریان و سیارپور ١٣٨٥). در پژوهش حاضر دامنه مورد مطالعه دارای شیب به سمت شمال‌شرق (NE) می‌باشد.

فاصله از گسل: از پارامترهای دخیل در بروز ناپایداری، لرزه‌خیزی و نزدیکی دامنه به گسل می‌باشد. ارتعاشات ایجاد شده در اثر زلزله، درزه‌ها و شکستگی‌های موجود، خود سبب ناپایداری می‌شود. بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد گسل رورانده خاچک که در بعضی مناطق در زیر نهشته‌های آبرفتی پنهان شده است از کنار منطقه لغزشی با فاصله کمتر از ١٠٠ متر عبور می‌کند.

موقعیت روستای گت‌کش و لغزش مورد مطالعه نسبت به گسل در نقشه زمین‌شناسی ١:١٠٠.٠٠٠ منطقه و نقشه ساختاری ١:٤٠٠.٠٠٠ بلوک بلده در شکل ٣ نشان داده شده است. با بررسی‌های صحرایی محل عبور گسل از کنار توده لغزشی مشخص شده است؛ شواهد آن از جمله تغییر در لیتولوژی، ایجاد پرتگاه گسلی و تغییر در تراکم پوشش گیاهی در عکس‌های هوایی قابل مشاهده است (شکل ٤).

شکل ٤- عکس هوایی مسیر عبور گسل رورانده خاچک از کنار توده لغزشی

زمین‌لرزه ٨ خرداد سال ١٣٨٣ فیروز آباد کجور با بزرگی ٦/٣ در مقیاس امواج سطحی، که ناحیه گسترده‌ای از شمال ایران و بخش‌های مرکزی البرز را به لرزه در آورد، منجر به لغزش‌های فراوانی در این منطقه شد. بر اساس شواهد موجود و اظهارات افراد بومی، جنبش‌های اصلی لغزش مورد مطالعه در طی این زمین‌لرزه رخ داده است.

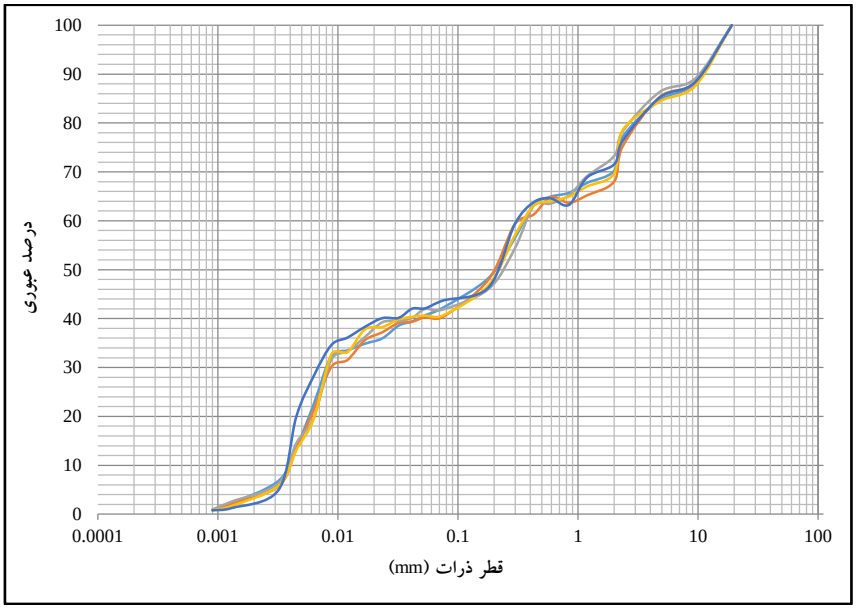
مستعد بودن شرایط زمین‌شناختی سایت لغزشی، شیب زیاد دامنه، رطوبت کافی، وزن زیاد توده خاک و نزدیک بودن آن به گسل رورانده سبب شد نیروی محرک کافی برای ناپایداری دامنه ایجاد شود و لغزش رخ دهد.

زمین‌شناسی مهندسی سایت لغزشی: انجام هرگونه فعالیت‌های عمرانی، مطالعات کاربری اراضی و زمین‌شناسی شهری نیاز به شناسایی زمین‌شناسی منطقه و ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی دارد، به‌گونه‌ای که درک، توجیه و حل آن‌ها بدون چنین اطلاعات تئوری و تجربی امکان‌پذیر نخواهد بود. از آن‌جا که محیط‌های خاکی به علت شرایط متفاوت، در هر نقطه ویژگی‌های خاص خود را دارند، بنابراین لازم است خصوصیات مورد نظر برای محیط‌های تحت فعالیت‌های عمرانی، تعیین گردد.

