بررسی مخاطرات محیطی محور جاده‌ای فیروزکوه (استان مازندران)

مقاله علمی – پژوهشی

فاطمه دهقان فاروجی *، مربی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
علی بیت اللهی، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
آیدین مرادی، دانشجوی دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: dehghan@bhrc.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸– پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱
صفحه ۹۸-۸۵

چکیده

محور جاده‌ای فیروزکوه یکی از مهم‌ترین مسیرهای حمل و نقل جاده‌ای کشور در استان مازندران است. ویژگی‌های زمین شناسی این مسیر بسیار متنوع بوده و مستعد وقوع انواع مخاطراتی است که با ویژگی‌های زمین‌شناسی ارتباط مستقیم دارد. مطالعات انجام یافته در جاده فیروزکوه تنها از دیدگاه خطر یخبندان انجام یافته است و سایر مخاطرات محیطی در آن مورد توجه نبوده است. با توجه به ضرورت و اهمیت مخاطرات محیطی که این جاده را تهدید می‌کند و نقش بسیار مهم آن در شریان‌های جاده‌ای استان مازندران، در این پژوهش شناسایی مخاطرات محیطی محور جاده‌ای با تاکید بر مطالعات میدانی انجام شده است هدف از انجام این تحقیق، شناسایی زون‌های پرخطر به منظور مدیریت بحران به ویژه تعیین و اجرا راهکارهای پیشگیرانه است. در این تحقیق با پیمایش مسیر بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی در محیط نرم‌افزاری GIS، ویژگی‌های مسیر توصیف گردید و شناسایی مخاطرات محیطی در مسیر انجام شد و سپس بازدیدهای میدانی در نقاط خاص زمین شناسی انجام یافت. بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های زمین شناسی، رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای در حاشیه جاده بیشترین گسترش را داشته و خطر لغزش آن‌ها با توجه به شیب دامنه، اندازه قطعات، درصد قطعات بزرگ، و ارتفاع دیواره اغلب متوسط تا زیاد طبقه بندی می‌شود. سنگ‌های رسوبی پس از رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای گسترش زیادی در حاشیه جاده داشته و سنگ‌های آذرین و آذرآواری تنها در نواحی محدودی مشاهده شدند. در جمع بندی نتایج مطالعات انجام یافته از نقطه نظر مخاطرات تهدیدکننده مسیر،۹۵ نقطه از مسیر در پنج پهنه پرخطر مورد بررسی قرارگرفت.

واژه‌های کلیدی: استان مازندران، جاده فیروزکوه، شناسایی، مخاطرات محیطی

۱-مقدمه

بلایای طبیعی (مانند سیل، رانش زمین یا زلزله) از علل مکرر آسیب شبکه جاده‌ها هستند. در مقایسه با سایر اختلالات رایج ترافیک، مانند حوادث ترافیکی و بسته شدن، تعمیر و نگهداری، این رویدادهای طبیعی ممکن است زیرساخت‌های حمل و نقل را در یک منطقه مشخص به طور کامل از بین ببرند و باعث قطع طولانی مدت شبکه اصلی شوند(Eleutério etal.,2013) و همچنین زیان‌های اقتصادی قابل ملاحظه به بار آورند (Anbazhagan etal., 2012). شبکه‌های حمل و نقل بسته به گستره و گسترش مکانی خود در معرض مخاطرات چندگانه طبیعی نظیر زلزله، فوران آتش فشانی، زمین‌لغزش، سونامی، سیل، آتش‌سوزی و .... هستند. مطالعات مخاطرات محیطی یکی از مطالعات مهم در تحلیل ریسک سامانه‌های حمل و نقل می‌باشد. تاثیر عوامل محیطی مخرب مانند سیل، سقوط بهمن، ریزش، زلزله و ... بر راه‌ها قابل توجه است و امنیت شبکه راه‌های کشور

در برابر تاثیر عوامل جغرافیایی امری حیاتی است و باید بیش از پیش به وسیله متولیان امور راه‌سازی و راهداری و مهندسین راه-سازی مورد توجه خاص و دقت ژرف قرار گیرد(فلاح تبار، ۱۳۷۹). زلزله، سیل، لاهار و رانش گل بر زیرساخت‌های جاده‌ای از نظر فیزیکی و عملیاتی تأثیر می‌گذارد و اتصال سرزمین‌ها، دسترسی به خدمات ضروری، بهره‌وری اقتصادی و لجستیک را به خطر می‌اندازد. رویدادهای معروفی که شبکه‌های جاده‌ای را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده‌اند شامل زمین‌لرزه لوما پریتا که در سال ۱۹۸۹ منطقه خلیج سانفرانسیسکو را لرزاند، زلزله ۱۹۹٤ نورتریج در منطقه شهری لس‌آنجلس، و فاجعه سال ۱۹۹۵ در منطقه کوبه بود (Chang and Nojima, 2001) . مرور جامع خسارات جاده‌ای ناشی از زلزله و طبقه‌بندی آنها توسط (Anbazhagan etal., 2012) ارائه شده است. علاوه بر این بلایا، بلایای دیگری نیز وجود دارند که عمدتاً در اثر باران‌های شدید (و سیل یا رانش زمین) ایجاد می‌شوند. زیرساخت‌های حمل‌ونقلی باید در برابر استرس‌ها ایستادگی کنند و سطح خدمات خود را حفظ کنند. تحلیل تاب‌آوری شبکه حمل‌ونقل و عواقب ناشی از مخاطرات به تصمیم‌گیران در تعیین ضعف‌های شبکه کمک می‌کند و بنابراین اولویت‌بندی اصلی سرمایه‌گذاری و اقدامات پیشگیرانه را امکان‌پذیر می‌نماید(Freckleton etal.,2012). این عواقب مستلزم هزینه‌هایی است که برای کاربران بزرگراه و آژانس‌های جاده‌ای هزینه می‌شود(Kilanitis and Sextos,2019). آژانس‌های راهداری هزینه‌های مستقیم بازیابی زیرساخت‌های آسیب‌دیده را با تخصیص مجدد بودجه متحمل می‌شوند (Calvert and Snelder, 2018). آژانس‌های جاده‌ای تلاش‌های خود را بر پیش‌بینی عملکرد زیرساخت‌ها نظیر؛ ترافیک و آب و هوا متمرکز می‌کنند. برای این منظور از مدل‌هایی استفاده می‌کنند که پیشرفت عملکرد دارایی‌های جاده‌ای را پیش‌بینی می‌کنند و زمان و نحوه نگهداری آن‌ها را تعیین می‌کنند. نمونه‌ای از این نوع مدل ها، سیستم توسعه و مدیریت بزرگراه است. پیش‌بینی وقوع رویدادهای طبیعی در بسیاری از موارد بسیار دشوار است. آژانس‌های راهداری در پیش‌بینی وقوع رویدادهای طبیعی و همچنین پیش‌بینی خسارت به زیرساخت‌ها مشکل دارند. نتیجه این دشواری، پیچیدگی تخصیص دقیق بودجه برای بازیابی جاده است(De Solminihac etal., 2019).

