

زمین‌شناسی محور جاده‌ای هراز در استان مازندران با تاکید بر شناسایی مخاطرات طبیعی

مقاله علمی - پژوهشی

فاطمه دهقان فاروجی*، مربی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

علی بیت‌اللهی، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: fatemedehghan@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵ - پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵

صفحه ۵۶-۳۳

چکیده

محور جاده‌ای هراز یکی از مهم‌ترین و پر ترددترین مسیرهای حمل و نقل جاده‌ای کشور در استان مازندران است. ویژگی‌های زمین‌شناسی این مسیر بسیار متنوع بوده و مستعد وقوع انواع مخاطراتی است که با ویژگی‌های زمین‌شناسی ارتباط مستقیم دارد. توجه به این ویژگی‌ها یکی از مهمترین مطالعات در احداث، نگهداری و ترمیم سامانه‌های حمل و نقل است. مطالعات انجام یافته در جاده هراز از دیدگاه‌های مختلف و با تاکید بر مخاطرات طبیعی مسیر انجام یافته است و در اغلب آنها، بررسی دقیق ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر کمتر مورد توجه بوده و به صورت خیلی خلاصه و با تاکید بر گروهی از مطالعات دیگر انجام یافته است. با توجه به ضرورت و اهمیت ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر و نقش بسیار مهم آن در وقوع مخاطرات طبیعی، در این پژوهش زمین‌شناسی مسیر با تاکید بر مخاطرات که از آن متاثر است، در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول با پیمایش مسیر بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی در محیط نرم‌افزاری GIS، ویژگی‌های مسیر توصیف گردید و در مرحله دوم بازدیدهای میدانی در نقاط خاص زمین‌شناسی انجام یافت. سنگ آهک، مارن، ماسه سنگ، و شیل و رسوبات رودخانه‌ای بخش اعظمی از رخنمون‌های حاشیه جاده را می‌سازند و علاوه بر آن سنگ‌های آذرین و آذرآواری که اغلب مربوط به سنگ‌های ولکانیک ائوسن و زوراسیک است، ناپیوستگی‌هایی را با لایه‌های رسوبی ایجاد نموده که با وجود درزه و شکستگی‌های فراوان، می‌توانند خطر لغزش و ریزش را در محور تشدید نمایند. به طوری که در جمع بندی مطالعات انجام یافته یک نقطه با خطر زمین لغزش کم، ۲۳ نقطه دارای خطر متوسط، و ۳۰ نقطه با خطر بالا شناسایی شدند. با استفاده از داده‌های موجود آماری و داده‌های حاصل از مشاهدات میدانی و پردازش آنها در محیط نرم‌افزاری، از نقطه نظر مخاطرات تهدیدکننده مسیر، ۲۷۵ نقطه از مسیر در شش پهنه پرخطر مورد بررسی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: استان مازندران، شناسایی، مخاطرات، محور هراز

۱- مقدمه

زمین‌شناسی در پروژه‌های مهندسی عمران ثابت شده است. ساخت سدها، تونل‌ها و مخازن و بسیاری از پروژه‌های عمرانی نظیر؛ راه‌های ایمن و با استفاده از مواد و مصالح بسیار مقاوم و اقتصادی، مربوط به دانش زمین‌شناسی است. شناخت

آگاهی از جزئیات زمین‌شناسی یکی از بخش‌های ضروری تحلیل مخاطرات است. مخاطراتی نظیر زمین‌لغزش، زلزله، سونامی و ... باید به صورت صحیح و دقیق تعیین مکان گردد. در سال‌های اخیر پیشرفت در فناوری و دانش

عواملی نظیر ویژگی‌های زمین‌شناسی و لیتولوژیکی، شرایط توپوگرافی، میزان رطوبت در خاک، نیروی ثقل، پوشش خرده سنگی دامنه‌ها در ایجاد حرکات دامنه‌ای جاده‌ها موثرند. در محاسبه مخارج ساخت و احداث بزرگراه‌های جدید و نگهداری جاده‌های موجود در نواحی کوهستانی، اطلاع از نحوه وقوع لغزش، بزرگی و میزان تخریب آنها امر مهمی است (جونز و همکاران، ۱۹۸۳).