در پژوهش حاضر، طی بازدیدهای صحرایی از ۵ نقطه از سایت لغزشی نمونه‌برداری صورت پذیرفت. انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی نظیر آزمایش دانه‌بندی، تعیین خصوصیات فیزیکی، حدود آتربرگ و مقاومت تراکمی تک‌محوری بر روی نمونه‌های دست‌خورده صورت پذیرفت. براساس مطالعات انجام شده، لغزش رخ داده از نوع لغزش انتقالی تشخیص داده شد. در بخش‌های مختلف آن حرکت توده در امتداد سطح صفحه‌ای کاملاً مشخص است (شکل ۲). به منظور انجام آزمایش‌های ژئوتکنیکی ۵ نمونه خاک از قسمت‌های مختلف سایت لغزشی تهیه شد و جهت انجام آزمایش‌های تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی و برای تعیین خصوصیات ذاتی خاک از جمله چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی به آزمایشگاه انتقال یافت. در تمام حالات نمونه‌گیری طوری انجام شد که نمونه‌ها نماینده کل مصالح باشند. نمونه‌برداری در کیسه نایلونی صورت گرفت و نمونه‌ها تا انجام آزمایش دور از نور مستقیم خورشید و در دمای ۳ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بر اساس آزمایش‌های انجام شده خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها شامل وزن مخصوص، درصد رطوبت، تخلخل و درجه اشباع تعیین شدند که مقادیر آن‌ها به همراه میانگین نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. تعیین درصد رطوبت خاک از مطابق استاندارد ASTM D 2216-90 انجام شد، آزمایش تعیین وزن مخصوص (G_s) نیز بر اساس استاندارد ASTM D 854-87 انجام پذیرفت. دانه‌بندی خاک، تعیین دامنه اندازه ذرات موجود در خاک و توزیع وزنی آن‌ها است. هدف از آزمایش دانه‌بندی، جداسازی دانه‌های خاک در اندازه‌های مختلف است که هر بخش به صورت درصدی از کل نمونه بیان می‌شود. آماده سازی نمونه برای انجام آزمایش دانه‌بندی مطابق استاندارد ASTM D 421-87 و انجام آزمایش مطابق استاندارد ASTM D 422-87 صورت گرفت. در شکل ۵ نمودار دانه‌بندی پنج نمونه خاک نمونه‌برداری شده سایت لغزشی ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تعیین خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها

شماره نمونه	وزن مخصوص (G_s)	درصد رطوبت (ω)	تخلخل (n)	درجه اشباع (S_r)
S_1	۲/۵۵	۱۲/۰۰ ٪	۳٦/۷٤ ٪	٤۹/۰۲ ٪
S_2	۲/۵۰	۱۵/۵۰ ٪	۳۸/۹۹ ٪	۳٦/۲۹ ٪
S_3	۲/۵۱	۱۲/۵۸ ٪	۳۸/٤۲ ٪	۳۷/۹٤ ٪
S_4	۲/۵۸	۱۲/۲۷ ٪	۳۹/٦٤ ٪	۵٦/۵۱ ٪
S_5	۲/۵٤	۱۲/٦۱ ٪	۳٦/۹۱ ٪	۳۹/٦۰ ٪
Av.	۲/۵۳	۱۱/۲۲ ٪	۳۸/۱٤ ٪	۳۹/۸۷ ٪



شکل ۵- نمودار دانه‌بندی نمونه‌ها

آزمایش حدود آتربرگ به منظور شناخت بهتر شاخص‌های مهندسی خاک مطابق با استاندارد ASTM D 4318-86 انجام پذیرفت. میانگین نتایج این آزمایش بر روی نمونه‌ها بیانگر حد روانی (LL) ۲۰/۱۳، حد خمیری (PL) ۱٤/۷۳ و شاخص پلاستیسته (PI) ۵/٤۰ می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی پتانسیل تورم، با بررسی ارتباط بین پلاستیسیته و پتانسیل تورم خاک، خاک سایت لغزشی دارای پتانسیل تورم پایین می‌باشد. با توجه به نمودارها و داده‌های مربوط به دانه‌بندی و حدود اتربرگ، خاک سایت لغزشی از نظر دانه‌بندی در ایستگاه‌های مورد مطالعه به طور میانگین در رده SM-SC قرار می‌گیرد. آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری طبق استاندارد ASTM D 2166-86 انجام پذیرف. هدف از این آزمایش اندازه‌گیری تقریبی مقاومت برشی تک‌محوری یک نمونه خاک است. میانگین مقاوکت فشاری ۰/۰۰۷۵ Kg/cm با درصد رطوبت ۱۵ درصد حاصل این آزمایش است. بدیهی است با افزایش درصد رطوبت مقاومت نمونه‌ها کاهش می‌یابد. به دلیل چسبندگی کم خاک‌های ماسه‌ای و میزان سیلت و رس کم، جورشدگی نسبتاً خوب دانه‌های ماسه و از طرفی تخلخل بالا و رطوبت کافی در منطقه، خاک سایت لغزشی بسیار مستعد لغزش می‌باشد.