زیرساخت‌های جاده در معرض وقوع مخاطرات طبیعی هستند که تغییرات ناگهانی در آن ایجاد می‌کند که حتی می‌تواند سرویس‌پذیری را به خطر بیندازد که اغلب مربوط به رویدادهای ناگهانی و متغیر آب و هواشناسی ناشی از بارش‌ها یا رویدادهای زمین‌شناسی مانند زلزله یا فوران‌های آتشفشانی است (Argyroudis etal., 2019). این نوع رویدادها زیرساخت‌ها را خراب یا غیرفعال می‌کند و آژانس‌های راه را مجبور می‌کند که منابع پولی را برای بازسازی یا تعمیر تخصیص دهند که این نیز هزینه‌های اضافی برای کاربران بزرگراه دارد (Calvert and Snelder, 2018). دارایی‌های فیزیکی بزرگراه‌ها که بیشتر در معرض آسیب‌های ناشی از این نوع حوادث هستند، پل‌ها، تونل‌ها، سکوهای جاده‌ها، خاکریزها و شیب‌های بریده شده هستند. سطح آسیبی که آنها می‌توانند تحمل کنند بستگی به ظرفیت و توان هر المان، وضعیت آن و شدت رویدادهایی دارد که بر آنها تأثیر می‌گذارد (Bruneau and Reinhorn, 2007). این سطح آسیب، تغییر در عملکرد زیرساخت را از ابتدای رویدادی که بر آن تأثیر می‌گذارد تا زمان بازیابی آن در اثر مداخله فیزیکی، تعیین می‌کند. به‌طورکلی شبکه‌های جاده‌ای نقش حیاتی در حفظ یک جامعه مدرن کارآمد دارند. بسیاری از رویدادها به ویژه مخاطرات طبیعی مانند سیل، رانش زمین و زلزله به طور محسوسی بر عرضه حمل‌ونقل در طول این شبکه‌ها تأثیر می‌گذارد. برخلاف اختلالات متداول‌تر ترافیک ناشی از تصادفات، یا بسته‌شدن، تعمیر و نگهداری، مخاطرات طبیعی قادر به تخریب تعداد زیادی از جاده‌ها هستند و معمولاً مناطق وسیعی را پوشش می‌دهند.

از این رو تاب‌آوری زیرساخت‌ها به ویژه سامانه‌های حمل‌ونقل در هرجامعه‌ای به ویژه وقتی بحران‌های طبیعی و انسان‌ساز آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بسیار ضروری است. ایجاد اختلالات اساسی در زیرساخت‌های حمل و نقلی اثرات نامطلوبی بر توانایی، تجارت و اقتصاد جامعه به ویژه در زمان پاسخ به و بهبودی از بحران‌ها دارد. بنابراین برای محققان و ذینفعان شناسایی معضلات و مشکلات زیرساخت‌های حمل‌ونقل اهمیت زیادی دارد. از این‌رو، به منظور جلوگیری از آسیب‌های مخاطرات بر دارایی‌های فیزیکی جاده‌ها و استمرار عملکرد آنها لازم است مخاطرات محیطی که آنها را تهدید می‌کند، مورد شناسایی و بررسی قرار گیرد. آگاهی از جزئیات مخاطرات محیطی که سامانه‌های حمل‌ونقل را تهدید می‌کند از مطالعات

ضروری برنامه‌ریزی و سیاستگذاری در مدیریت بحران این سامانه‌هاست. مخاطراتی نظیر؛ زمین‌لغزش، زلزله، ریزش و ... باید به صورت صحیح و دقیق تعیین مکان گردد تا اقدامات پیشگیرانه به صورت هدفمند انجام پذیرد. در این تحقیق، مخاطرات محیطی که محور جاده‌ای فیروزکوه را تهدید می‌کند با هدف برنامه‌ریزی برای مدیریت بحران به ویژه اقدامات پیشگیرانه انجام شده است.

۲-پیشینه تحقیق

در این خصوص مطالعات زیادی توسط محققان مختلفی انجام یافته است که شامل مطالعه Tacoli (2009) است که عوامل اکولوژیکی تاثیرگذار را بر جاده مورد ارزیابی قرار داد. در مطالعه فلاح تبار (۱۳۷۹) نقش پارامترهای جغرافیایی موثر بر راه‌های کشور به صورت کلی معرفی گردیده است. در مطالعه افشاری آزاد و پورکی (۱۳۹۱) مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی گردنه الماس و نقش آن در حمل‌ونقل جاده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مطالعه اصغری‌سراسکانرود و مظفری (۲۰۱۹) جاده زنجان- تهم – طارم، ارزیابی و مقایسه مدل‌های ضریب نسبت فرآوانی و تحلیل شبکه در پهنه بندی ریزش سنگ انجام شده است. بلادپس (۱۳۸٦) تحلیل مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی جاده مرند- جلفا را به انجام رسانید. ارزیابی و پیش‌بینی مکانی مخاطره زمین‌لغزش در جاده کوهستانی سنندج –کامیاران با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته داده کاوی توسط میرزانیا و شهابی (۱۳۹۸) انجام شده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۸) در حد فاصل جاده نهبندان- شهداد به بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیک آبی- بادی شمال غرب میراث جهانی لوت پرداخته است.

در جاده هراز، پهنه‌بندی پدیده لغزش با استفاده از روش LNRF توسط رنجبر و افتخاری (۱۳۹۱) انجام یافته است. عزیزی و حبیبی نوخندان (۱۳۸٤) به مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه پرداختند که در این تحقیق، دو هدف، تشریح روشی جهت تعیین احتمال وقوع وضعیت‌های بحرانی یخبندان و لغزندگی (Np1-Np9) در طول جاده‌های هراز و فیروزکوه و تحلیل زمانی – مکانی یخبندان و لغزندگی با استناد به تحلیل های آماری و آنالیز آنها در توابع موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی دنبال شده است. از مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق آن است که در مناطق کوهستانی جاده‌های هراز و فیروزکوه با شروع دوره سرد ماه اکتبر احتمال وقوع یخبندان (Np5) و در مناطق ساحلی و کم‌ارتفاع احتمال لغزندگی Np2 بسیار افزایش می‌یابد.

در مطالعه شایان و همکاران (۱۳۹٦) مخاطرات محیطی و مورفوژنز فعال در جاده کرج–چالوس (تا تونل کندوان) مورد بررسی قرار گرفته است. باقدم (۱۳۸۲) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی مطالعه موردی مسیر سنندج – مریوان با استفاده از GIS به تحقیق پرداخت. نتایج این تحقیق حاکی از این بود که حرکات دامنه‌ای به لحاظ اثرگذاری بر جاده و وقوع ناگهانی آن و فعالیت در تمام طول سال، از مهمترین پارامترهای خطرساز و تهدیدکننده ایمنی جاده مورد نظر محسوب می‌شود و به لحاظ وجود ساختارهای زمین‌شناسی با حساسیت بسیار زیاد و نفوذپذیر، وجود گسل‌های متعدد، ساختار توپوگرافیک کوهستانی با شیب‌های تند، فعالیت‌های انسانی از جمله تغییر کاربری دامنه‌ها و ایجاد خود جاده از عوامل اصلی حرکات دامنه‌ای است.