وضعیت هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی: آبراهه‌ها با عمل فرسایشی خود، به مرور زمان علاوه بر ایجاد دامنه‌هایی با شیب متفاوت، باعث زیرشویی پنجه دامنه-های خاکی می‌شوند (عنایتی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). سطح رودخانه دائمی زانوس که از پای دامنه لغزشی عبور می‌کند، محل تلاقی طبیعی دامنه با سطح زمین بوده که به علت احداث جاده این تعادل بر هم خورده و شیب دامنه در محل افزایش یافته است (شکل ۲). با توجه به بررسی-های صحرایی چشمه‌هایی مشاهده شد که در ترازی بالاتر از سطح آب رودخانه قرار دارند، بنابراین سطح آب زیرزمینی بالاتر از سطح آب رودخانه قرار دارد و جهت جریان آب زیرزمینی به سمت رودخانه است؛ به عبارت دیگر آب زیرزمینی رودخانه را تغذیه می‌کند و رودخانه آبزا است و به همین دلیل درصد رطوبت خاک بالا می‌باشد. شرایط آب و هوایی منطقه ازجمله میزان و نوع بارش سالیانه، میزان رطوبت و تبخیر، میانگین دمای سالیانه و میزان وزش باد؛ از عوامل موثر بر وقوع یا عدم وقوع حرکات دامنه‌ای هستند. بدین جهت آمار سالیانه ایستگاه سینوپتیک کجور مورد ارزیابی قرار گرفت که میانگین نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. نوع اقلیم

منطقه طبق طبقه‌بندی دومارتن، بر اساس مجموع بارش سالیانه و میانگین دمای سالیانه، در رده نیمه مرطوب قرار می‌گیرد. بر این اساس با توجه به بالا بودن بارش، درصد رطوبت ووزش باد در فصل پاییز، احتمال وقوع لغزش دوباره دراین زمان نسبت به سایر فصول سال بیشتر می‌باشد.

جدول ۲- میانگین آمار ۱۰ سال اخیر (۱۳۹۳-۱۳۸۳) ایستگاه سینوپتیک کجور

ردیف	متغیر	مقدار میانگین	ردیف	متغیر	مقدار میانگین
۱	حداقل مطلق دما (°C)	-۱۵/۰	۱۰	میانگین رطوبت (٪)	٦۰
۲	حداکثر مطلق دما (°C)	۳٤/٦	۱۱	مجموع بارندگی (mm)	٤٥۳/۰
۳	میانگین حداقل دما (°C)	٦/٤	۱۲	حداکثر باراندگی روزانه (mm)	۲۲/۰
٤	میانگین حداکثر دما (°C)	۱۸/۱	۱۳	تعداد روزهای بارندگی	۱۲۷
٥	میانگین دما (°C)	۱۲/۲	۱٤	تعداد روزهای یخبندان	۸۳
٦	حداقل مطلق رطوبت (٪)	۸	۱٥	مجموع ساعات آفتابی	۲۲۳۲/۷
۷	حداکثر مطلق رطوبت (٪)	۱۰۰	۱٦	مجموع تبخیر (mm)	۷۹۲/٦
۸	میانگین حداقل رطوبت (٪)	٤۰	۱۷	سرعت باد حداکثر (m/s)	۲۰
۹	میانگین حداکثر رطوبت (٪)	۸۰	۱۸	سمت باد حداکثر (درجه)	۲۷۰

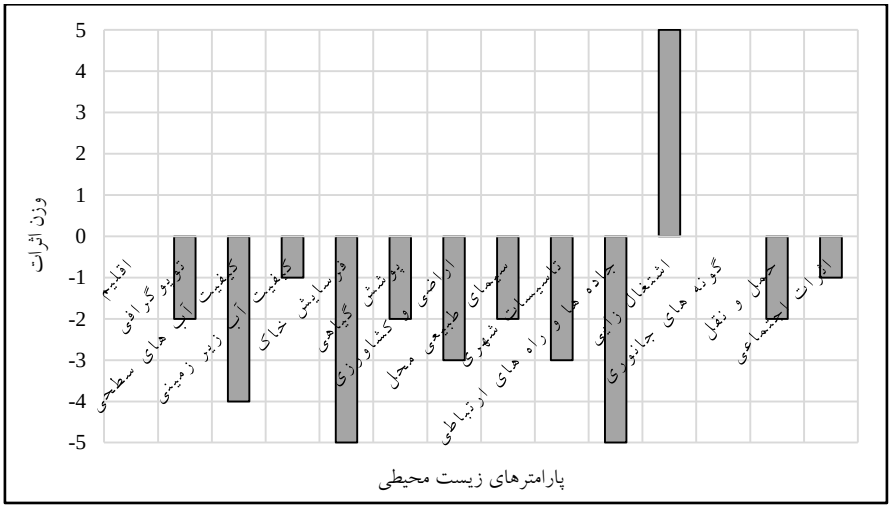
کاربری اراضی: پوشش گیاهی دارای عملکرد مهم و در عین حال متفاوت می‌باشد. به طوری که در بعضی موارد عامل پایداری و در بعضی شرایط محرک ناپایداری می‌باشد. پوشش گیاهی با کاهش رطوبت خاک، عمل محافظتی ریشه‌ها، جلوگیری از برخورد مستقیم بارش‌های جوی به عنوان عامل پایداری در دامنه عمل می‌کند. در لغزش مورد مطالعه به علت انتقالی بودن لغزش، توده خاک بر روی سنگ کف حرکت کرده است. لذا در اثر این حرکت بزرگ مقیاس، حجم عظیمی از خاک جابه‌جا شده و پوشش گیاهی به طور کامل از بین رفته است. با توجه به عکس‌های هوایی مشخص شد در بالای بخش فوقانی توده لغزشی، گسیختگی برشی رخ داده است و توده پتانسیل یک لغزش جدید را دارد. در این جا به علت عدم حرکت توده پوشش گیاهی به طور کامل وجود دارد، لذا پوشش گیاهی با افزایش وزن، عمل گوه‌ای ریشه درختان، عریض شدن شکاف‌ها و تسریع نفوذ آب و لنگر خمشی وارده از درختان در اثر وزش باد می‌تواند پتانسیل لغزش را افزایش دهد. بنابراین با در نظر گرفتن لیتولوژی حساس و مارن‌دار منطقه انجام هر گونه تغییر کاربری که منجر به قطع درختان بالای دامنه و همچنین بارگذاری بر روی دامنه گردد زمینه را برای رخداد ناپایداری دامنه‌ای مجدد مستعد می‌سازد.