جعفرخانلو و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده چالوس حد فاصل کرج–گچ سر پرداخت. در این تحقیق پهنه‌بندی لغزش با استفاده از پنج عامل لیتولوژی (نقش واحدهای سنگی)، فاصله از گسل (به تفکیک عملکرد هر گسل)، تراکم زهکشی، شیب، پوشش گیاهی و روش آماری کریجینگ به عنوان الگوی محاسبات و روش تحلیل خوشه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه این پژوهش تهیه نقشه پهنه‌بندی با دقت بالا و تعیین نقاط مستعد خطر ناپایداری دامنه‌ها بود. پهنه‌بندی نواحی مستعد وقوع لغزش با استفاده از GIS محور هراز از رودهن تا رینه توسط کرم و تورانی(۱۳۹۲) انجام یافت. در این پژوهش نواحی مستعد زمین-لغزش با استفاده از GIS در محور هراز از رودهن تا رینه مشخص شده است. در این تحقیق، بخشی از این جاده با استفاده از روش AHP مورد مطالعه قرار گرفته و لایه‌های شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل‌های اصلی، فاصله از گسل‌های فرعی، فاصله از رودخانه اصلی، فاصله از آبراهه فرعی، فاصله از جاده، فاصله از راه‌آهن، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و میانگین بارش مد نظر قرار گرفت و در نرم‌افزار GIS تحلیل شده است. در پژوهشی دیگر، پهنه‌بندی خطر بهمن در جاده هراز بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی توسط قنواتی و کریمی (۱۳۸۸)

صورت گرفت، جاده هراز بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی از نظر خطر بهمن پهنه‌بندی گردید. در این تحقیق با تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و با کمک نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی نقشه نقاط بهمن‌خیز در منطقه ایجاد شده است و عوامل ژئومورفولوژی و اقلیمی که در وقوع بهمن تاثیرگذار بودند در قالب مدل روش سلسله مراتبی با توجه به درجه تأثیر آنها وزندهی شده و ضمن ترکیب این لایه باهم، نقشه پهنه‌بندی خطر بهمن در منطقه ایجاد شده است. دهقان فاروجی و بیت اللهی (۱۴۰۱) وضعیت زمین شناسی محور هراز در استان مازندران را مورد بررسی قرار داده است.

با توجه به مطالعات انجام یافته پیشین، شناسایی مخاطرات محیطی در جاده فیروزکوه انجام نشده است و تنها مطالعه انجام شده در این محور جاده‌ای بررسی مخاطره یخبندان و لغزیدگی است. در این مطالعه مخاطرات محیطی محور جاده‌ای فیروزکوه مورد شناسایی قرار گرفته است. این مطالعه با این هدف انجام شده است که مخاطرات محیطی که محور جاده‌ای فیروزکوه را تهدید می‌کند شناسایی شده و زون‌های پرخطر تعیین گردد تا بتوان راهکارهای پیشگیرانه را در این محور تعیین و اجرا نمود.

۳-روش تحقیق

روش تحقیق این مطالعه به صورت توصیفی- تحلیلی است. در ابتدا نقشه‌ها و داده‌های مورد نیاز از مراجع ذیصلاح جمع‌آوری گردید و سپس این داده‌ها نظیر؛ نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی و ... در نرم‌افزار GIS وارد و تحلیل گردید. گسل‌ها یکی از مواردی است که محورهای جاده‌ای را در صورت جابجایی تهدید می‌کند و علاوه بر آن ممکن است در وقوع پدیده‌هایی نظیر لغزش و ریزش نقش ایفا نماید به همین منظور، محل تلاقی گسل‌ها و محور جاده‌ای فیروزکوه، به صورت نقطه مشخص شد و از روی ویژگی‌های زمین‌شناسی مناطق پرخطر در فاز اول شناسایی شده و جهت برداشت‌های میدانی در اختیار کارشناسان مربوطه جهت تدقیق شناسایی مخاطرات محیطی قرار گرفت و مشاهدات میدانی توسط تیم در مسیر جاده فیروزکوه در ۹۵ نقطه انجام یافت و مسیر از نظر ویژگی‌های زمین شناسی (سنگ‌شناسی و درزه و شکاف‌ها و نیز گسل‌ها)، احتمال رخداد مخاطراتی نظیر ریزش، رواناب، لغزش، گسلش و بسیار مختصر نیز مخاطراتی که در اثر دخالت انسانی ایجاد می‌شوند، مورد بازدید قرار گرفت. پس از انجام بازدیدها و برداشت‌های میدانی نقاط حادثه‌خیز مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و در نهایت محور مورد نظر از نظر اهمیت و احتمال وقوع مخاطرات درجه‌بندی شده و برای مطالعه دقیق‌تر، در پنج اولویت مورد بررسی قرار گرفت.

۴-بحث

۴-۱-زمین شناسی محور فیروزکوه

این محور از فیروزکوه آغاز و به قائمشهر ختم می‌گردد. همه محورهایی که در این محدوده قرار می‌گیرد، تحت عنوان محور فیروزکوه در نظر گرفته شده است. در ابتدای این محور، مسیر جاده در محدوده دوآب از بین تشکیلات مربوط به سازند شمشک(R_3js) متشکل از شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ، رس سنگ، کوارتزیت، کنگلومرا با میان لایه‌های سنگ آهک زغال‌دار و بازالت‌های الیوین‌دار بازالت آندزیتی و تشکیلات آذرآواری می‌گذرد. مسیر جاده در بین این تشکیلات تا ۳,۳ کیلومتر ادامه پیدا می‌کند که در دو سمت جاده یکسان بوده و در سمت راست جاده به دلیل وجود گسل‌های زیاد، تنوع لیتولوژی در بالادست آن مشاهده می‌گردد و علی‌رغم وجود گسل‌های زیاد در سمت چپ، لیتولوژی یکسانی مشاهده می‌گردد. سپس مسیر جاده وارد ته‌نشست‌های کنگلومرای مخروطه افکنه‌ای کواترنری می‌گردد و تا ۵ کیلومتر درون این تشکیلات ادامه مسیر می‌دهد. در دو سمت جاده تشکیلات مربوط به سازند شمشک رخنمون دارد و در برخی از نقاط مسیر جاده در سمت راست رخنمون پیدا می‌کند و تا فاصله زیادی در بالادست جاده قابل مشاهده است. پس از طی مسیر جاده درون ته‌نشست‌های کواترنری در برخی جاها درون ته‌نشست‌های کواترنری، ته نشست‌های پرکننده دره‌ها متشکل از مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان و قدیم تفکیک نشده کولوویم، خاک‌های برجامانده و رسوبات دریاچه‌ای موقت(Q) مشاهده می‌گردد.

وجود ته‌نشست‌های کواترنری در کنار لیتولوژی نسبتاً سخت‌تر سازند شمشک می‌تواند در ایجاد ناهمگنی و هوازدگی سنگ‌ها مشکلاتی را در مسیر جاده ایجاد نماید و ریزش‌های توده‌های سنگ و خاک را در این بخش به همراه داشته باشد. در محدوده گراب سر، توده واریزه‌ای نسبتاً کوچکی در سمت چپ جاده و بالادست آن مشاهده می‌گردد که با تشکیلات سازند شمشک و ته‌نشست‌های رودخانه‌ای تداخل نموده است. در برخی از نقاط