شکل ٦- عکس هوایی لغزش مورد مطالعه، بخش‌های با پتانسیل لغزش بالا با خط چین مشخص شده است.

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی

زمین‌لغزش‌ها اثرات زیست‌محیطی متنوعی بر روی انسان‌ها، شهرها و روستاها، زمین‌های کشاورزی، رودخانه‌ها و تأسیسات شهری و غیر شهری خواهند داشت. در نهایت تمام این اثرات به صورت اثرات اجتماعی و اقتصادی بروز خواهند کرد و به صورت محلی یا گسترده خسارات جبران ناپذیری از نظر زیست‌محیطی وارد خواهند آورد. آنچه در بررسی اثرات زیست‌محیطی ارزشمند است شناسایی، اندازه‌گیری و جمع بندی این اثرات و تبدیل آن‌ها به واحدهای کمی مشترک است (خواجوند، ۱۳۹٤).

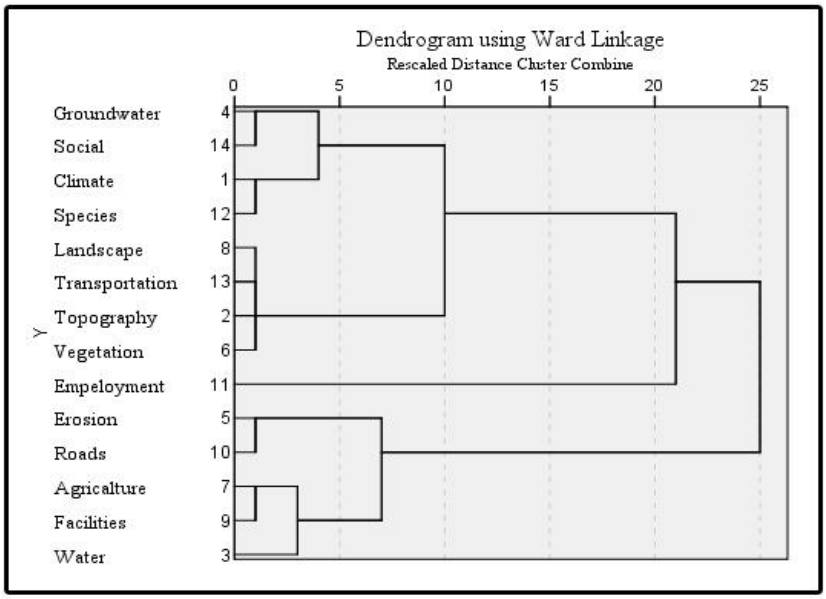
لغزش مورد مطالعه تابع شرایط زمین‌شناختی و هیدرولوژیکی می‌باشد که در کنار آن انسان‌ها، با فعالیت‌های خویش به گسترش آن کمک کرده‌اند. از جمله مهم‌ترین تأسیسات برون شهری جاده‌های ارتباطی و خطوط انتقال برق می‌باشد. محور کجور از جاده‌های برون شهری مهم در منطقه می‌باشد که رخداد لغزش مورد مطالعه به همراه لغزش‌های فرعی وابسته تنها در این قسمت در حدود دو کیلومتر از طول جاده را تحت تأثیر خود قرار داده است، به طوی که میلیون‌ها ریال خسارت صرف بازسازی مسیر شده است. رودخانه زانوس که با فاصله کمی از پای دامنه لغزش یافته عبور می‌کند تنهامنبع آبی زمین‌های کشاورزی و شالیزارهای پایین دست بوده است. به این ترتیب لغزش مجدد توده با تغییر مسیر رودخانه و پایین آوردن کیفیت آب آن، کشاورزی مناطق پایین دست را با مشکل مواجه خواهد کرد. افزایش فرسایش خاک و شستشوی خاک خصوصاً در محل پنجه و به راه افتادن رواناب در زمان بارش‌های سنگین فصلی و متعاقباً مسدود شدن جاده از دیگر اثرات منفی می‌باشد. در شکل ۷ نمودار ارزیابی کمی اثرات زیست‌محیطی لغزش مورد مطالعه بر یکسری پارامترهای موجود، که بر اساس مطالعات انجام شده از ۵ تا ۵- وزن‌دهی شده‌اند ارائه شده است. بر اساس مطالعات زیست‌محیطی و کمی‌سازی داده‌ها، زمین‌لغزش مورد مطالعه تنها در زمینه اشتغال‌زایی (پیش از لغزش و بعد از وقوع لغزش) اثرات مثبت دارد. به دلیل وسعت کم لغزش از نظر تأثیر بر اقلیم منطقه و گونه‌های جانوری اثر مثبت یا منفی را نمی‌توان در نظر گرفت. از طرفی از نظر خسارت وارده به جاده‌ها و راه‌های ارتباطی، فرسایش خاک، تغییر در کیفیت آبهای جاری و اختلال در روند فعالیت‌های کشاورزی می‌توان اثرات حداکثری را در نظر گرفت. طی جمع‌بندی نهایی، رخداد لغزش و ناپایداری‌های مجدد، اثرات زیست‌محیطی منفی و خسارات اقتصادی و اجتماعی زیادی بر منطقه وارد خواهد آورد.