در مسیر جاده مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی قدیمی (Q^{l}) مشاهده می‌گردد که بیشتر در محدوده پل سفید رخنمون داشته و در دو سمت جاده به خوبی قابل مشاهده است و حدود۵کیلومتر مسیر جاده درون این تشکیلات ادامه پیدا می‌کند. در محدوده نوسره، مسیر جاده دوباره درون ته‌نشست‌های پرکننده دره‌ها متشکل از مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان و قدیم تفکیک نشده کولوویم، خاک‌های برجامانده و رسوبات دریاچه‌ای موقت(Q) ادامه مسیر می‌دهد که در سمت راست آن توده‌های بزرگی از تشکیلات سری قاره‌ای متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ و مارن سیلت‌دار (PIQ^{cms}) رخنمون دارد. مسیر جاده در میان کنگلومراهای مخروطه افکنه‌ای (Q^{f}) ادامه پیدا می‌کند که در سمت چپ و راست آن تشکیلات سری قاره‌ای مشهود است و در محدوده زیرآب در مسیر جاده پادگانه‌ها و مخروطه افکنه‌های قدیمی‌تر (Q^{l}) با رسوبات سخت نشده بسیار جوان(Q^{al}) به صورت تداخلی مشاهده می‌گردد. مسیر جاده حدود ۸ کیلومتر درون این تشکیلات ادامه مسیر می‌دهد. گسل‌های بسیار زیادی در دو طرف جاده ملاحظه می‌گردد که تنوع لیتولوژی را در بالادست مسیر جاده ایجاد نموده است. مسیر جاده در بین پادگانه‌ها و مخروطه افکنه‌های قدیمی‌تر (Q^{l}) با رسوبات سخت نشده بسیار جوان(Q^{al}) به صورت تداخلی ادامه پیدا می‌کند و در ۱۵ کیلومتری شیرگاه، در محدوده سرخ کلاتپه، در سمت راست جاده، تشکیلات(K_2^{ml}) متشکل از مارن سیلت دار، مارن، مارن آهکی، سنگ آهک و سنگ آهک مارنی رخنمون دارد که در سمت راست جاده گاهی با تشکیلات(P_e^{mls}) متشکل از مارن سیلت دار، سنگ آهک ماسه‌ای، مارنی و ماسه سنگ آهکی و کنگلومرا به طور متناوب دیده می‌شود. پس از آن، مسیر جاده در بین تشکیلات(P_e^{mls}) ادامه پیدا می‌کند به طوری‌که در دو سمت جاده این تشکیلات قابل مشاهده است. سپس مسیر جاده حدود ۵۰۰ متر درون تشکیلات (OM_1^{mcs}) که بخشی از سازند هم‌ارز سازند قم، متشکل از مارن، کنگلومرا، مارن سیلت‌دار ماسه سنگ-آهکی و سنگ‌آهک ماسه‌ای است، می‌گردد و ضمن اینکه مسیر خود را درون آبرفت‌های تحکیم نیافته(Q^{al}) ادامه می‌دهد، تشکیلات (M_{23}^{msl}) که متشکل از مارن، ماسه سنگ، و سیلت سنگ‌آهکی، مارن سیلت‌دار و سنگ‌آهک ماسه‌ای و مادستون از سازند هم‌ارز سازند قرمز بالایی است، در سمت راست جاده تا ۲ کیلومتر رخنمون دارد. پس از پشت سرگذاشتن سازند هم‌ارز قرمز بالایی، مسیر جاده وارد تشکیلات سری قاره‌ای متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ و مارن سیلت‌دار (PIQ^{cms}) می‌گردد که در دو سمت جاده قابل مشاهده است و تا ۳,٦ کیلومتر همین لیتولوژی در مسیر جاده ادامه داشته و قابل مشاهده است. پس از آن مسیر جاده وارد تشکیلات (M_{23}^{msl}) که متشکل از مارن، ماسه سنگ، و سیلت سنگ آهکی، مارن سیلت‌دار و سنگ‌آهک ماسه‌ای و مادستون از سازند هم‌ارز سازند قرمز بالایی است، می‌گردد و تا ٤,٥ کیلومتر ادامه یافته تا به شیرگاه می‌رسد و دوباره مسیر خود را ۱,۵ کیلومتر درون تشکیلات سری قاره‌ای متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ و مارن سیلت‌دار(PIQ^{cms}) ادامه می‌دهد. پس از آن مسیر جاده در تشکیلات(Q^{c}) که شامل نواحی زراعی متشکل از مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های سیلابی-رودخانه‌ای جدید و قدیم و دشت‌های طغیانی و نهشته‌های خط ساحلی قدیمی‌تر است، ادامه می‌یابد. در محدوده تپه سر بخشی از زمین‌های زراعی با تشکیلات سری قاره‌ای تداخل می‌نماید که به ویژه در سمت راست جاده قابل مشاهده است.

در ۱۲ کیلومتری قائمشهر، در سمت راست جاده، زمین‌های زراعی، تشکیلات ($M_{2,3}^{msl}$) که متشکل از مارن، ماسه سنگ، و سیلت سنگ آهکی، مارن سیلت‌دار و سنگ آهک ماسه‌ای و مادستون از سازند هم‌ارز سازند قرمز بالایی است، در فاصله ۷۰۰ متری قابل مشاهده است. این محور در انتهای مسیر خود از میان زمین‌های زراعی (Q^{c}) گذشته و به شهر قائمشهر می‌رسد.

٤-۲-بررسی مخاطرات محیطی

گسل‌ها یکی از موارد مهمی است که در اثر جابجایی، سبب وقوع زلزله و نیز مخاطرات ثانویه‌ای نظیر، زمین‌لغزش، ریزش و ... می‌گردد. به منظور بررسی دقیق گسل‌ها در محور جاده‌ای فیروزکوه، ابتدا نقشه گسل‌ها از روی نقشه‌های زمین‌شناسی، تهیه گردید و نقاط مربوط به تقاطع آن‌ها با محور جاده استخراج و جهت مشاهدات میدانی و تدقیق بر روی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه GIS محور جاده‌ای جانمائی گردید. نقشه پراکنش گسل‌ها در محورهای جاده‌ای استان مازندران در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد این تراکم در اطراف محورهای جاده‌ای فیروزکوه بیشتر از محورهای دیگر است.

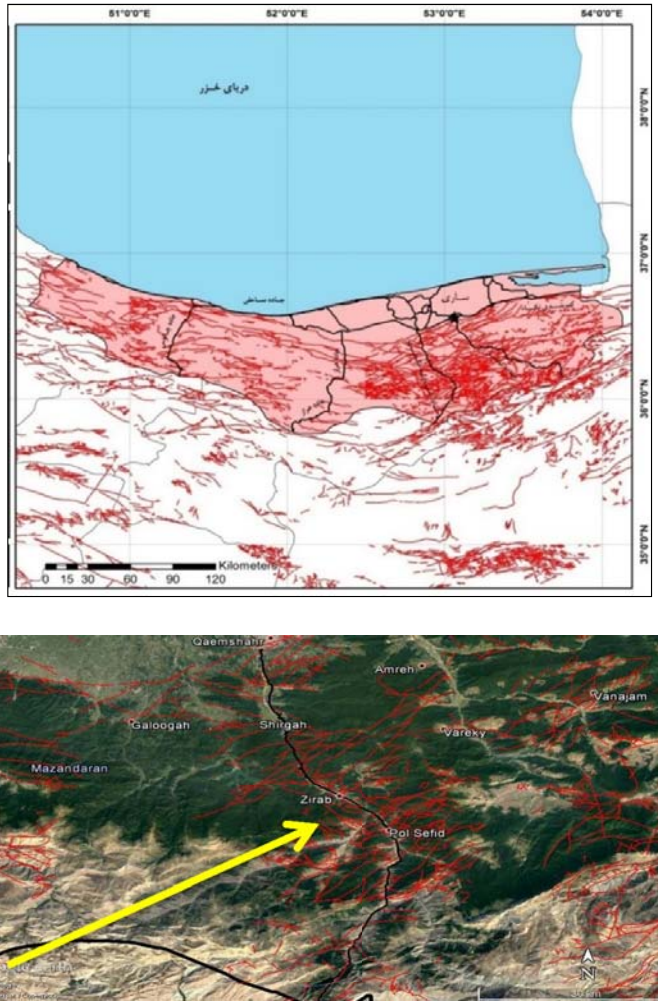
به منظور شناسایی مخاطرات محیطی در محور فیروزکوه بازدیدهای میدانی انجام شد. برای این منظور، در این محور در حدود ۹۵ نقطه تعیین و مورد بازدید قرار گرفت. پس از ثبت نقاط و جانمائی آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و پردازش در محیط GIS، این نقاط از نظر خطر ریزش، لغزش، رواناب و مخاطراتی که منشاء انسانی دارد، تحلیل گردید. نقاط مورد نظر در این مسیر با سه درجه با خطر زیاد (رنگ قرمز)، خطر متوسط (رنگ زرد) و خطر پایین (رنگ سبز) طبقه‌بندی گردید(شکل۸). همانطورکه در این شکل ملاحظه می‌شود، تجمع نقاط در ابتدای