شکل ۷- نمودار ستونی ارزیابی کمی اثرات زیست‌محیطی لغزش مورد مطالعه

آنالیز خوشه‌ای اثرات زیست‌محیطی

تکنیک‌های آماری چند متغیره به طور همزمان اندازه‌گیری‌های متعددی را در هر مشاهده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. تجزیه تحلیل خوشه‌ای و نمودار درختی (Dendrogram)، نموداری است که نحوه ارتباط بین عناصر را تحت ضریب همبستگی حداکثر بیان می-کند. در پژوهش حاضر، پس از تعیین پارامترهای زیست محیطی و وزن‌دهی به آن‌ها (شکل ۷)، با استفاده از نرم افزار آماری IBM SPSS Statistics (V.23) تحلیل خوشه‌ای اثرات زیست‌محیطی انجام پذیرفت. دندروگرام حاصل از این آنالیز در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به این نمودار، قرارگیری خوشه‌هایی مانند فرسایش خاک، اراضی و کشاورزی، تأسیسات شهری، جاده‌ها و آلودگی آب بیانگر ارتباط معنادار این پارامترها با یکدیگر می‌باشد و به صورت پیشرونده با وقوع لغزش نتایج منفی این پارامترها بروز خواهد کرد.

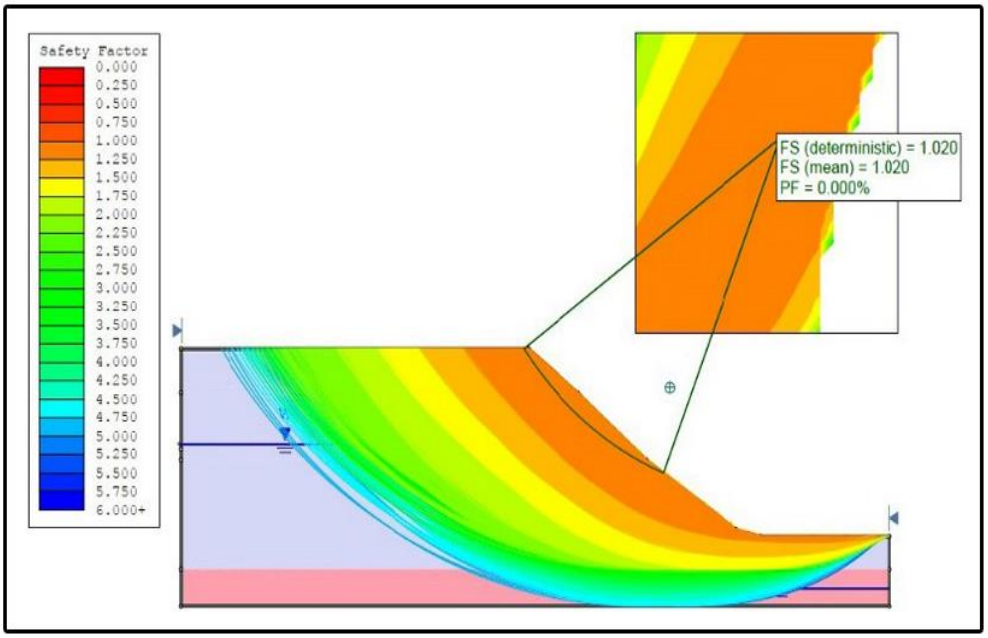


شکل ۸- دندروگرام حاصل از آنالیز خوشه‌ای داده‌ها

تحلیل پایداری زمین لغزش

برسی پایداری شیروانی‌ها از مباحث مهم در علم ژئوتکنیک می‌باشد و از جمله تمهیدات مهم طراحی در پروژه‌های عمرانی به شمار می‌رود. روش‌های تحلیل تعادل حدی و مدل‌سازی عددی دو نگرش عمده مورد استفاده جهت تحلیل پایداری شیروانی‌های خاکی هستند. در حال حاضر پر کاربردترین روش تحلیل پایداری زمین لغزش‌ها، روش تعادل حدی است (کمک‌پناه، ۱۳۷۳). روش‌های مختلف تعادل حدی در تحلیل پایداری بر مبنای شکل سطح گسیختگی ارائه شده است که از جمله می‌توان به روش‌های شیب بی‌نهایت (کولمان، ۱۸٦٦) برای سطوح گسیختگی مستقیم، روش‌های باریکه‌ای (فلینیوس، ۱۹۳٦) برای سطوح گسیختگی دایره‌ای، روش (اسپنسر، ۱۹۸۱)، روش بیشاپ و بیشاپ اصلاح شده اشاره کرد (صفایی و فتاحی، ۱۳۸۸). در پژوهش حاضر به منظور تحلیل پایداری زمین‌لغزش و ارزیابی حساسیت پایداری دامنه خاکی به تغییر خصوصیات مکانیکی خاک از نرم افزار تعادل حدی دو بعدی Slide (V6.009) استفاده شده است. در روش تعادل حدی ضریب ایمنی شیروانی توسط نسبت نیروهای مقاوم به نیروهای محرک اعمال شده بر سطح لغزش محاسبه می‌شود. مقادیر ضریب اطمینان بالاتر از یک بیانگر پایداری شیروانی و مقادیر کمتر از یک احتمال گسیختگی را نشان می‌دهد. با انجام مدل‌سازی لازم و تأثیر پارامترهای گوناگون

ضریب اطمینان پایداری شیب در شرایط طبیعی بدست آمد. ضریب اطمینان بیشاپ در زمین لغزش مورد مطالعه ۱/۰۲۰ می‌باشد که بیانگر پایداری توده لغزشی در شرایط فعلی است. مدل‌سازی زمین لغزش مورد مطالعه بر اساس داده‌های به دست آمده از آزمایش‌ها که به کمک نرم افزار فوق انجام شده است در شکل ۹ نشان داده شده است. مهم‌ترین خصوصیات مکانیکی که بر پایداری دامنه تأثیر می‌گذارند شامل زاویه اصطکاک داخلی (Φ)، چسبندگی (C) و وزن مخصوص خاک (G_s) می‌باشد. مقادیر میانگین پارامترهای مذکور که در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند به ترتیب ۳۲ درجه، ۱ KN/m^2 و ۲/۵۳ می‌باشد. با تغییر پارامترهای مذکور در شرایط بارگذاری، افزایش وزن طبقات خاک، تغییر در میزان رطوبت خاک و سایر موارد ضریب اطمینان به ۰/۹۰۱ نزدیک شده و امکان ناپایداری را افزایش می‌دهد.



شکل ۹- مدل زمین لغزش مورد مطالعه

پایدارسازی توده لغزشی

پایدارسازی حرکات توده‌ای با توجه به نوع گسیختگی، حجم مواد درگیر در حرکت و میزان خسارات مالی و جانی وارده تعیین می‌شود (معماریان، ۱۳۸۷).

به جهت این‌که لغزش مورد مطالعه در اصلی‌ترین محور مواصلاتی کجور رخ داده است، و با توجه به ابعاد بزرگ و حجم زیاد توده خاک، لغزش مجدد خسارات زیادی وارد خواهد کرد. لذا در این‌جا با توجه به خصوصیات مهندسی لغزش و تحلیل پایداری انجام شده راهکارهایی جهت تثبیت و پایدارسازی آن ارائه شده است. لازم به ذکر است که پیش از این اقداماتی در جهت کاهش شیب، کاهش وزن توده و به صورت محدود احداث دیوار حائل وزنی صورت پذیرفته است. با توجه به تحلیل پایداری انجام شده در شرایط خشک ضریب اطمینان دارای مقادیر بالای ۱ بوده و لذا توده در تمامی بخش‌ها پایدار می‌باشد، اما با افزایش رطوبت و کاهش چسبندگی خاک، ضریب اطمینان کاهش یافته و لغزش مجدد محتمل می‌باشد. به این ترتیب با توجه به میزان رطوبت بالای توده خاک، کنترل زهکشی داخلی با کاهش رطوبت و متعاقباً کاهش وزن توده خاک در پایداری مؤثر است. از این‌رو با ایجاد زهکش‌های ثقلی افقی و قائم می‌توان فشار آب داخل دامنه را تا حد زیادی کاهش داد. احداث سازه‌های نگهدارنده از قبیل دیوار حائل بتنی طره‌ای با ارتفاع بلند و مجهز به زهکش در مناطق فاقد دیوار حائل توصیه

می‌شود. اجرای دیوار بتنی مهار شده همزمان با پلکانی کردن توده، با توجه به پر شیب بودن دامنه، هوازده، سست و ریزشی بودن خاک و عدم مقاومت کافی پی در برخی مناطق روش بسیار مناسبی جهت پایدارسازی است و می‌توان ظرفیت آن را با احتمال وقوع لغزش‌های جدید افزایش داد. بر اساس مدل‌سازی انجام شده با انجام چنین تمهیداتی ضریب اطمینان را می‌توان تا ۱/۲۳۷ افزایش داد که بیانگر پایداری کامل شیروانی می‌باشد. با توجه به مدل‌سازی‌های تکمیلی، اجرای میل مهار به همراه پلکانی کردن دامنه حتی ضریب اطمینان را تا ۱/٤۰۵ افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