مسیر حدفاصل گدوک تا ورسک می‌باشد. این قسمت از محور به دلیل قرارگیری در مورفولوژی خشن، و همجواری شیب‌های تند مشرف به جاده و دره، جزء نقاط حادثه‌خیز می‌باشد.

در بازدیدهای میدانی به پهنه‌های مشرف به محور جاده که مستعد حرکت‌های دامنه‌ای می‌باشند، پرداخته شده است.

علاوه بر حرکت‌های دامنه‌ای، موارد انسانی نیز مورد توجه قرار گرفته و به همراه سایر موارد ثبت شده است.

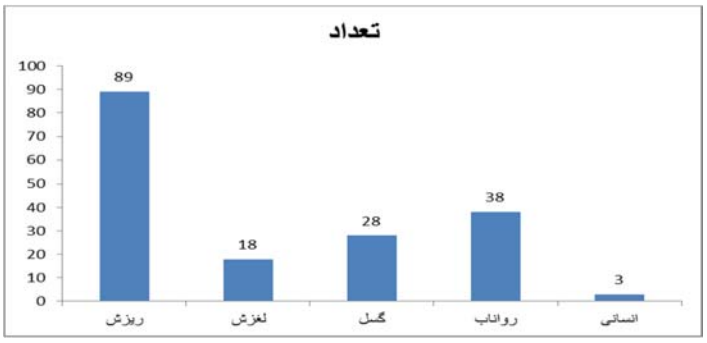
در شکل۲ پدیده‌های ثبت شده این محور به تفکیک آورده شده است. بیشترین نقاط مخاطره‌ای در طول این محور مربوط به پدیده ریزش است که ۸۹ مورد را به خود اختصاص داده است. در رابطه با نقاط و سطوح شیب‌دار مستعد حرکت دامنه‌ای، ۱۸ مورد نیز مرتبط با لغزش ثبت شده است.



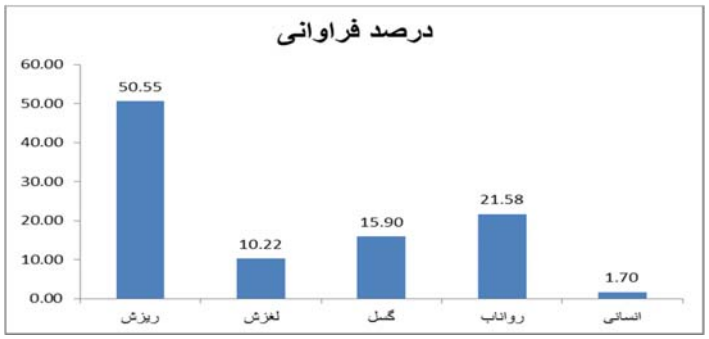
شکل۱. نقشه پراکنش گسل‌ها در راه‌های استان مازندران (بالا) جانمایی گسل‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای محور جاده‌ای فیروزکوه (پایین)

در ۳ مورد از نقاط برداشت شده، مخاطرات انسانی وجود داشته که اغلب آن‌ها مربوط به جانمائی نامناسب دکل‌های انتقال برق فشارقوی و ساخت‌وسازها که با فاصله اندک از محور جاده واقع شده بودند، می‌شود. همچنین در طول مسیر نقاطی که متاثر از رواناب سطحی بودند و اثر رواناب بر روی سطوح شیب‌دار مشرف بر محور جاده مشخص بود، ثبت و مشخص گردید که در این مسیر تعداد موارد ثبت شده مرتبط با این پدیده ۳۸ مورد می‌باشد. موارد مرتبط با تدقیق گسل نیز به تعداد ۲۸ مورد ثبت شده است. برای ارائه تصویر روشن‌تر از مخاطراتی که در مسیر وجود دارند، فراوانی پدیده‌های خطرآفرین به صورت نمودار نشان داده شده است.

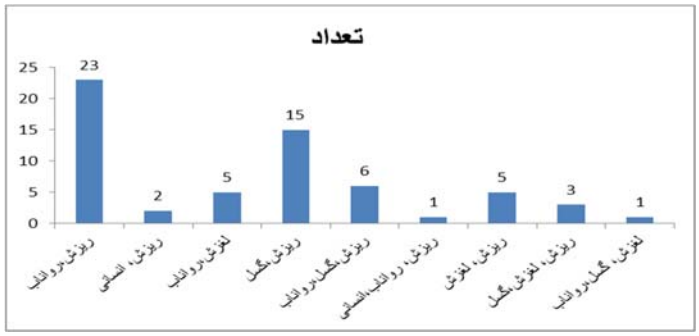
درصد فراوانی مخاطرات در شکل۳ نشان داده شده است. در برخی نقاط که از نظر میزان خطر از درجه بالائی برخوردار بودند، مواردی مشاهده گردید که بیش از یک خطر را شامل می‌شود. در رابطه با نقاطی که موارد به صورت مشترک تجمع داشتند، نموداری تهیه گردید. این نمودار میزان مخاطرات مشترک محتمل بر جاده را از نظر تعداد فراوانی نشان داده، و این امر در تصمیمات مدیریتی می‌تواند حائز اهمیت باشد.



شکل۲. نمودار فراوانی تعداد پدیده‌های مخاطراتی محور فیروزکوه



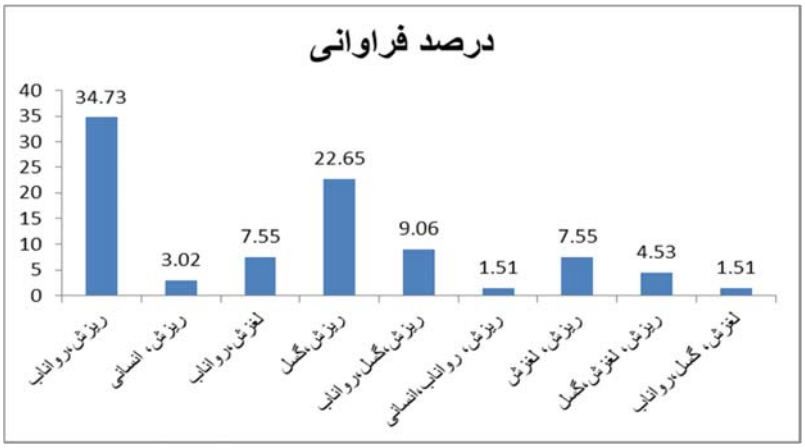
شکل۳. درصد فراوانی مخاطرات محور فیروزکوه