محور مواصلاتی کجور به طول ٦۰ کیلومتر، اصلی‌ترین راه دسترسی به ٦۷ شهر و روستای موجود در این منطقه می‌باشد. لغزش مورد مطالعه در کیلومتر ۲۷ این جاده و در غرب روستای گت‌کش قرار گرفته است، ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۱۱۲۰ متر و میانگین بارش سالیانه ٤۵۰ میلی‌متر می‌باشد. به دلیل کوهستانی بودن منطقه و بارش‌های فراوان ناپایداری‌های فراوانی در مسیر جاده و در دامنه‌ها دیده شده است. از نظر زمین‌شناسی تشکیلات موجود عمدتاً شیلی، رسی، مارنی، آهکی و ماسه‌ای هوازده هستند که می‌تواند پتانسیل انواع حرکات دامنه‌ای را داشته باشند. لغزش مذکور به طول ۳۸۰ متر و ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۳۰ متر یک لغزش انتقالی است. سایت لغزشی از نظر سنگ‌شناسی عمدتاً بر روی توالی‌های آهکی رسی مارن‌دار خاکستری تا سیاه کربونیفر و کرتاسه فوقانی قرار گرفته است، اما بر اثر عبور گسل رورانده خاچک، به طور خاص توده لغزشی بر روی توالی‌های مارنی هوازده کرتاسه قرار گرفته است. این گسل از فاصله کمتر از ۱۰۰ متری توده لغزشی عبور می‌کند و زمین لرزه ۱۳۸۳ فیروز آباد کجور سبب جنبش‌های بزرگی در آن شده است. به دلیل شیب زیاد ٤۵-٦۰ درجه‌ای و جهت شیب شمال-شرق پتانسیل لغزش افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج آزمایش‌های ژئوتکنیکی خاک سایت لغزشی به طور میانگین در رده SM-SC قرار می‌گیرد و به دلیل بالا بودن میزان رطوبت و گذر رودخانه زانوس از پای توده، درجه اشباع آن نسبتاً بالا می‌باشد. دانه‌بندی نسبتاً بد خاک ماسه‌ای، چسبندگی کم و رطوبت بالای خاک، سایت لغزشی را مستعد لغزش می‌سازد. بر اساس تحلیل عکس‌های هوایی و بازدیدهای صحرایی، مشخص شد در بالای بخش فوقانی توده لغزشی گسیختگی برشی رخ داده است و بنابراین توده پتانسیل یک یا چند لغزش جدید را در بخش‌های مختلف دارد. لغزش مجدد توده سبب خسارات زیادی می‌شود، لذا به منظور پایدارسازی توده نصب زهکش‌های ثقلی افقی و قائم و اجرای دیوار بتنی مهار شده همزمان با پلکانی کردن روش بسیار مناسبی است و ضریب اطمینان را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل پایداری به روش تعادل حدی حاکی از پایداری فعلی شیروانی تحت تأثیر تعادل بین عوامل طبیعی است. با تغییر در عوامل مؤثر بر وقوع لغزش که مورد بحث قرار گرفتند، ضریب اطمینان کاهش قابل ملاحضه‌ای خواهد یافت و امکان لغزش مجدد محتمل خواهد بود. کمی‌سازی اثرات زیست‌محیطی حاکی از تأثیر لغزش بر افزایش فرآیند فرسایش خاک، کاهش کیفیت آب‌های جاری، تغییرات نامطلوب در اراضی و زمین‌های کشاورزی پایین دست و تخریب جاده و راه ارتباطی است. وزن‌دهی به پارامترهای متأثر از لغزش نشانگر اثرات کاملاً منفی این لغزش بر محیط زیست منطقه می‌باشد. آنالیز خوشه‌ای داده‌های کمی‌سازی شده زیست‌محیطی، بیانگر ارتباط معنادار این پارامترها با یکدیگر می‌باشد.

منابع

- **اجل لوئیان، ر.، میرصانعی، ر.، فاتحی، ل.، (۱۳۹۲)**، "شناخت و تحلیل کاربردی زمین‌لغزش همراه با اطلس زمین‌لغزش‌های ایران"، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان، اصفهان. ۳٦۱ ص.

- **احمدی، ح.، (۱۳۸٦)**، "ژئومورفولوژی کاربردی"، جلد اول، چاپ پنجم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران. ٦٨٧ ص.

- **ایلانلو، م.، سلطانی، ی.، ابراهیمی، ل.، نعمتی، ع.، (۱۳۹۲)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی شهر کلاردشت)"، سی و دومین گردهمایی علوم زمین. ص ۲۱٦-۲۰۸.

- **پارسایی، ل.، علی‌محمدی، ص.، (۱۳۹۱)**، "زمین‌لغزش در ایران"، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران. ۲۲۷ ص.

- **شادفر، ص.، یمانی، م.، قدوسی، ج.، غیومیان، ج.، (۱۳۸٦)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکرود تنکابن"، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۵، ص ۱۲٦-۱۱۸.

- **خواجوند، ر.، (۱۳۹٤)**، "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سد شهید شاهچراغی دامغان"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست، سال نهم، شماره ۳۰، ص ۱۹-۱۱.

- **صفایی، م.، فتاحی، م.، (۱۳۸۸)**، "بررسی و تحلیل زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی زمین‌لغزش سایت پشنهادی کارخانه کمپوست شهرستان ساری- استان مازندران"، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱، شماره ٤، ص ۲۷٤-۲٦٦.