شکل٤.تعداد نقاطی که پدیده‌های خطرآفرین را به صورت مشترک دارند

در شکل٤، ستون اول نشان می‌دهد که نقاط ریزشی در کنار رواناب بیشترین فراوانی را دارد. پدیده ریزش در مواقع رخداد زلزله بیشترین مخاطره‌ای است که به وقوع خواهد پیوست. پدیده رواناب از این نظر مهم است که در مواقع بارانی مواد ریزشی از بالادست به سطوح پایین‌تر هدایت شده و در حالتی قرار می‌گیرند که هر لحظه امکان ریزش وجود دارد. علاوه بر آن، این محور در شرایطی قرار دارد که بارش، صاعقه، طوفان، اختلاف دما و سایر موارد اقلیمی در آن فعالیت دارند، بنابراین پدیده ریزش به تنهائی و بدون در نظر گرفتن رخداد زلزله به دلیل ویژگی‌های زمین شناسی محور نیز می‌تواند رخ

دهد و در صورت رویداد، خسارت‌های فراوانی را بر روی محور جاده به جای خواهد گذاشت. برطرف کردن نقاط ریزشی با توجه به شرایط ویژه آن‌ها که هر لحظه امکان ریزش و ایجاد حادثه دارند، لازم و ضروری بوده و در اولویت اول برنامه‌ها باید قرار گیرد. شکل۵ درصد فراوانی پدیده‌های مشترک را نمایش می‌دهد.

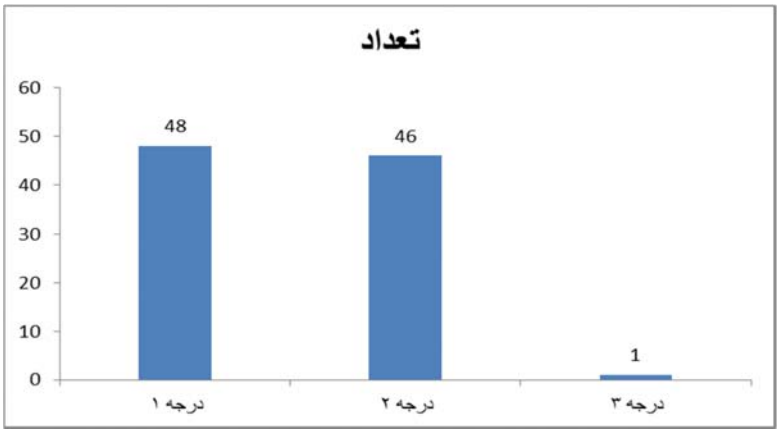


شکل۵. درصد فراوانی پدیده‌های مشترک در نقاط حادثه خیز محور فیروزکوه

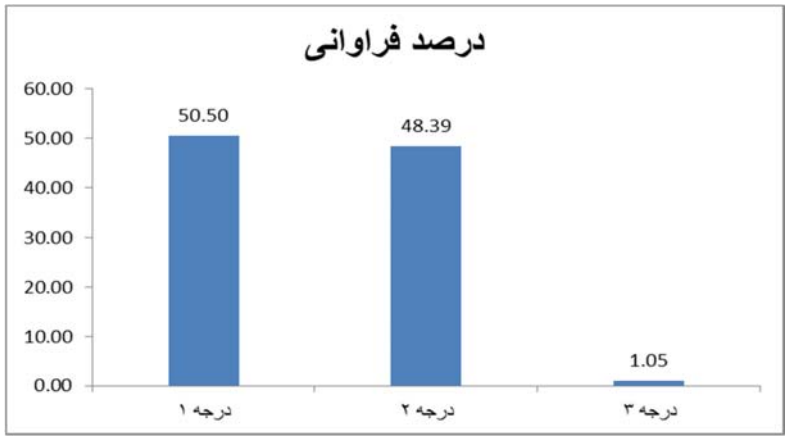
پس از بازدیدهای میدانی و برداشت نقاط حادثه‌خیز مرتبط با حرکت‌های دامنه‌ای و همچنین نقاط حادثه‌خیز انسانی، داده‌های برداشت شده از نظر اهمیت و احتمال وقوع درجه‌بندی گردید. شیب زیاد سطوح مشرف به محور جاده، مواد سطحی ریزشی و اندازه آن‌ها، متمرکز بودن و تعداد خطرات مختلف در نقطه، مواردی بودند که درجه اهمیت نقاط حادثه‌خیز را تعیین می‌کردند. شکل٦ نمودار تعداد نقاط در هر اولویت و شکل ۷ درصد فراوانی این نقاط را نشان می‌دهد.

٤-۳-جمع بندی برداشت های میدانی

تعداد نقاط برداشت شده حادثه‌خیز در این محور ۹۵ مورد بوده و از این تعداد، ٤٨ مورد (۵۰,۵۰ درصد) مربوط به درجه بندی نوع ۱ (با خطر بالا) می‌باشد. ٤٨,۳۹ درصد نقاط ثبت شده که به عبارت دیگر ٤٦ مورد می‌باشد، از نوع درجه ۲ (خطر متوسط) و تنها ۱ مورد درجه ۳ (خطر پایین) ثبت شده است. با تبیین نقاط آسیب‌پذیر و درجه‌بندی آن‌ها تلاش بر این شده است که با تمهیدات به موقع در زمان و سایر هزینه‌ها برای راهکارهای مدیریتی صرفه‌جوئی شود.

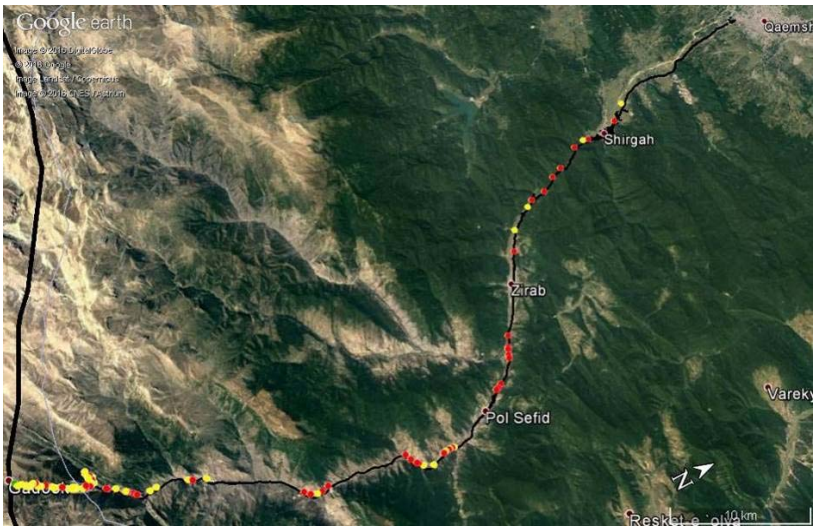


شکل٦. درجه بندی نقاط از نظر آسیب‌پذیری



شکل۷. درصد فراوانی درجه آسیب‌پذیری نقاط حادثه خیز

با استفاده از برداشت‌های میدانی نقاط حادثه خیز درجه‌بندی شد. در شکل ۸ نقاط حادثه خیز با درجه‌بندی اهمـــیت نشان داده شده است. نقشه حاصل از برداشت‌های میدانی که از دقت بالایی نیز برخوردار می‌باشد، نقاط و زون‌های پرخطر را به صورت ملموس‌تر نشان می‌دهد.



شکل۸ درجه بندی نقاط حادثه‌خیز در محور فیروزکوه

با داشتن نقاط و یا سطوح حادثه‌خیز و درجه‌بندی آن‌ها و همچنین جانمائی آن‌ها در نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای دستاورد ارزشمندی با عنوان شناسائی زون‌های پرخطر حاصل شد. با شناسائی زون‌های پرخطر و همچنین اولویت‌بندی آن‌ها، تصمیمات مرتبط با برطرف کردن موانع حادثه‌ساز جاده‌ای تسهیل می‌یابد. در ادامه زون‌های پرخطر محور فیروزکوه مشخص شده است:

اولویت اول: زون پرخطر منطقه تونل ورسک

در زون پرخطر شماره یک که قبل از تونل ورسک قرار دارد، ۵ نقطه ریزشی با اولویت درجه اول و ۱ نقطه با اولویت درجه دوم قرار دارند. طول این زون در حدود ۹۰۰ متر می‌باشد.

شکل ۹ تصویر ماهواره‌ای این زون را نشان می‌دهد. تمامی نقاط درون این پهنه به طور مشترک پدیده‌های ریزش و گسل را در خود جای داده‌اند.

شکل۹. زون پرخطر با اولویت اول محور فیروزکوه

اولویت دوم: زون پرخطر منطقه شورمست

زون دوم یک منطقه حدود ٤ کیلومتری در نزدیکی شورمست می‌باشد که شامل ۱۲ نقطه می‌باشد. در این زون ۷ نقطه با اولویت درجه اول و پنج نقطه با اولویت درجه دوم قرار دارد. شکل۱۰ این زون را نمایش می‌دهد. ۹ نقطه از ۱۲ نقطه دارای پدیده ریزش می‌باشند که از این تعداد ۲ نقطه علاوه بر ریزش به طور همزمان میزبان پدیده‌های لغزش و رواناب نیز می‌باشند. در ۷ نقطه نیز به طور پراکنده علاوه بر ریزش پدیده‌های گسل و رواناب وجود دارد. در ۳ نقطه باقیمانده پدیده‌های لغزش و رواناب به صورت مشترک حضور دارند.

شکل۱۰. زون پرخطر با اولویت دوم محور فیروزکوه

اولویت سوم: زون پرخطر منطقه کریکلا

در زون پرخطر شماره سوم (شکل۱۱) که در نزدیکی کریکلا و قبل از زیرآب قرار دارد، ۵ نقطه با اولویت درجه اول و یک نقطه با اولویت درجه دوم قرار دارد. طول این قسمت از مسیر در حدود ۱/۷ کیلومتر می‌باشد. در این زون وجود پهنه‌های لغزشی و ریزشی باعث افزایش پتانسیل خطر شده است. در یک نقطه پدیده‌های مشترک ریزش، لغزش و گسل و در نقطه دیگر ریزش، لغزش و رواناب قرار دارند. در دو نقطه نیز پدیده‌های مشترک ریزش و گسل حکمفرماست و در بقیه نقاط پدیده ریزش دیده می‌شود.

شکل۱۱. زون پرخطر شماره سه محور فیروزکوه

اولویت چهارم: زون پرخطر منطقه دوآب

زون پرخطر شماره چهار قبل از شهر دوآب قرار دارد. این زون حدود ۲ کیلومتری دارای ٤ نقطه با اولویت درجه یک و یک نقطه با اولویت درجه دوم می‌باشد (شکل۱۲). در این زون تنها در نقطه شماره ٦٦ پدیده‌های ریزش، لغزش و رواناب به صورت مشترک حکمفرما هستند و در بقیه نقاط ریزش به عنوان پدیده غالب دیده می‌شود.

شکل۱۲. زون پرخطر با اولویت چهارم محور فیروزکوه

اولویت پنجم: زون پرخطر منطقه جوارم

در زون پرخطر شماره پنج، ٦ نقطه با اولویت درجه اول و ۲ نقطه با اولویت درجه دوم قرار دارند. این زون حدود ٦ کیلومتری مابین جوارم و شیرگاه واقع شده است. لازم به ذکر است که به دلیل مسافت طولانی‌تر و پراکندگی بیشتر نقاط، این زون به عنوان اولویت آخر انتخاب گردید. شکل۱۳ تصویر هوائی این زون را نمایش می‌دهد. ریزش پدیده غالب در این زون می‌باشد. در دو نقطه علاوه بر ریزش، لغزش و گسل نیز وجود دارد.

در نقطه شماره ۵۰ لغزش، گسل و رواناب و در نقطه ٥٦ ریزش، لغزش و گسل به صورت مشترک دیده می‌شوند.

شکل۱۳. زون پرخطر با اولویت پنجم محور فیروزکوه

۵-نتیجه‌گیری

پس از بررسی‌ها و توصیف زمین‌شناسی محور از روی نقشه زمین‌شناسی و تدقیق آن با بازدیدهای میدانی، نتایج زیر حاصل شد: رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای در حاشیه جاده بیشترین گسترش را داشته و خطر لغزش آن‌ها با توجه به شیب دامنه، اندازه قطعات، درصد قطعات بزرگ، و ارتفاع دیواره اغلب متوسط تا زیاد طبقه‌بندی می‌شود. در این نوع سطوح، احتمال لغزش دایره‌ای یا چرخشی به صورت گسیختگی در راستای سطوح منحنی یا قاشقی شکل زیاد است. همچنین، وجود ناپیوستگی‌های رسوبی و تغییرات لیتولوژی در دو سطح متفاوت می‌تواند سبب لغزش انتقالی به صورت توده‌ای از مواد به سمت پایین دامنه شود. سنگ‌های رسوبی پس از رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای گسترش زیادی در حاشیه جاده داشته و در نواحی که شیب لایه‌بندی در جهت دامنه و یا کمتر از آن است خطر زمین‌لغزش و به خصوص لغزش مسطوی در آن‌ها زیاد است. در برخی نواحی نیز فعالیت‌های گسلی سبب شکستگی و خردشدگی شدید در لایه‌های سنگی شده است و احتمال لغزش در امتداد سطوح شکستگی آن‌ها را بالا می‌برد. سنگ‌های آذرین و آذرآواری تنها در نواحی محدودی مشاهده شدند و از لحاظ خطر ریزش و لغزش در حد کم خطر تا متوسط دسته بندی می‌شوند. تراکم درزه و شکستگی‌های تکتونیکی در آن‌ها بالا بوده و همین امر می‌تواند احتمال وقوع ریزش و لغزش را در آن‌ها افزایش دهد. بررسی‌های میدانی از نقطه نظر مخاطرات تهدید کننده مسیر در ۹۵ نقطه از مسیر انجام یافت و بر اساس مشاهدات میدانی، این محور به پنج پهنه پرخطر به شرح زیر تعیین گردید.

اولویت اول: زون پرخطر منطقه تونل ورسک

اولویت دوم: زون پرخطر منطقه شورمست

اولویت سوم: زون پرخطر منطقه کریکلا

اولویت چهارم: زون پرخطر منطقه دوآب

اولویت پنجم: زون پرخطر منطقه جوارم

٦- مراجع

-اصغری‌سراسکانرود، صیاد و مظفری، حسن (۲۰۱۹). ارزیابی و مقایسه مدل‌های ضریب نسبت فراوانی و تحلیل شبکه در پهنه‌بندی ریزش سنگ (مطالعه موردی جاده زنجان-تهم-طارم). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ٤(٦)، ١٤٢-١٢٣.