- **عنایتی مقدم، ع.، قاضی‌فرد، ا.، صفایی، ه.، شیرانی، ک.، (۱۳۹۰)**، "ارزیابی عوامل و ارائه راهکار جهت تثبیت زمین لغزش در منطقه پادنای سمیرم"، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۷، شماره ۱، ص ۵۲-٤۱.

- **کرم، ا.، محمدی، ا.، (۱۳۸۸)**، "ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامون بر پایه فاکتورهای طبیعی و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ٤، ص ۷٤-۵۹.

- **کمک‌پناه، ع.، منتظر القائم، س.، چدنی، ا.، (۱۳۷۳)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در ایران، زمین‌لغزه و مروری بر زمین‌لغزه‌های ایران (جلد اول)"، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ٦۵ ص.

- **محمدی، م.، مرادی، ح.، فیض‌نیا، س.، پورقاسمی، ح.، (۱۳۸۷)**، "ارزیابی اثرات پوشش مرتعی در پایداری دامنه‌ای در بخشی از حوزه آبخیز هراز با استفاده از GIS"، مجله مرتع، سال دوم، شماره سوم، ص ۲۹۹-۲۸۹.

- **مرادی، ح.، محمدی، م.، پورقاسمی، ح.، (۱۳۹۱)**، "حرکات دامنه‌ای با تأکید بر روش‌های کمی تحلیل وقوع زمین‌لغزش"، انتشارات سمت، تهران. ۲۲۳ ص.

- **معماریان، ح.، (۱۳۸۷)**، "زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"، چاپ پنجم ، انتشارات دانشگاه تهران. ۹۵٤ ص.

- **معماریان، ح.، سیارپور، م.، (۱۳۸۵)**، "نقش پارامترهای شیب دامنه در بروز خطا در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش"، نشریه دانشگاه فنی، جلد ٤۰، شماره ۱، ص ۱۰۱-۱۱۰.

- **مقیم، ح.، (۱۳۹۰)**، "کاربرد زمین‌شناسی در آبخیزداری و منابع طبیعی"، چاپ اول، انتشارات ارم شیراز. ۵۱۱ ص.

- **American Society for Testing and Materials, (1986),** "ASTM Book of Standards", Sec. 4, vol.04.08, Philadelphia, PA 19428-2959, United States.

- **Ayalew, L., Yamagashi, H., Kanno, T., (2005),** "Landslide in Sado Island of Japan: part II GIS based Susceptibility mapping with comparisons of results from two methods", Engineering Geology 81, pp. 432-445.

- **Dai, F.C., Lee, C.F., (2002),** "Landslide characteristics and slope instability", Geomorphology magazine 42, pp. 213- 228.

- **Dai, F.C., Lee, C.F., Ngai, Y.Y., (2002),** "Landslide risk assessment and management: an overview", Engineering Geology 64, pp. 65-87.

- **Emami, S., Ghayomain, J., (2003),** "Investigation on the mechanism on the landslide, Rock fall case study: Afsrabal landslide in Chaharmaal and Bakhtiari", the third conference on Engineering Geology and Environment of Iran, University of Bu Ali sina Hamedan, pp. 659.

- **Komac, M., (2006),** "Landslide Susceptibility Model using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia", Geomorphology, 74, pp. 17-28.

- **Wilson, R.C., Keefer, D.K., (1985),** "Predicting areal limits of earthquake- induced land sliding", U S Geol Surv Prof Pap 1360, pp. 317–345.

-**Zillman, J., (1999),** "The physical impact of disaster International journal Ingleton (Editor), Natural disaster management", Tudor Rose Holding Ltd., Leicester, pp. 320-333.

Geotechnical- Environmental Study of Landslide in West of Gateh-kash Village in Kojour Area, Noshahr

Reza Khajevand
M.Sc. Student of Engineering Geology, Department of Geoscience, Damghan University, Damghan.

Abstract

Kojour mountainous region, located in Mazandaran province due to high altitude, existence marl, lay and shale layers, high seismic activity, dominantly Mountainous topography and high rainfall; available appropriate condition for land slide. Pathway as for geological condition and climate is capable for mass wasting. Experience of many slides after operation subsidiary this subject. In this paper reason of occurrence land slide on 27^{th} kilometer of Kojour pathway, in west of Gateh Kash village survey and studied. For this reason, beneficial of field revisions, study geological maps, aerial photograph and satellite images; basic ingredient in instability at slightly zone survey and studied. According to study this slide is transitional slide and seven factor include lithology, topography, distance of fault, engineering geology of sliding mass, hydrology and hydrogeology, climate and land usage effective and essential in occurrence this slide determine, recognize and analyzed. Obtained safety factor during stability analysis by limit equilibrium indicating slope stability in present condition, but changing in stability effective factor, again sliding is probable. During surveying parts by high potential to sliding recognize, hence for appropriate stabilization operation for hazardous zone offering. Quantities assessment conclusion of environmental effective and weighting on affected parameter of slide with cluster analysis, showed negative impact on environment and meaningful relationship between this parameter.

Keywords: Kojour, Gateh Kash, Slope instability, Land slide