-افشاری آزاد، محمدرضا و پورکی، هاله (۱۳۹۱). ارزیابی مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی و نقش آن در حمل و نقل جاده ای (مطالعه موردی: گردنه الماس). *نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ١٦(٤٢)، ٤٤-٢٣.

-باقدم، عثمان (۱۳۸۲). ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی با استفاده از GIS در مسیر سنندج- مریوان، *پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا*، به راهنمایی منوچهر فرج زاده اصل، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

-بلادپس، علی (۱۳۸٦). تحلیلی در مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی جاده مرند- جلفا. *فصلنامه فضای جغرافیایی*، ۸(۲۳)، ۱۸-۱.

-جعفرخانلو، مرتضی، ارومیه‌ای، علی و خامه‌چیان، ماشاءاله (۱۳۸۹). پهنه‌بندی خطرناپایداری دامنه‌ها درمحدوده جاده چالوس به کمک GIS حدفاصل کرج ـ گچسر، *فصلنامه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ۱(۱)، ۹۱-۸۱.

-دهقان فاروجی، فاطمه و بیت اللهی، علی (١٤٠١). زمین‌شناسی محور جاده‌ای هراز در استان مازندران با تاکید بر شناسایی مخاطرات طبیعی، *فصلنامه جاده*، ۳۰(۱۱۳)، ٥٦-۳۳.

-رنجبر، محسن و افتخاری، محمدمعمار (۱۳۹۱). پهنه‌بندی پدیده لغزش با استفاده از روش LNRF در جاده هراز (از امامزاده هاشم تا لاریجان). *فصلنامه جغرافیا*، ۲(۳۳)، ۱۲۸-۱۰۷.

-شایان، سیاوش، قلیچی، عبادالله و یمانی، مجتبی (۱۳۹٦). ارزیابی مخاطرات محیطی و مورفوژنز فعال در جاده کرج-چالوس (تا تونل کندوان)، *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱(۲۲)، ١٦-١.

-عزیزی، قاسم و حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۸٤). مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیکGIS. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۷ (۲)،۶۳-۵۱.

-فلاح تبار، نصرالله(۱۳۷۹). تاثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راه‌های کشور، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*،۱(۳۸)، ٤٥-٥٥.

-قنواتی، عزت اله و کریمی، جبار (۱۳۸۸). پهنه‌بندی خطر بهمن در جاده هراز براساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۹(۱۲)، ۱۰۰-۸۳

-کرم، امیر و تورانی، مریم(۱۳۹۲). پهنه بندی استعداد اراضی نسبت به وقوع لغزش با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی: محور هراز از رودهن تا رینه. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*،۱۳(۲۸)، ۱۹۰-۱۷۷.

-مقصودی، مهران، بذرافکن، مرضیه، حسن‌زاده، یاسر، حسین‌پور، عبدالنبی و درخشان، عباس (۱۳۹۸). بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیک آبی- بادی شمال غرب میراث جهانی لوت (حدفاصل جاده‌ی نهبندان-شهداد). *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۸(۲۱)، ۱۸-۱.

-میرزانیا، صالح و شهابی، هیمن (۱۳۹۸). ارزیابی و پیش‌بینی مکانی مخاطرهٔ زمین‌لغزش در جادهٔ کوهستانی سنندج-کامیاران با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفتهٔ داده‌کاوی. *نشریه مدیریت مخاطرات محیطی*، ٦(٤)، ۳٤۰-۳۱۷.

-Anbazhagan, P., Srinivas, S., & Chandran, D. (2012). Classification of road damage due to earthquakes. *Natural Hazards*, *60*, 425-460. **doi /10.1007/s11069-011-0025-0**

-Argyroudis, S. A., Mitoulis, S. A., winter, M. G., & Kaynia, A. M. (2019). Fragility of transport assets exposed to multiple hazards: State-of-the-art review toward infrastructural resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, *191*, 106567. **doi:10.1016/j.ress.2019.10656710.1016/j.ress.2019.106567**

-Bruneau, M., & Reinhorn, A. (2007). Exploring the concept of seismic resilience for acute care facilities. *Earthquake Spectra*, *23*(1), 41-62. **doi:10.1193/1.2431396**

-Calvert, S. C., & Snelder, M. (2018). A methodology for road traffic resilience analysis and review of related concepts. *Transportmetrica A: Transport Science*, *14*(1-2), 130-154.

-Chang, S. E., & Nojima, N. (2001). Measuring post-disaster transportation system performance. the 1995 Kobe earthquake in comparative perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *35*(6), 475-494. **doi:10.1016/s0965-8564(00)00003-3**

-De Solminihac, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (2019). *Gestión de Infraestructura Vial*. Alpha Editorial.

-Eleutério, J., Hattemer, C., & Rozan, A. (2013). A systemic method for evaluating the potential impacts of floods on network infrastructures. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *13*(4), 983-998.

-Freckleton, D., Heaslip, K., Louisell, W., & Collura, J. (2012, January). Evaluation of transportation network resiliency with consideration for disaster magnitude. In *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC*, Vol. 10, 2284-13.

-Kilanitis, I., & Sextos, A. (2019). Integrated seismic risk and resilience assessment of roadway networks in earthquake prone areas. *Bulletin of Earthquake Engineering*, *17*, 181-210. **doi 10.1007/s10518-018-0457-y**

-Tacoli, C. (2009). Urban Regions: Ecology and Planning beyond the City. *International Development Planning Review*, *31*(2), 221-222.

Investigation of Environmental Hazards along Firuzkoh Road (Mazandaran Province)

Fateme Dehghan Farouji, Instructor, Housing & Urban Development Research Center, Tehran, Iran.

Ali Beitollahi, Assistant Professor, Housing & Urban Development Research Center, Tehran, Iran.

Aydin Moradi, Ph.D., Student, Earth Science Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

E-mail: dehghan@bhrc.ac.ir

Received: May 2025- Accepted: August 2025

ABSTRACT

Firouzkoh road axis is one of the most important road transport routes in Mazandaran province. The geological characteristics of this route are very diverse and it is susceptible to the occurrence of various hazards that are directly related to the geological characteristics. The studies conducted on Firouzkoh road were only conducted from the perspective of frost hazard, and other environmental hazards were not considered. Considering the necessity and importance of the environmental hazards that threaten this road and its very important role in the road arteries of Mazandaran province, in this research, the identification of road-oriented environmental hazards has been done with emphasis on field studies. The purpose of this research is to identify high-risk zones in order to disaster management, especially to determine and implement mitigation solutions. In this research, by navigating the route on geological maps in the GIS software environment, the characteristics of the route were described, and environmental hazards were identified on the route, and then field visits were made to specific geological points. According to the results of geological investigations, alluvial and river sediments are the most widespread on the side of the road, and the risk of their sliding is due to the slope of the area, the size of the parts, the percentage of large parts, and the height of the wall is usually medium. It is classified a lot. Sedimentary rocks after alluvial and river sediments have spread a lot on the side of the road and igneous and pyroclastic rocks were observed only in limited areas. In summarizing the results of the studies conducted from the point of view of the dangers threatening the route, 95 points of the route were investigated in five high-risk areas.

Keywords: Environmental Hazards, Firouzkoh Road, Investigation, Mazandaran Province