۲-پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی توسط محققان مختلفی صورت گرفته است که شامل مطالعه فورمن در سال ۱۹۹۷ میلادی است که عوامل اکولوژیکی تاثیرگذار را بر جاده مورد ارزیابی قرار داد. بهبهانی در سال ۱۳۷۸ نقش پارامترهای جوی در رابطه با حمل و نقل را مورد بررسی قرار داد و راهکارهای کاهش خطرات اقلیمی در کشور را بیان نمود. در مطالعه فلاح‌تبار در سال ۱۳۷۹ نقش پارامترهای جغرافیایی موثر بر راه‌های کشور به صورت کلی معرفی گردیده است. در مطالعه افشاری آزاد و پورکی، ۱۳۹۰ مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی گردنه الماس و نقش آن در حمل و نقل جاده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مطالعه شایان و همکاران در سال ۱۳۹۶ مخاطرات محیطی و مورفوزن فعال در جاده کرج-چالوس (تا تونل کندوان) مورد بررسی قرار گرفته است. نقاط ضعف راه‌ها در مطالعه باقدم (۱۳۸۳) را می‌توان به گروه‌هایی همچون اقلیمی (لغزندگی، در معرض باد و طوفان بودن، در معرض بودن، ژئومورفولوژیکی (ریزش‌ها و لغزش‌ها و مه اندرها) توپوگرافی (شیب، جهت شیب، ارتفاع) زمین‌شناسی (زلزله‌ها، گسل‌ها و سنگ‌شناسی) و هیدرولوژیکی طبقه‌بندی و مورد مطالعه قرار داد. ایجاد شبکه‌های ارتباطی زمینی، خواه ناخواه در دینامیک محیط طبیعی، دگرگونی‌هایی را به وجود می‌آورد. در صورتی که این دگرگونی‌ها از یک آستانه معین تجاوز نماید، به مختل شدن تعادل محیط می‌انجامد که پیامدهای اقتصادی و اجتماعی آن بسیار ناگوار خواهد بود (رجائی، ۱۳۸۲). زمانی که در اثر توسعه و ترمیم شبکه‌های ارتباطی، چندین کیلومتر از جاده‌ها، راه‌های شوسه و آهن از واحدهای گوناگون طبیعی عبور می‌کنند، در اثر برخورد آنها رخداد پدیده‌های ژئومورفولوژیک افزایش می‌یابد (کوا و کانگو، ۲۰۰۴). از این رو شبکه‌های ارتباطی پس از

زمین‌شناسی محلی هنگام برنامه‌ریزی برای ساخت و اجرای پروژه‌های عمرانی بسیار با اهمیت است. دانش و آگاهی دقیق زمین‌شناسی باعث تداوم استحکام و مقاومت پروژه‌های عمرانی است (پاردشی و پاردشی، ۲۰۱۳). جاده‌ها و بزرگراه‌ها از پروژه‌های بسیار مهم هر کشور محسوب می‌شوند. برنامه‌ریزی طراحی، ساخت و محافظت و نگهداری از مهمترین وظایف مهندس عمران در سراسر دنیاست. در هر پروژه عمرانی می‌بایست تحقیقات و بررسی‌های زمین‌شناسی صورت گیرد. فاکتورهای زمین‌شناسی نظیر توپوگرافی، سنگ‌شناسی، ویژگی زمین‌شناسی، هوازدگی و شرایط آب‌های زیرزمینی در هم‌ترازی و پایداری جاده‌ها موثرند (شی و همکاران، ۲۰۰۸). هدف از انجام مطالعات زمین‌شناسی در پروژه‌های عمرانی متعدد است که مهمترین آنها عبارتند از بررسی ساختارهای زمین‌شناسی نواحی مرتبط با پروژه، بررسی‌های سطح زمین، بررسی‌های زیرسطحی، بررسی وضعیت آب‌های زیرزمینی نواحی خاص، بررسی شرایط لرزه‌ای و مطالعه جزئیات لرزه‌ای ۶۰ سال اخیر و لیتولوژی یا سنگ‌شناسی منطقه (کوبید، ۱۹۵۵). راه از جمله سازه‌های مهندسی خطی به شمار می‌آید که از واحدها و شرایط زمین‌شناسی مختلفی عبور کرده، بنابراین ضرورت دارد که مطالعات زمین‌شناسی در طول مسیر راه انجام گیرد. نقش زمین‌شناسان مهندس در چنین پروژه‌هایی با توجه به موضوعات و مسئولیت‌های خود که باید با طیف وسیعی از مسائل روبرو شوند، حیاتی است (کمانی و همکاران، ۱۳۹۳). مهندسان طراح با استفاده از تجربه‌های مربوط به راه‌های گذشته و عمدتاً نیازهای کارفرما و نقشه عمومی توپوگرافی، گزینه‌هایی را به عنوان مسیرهای اولیه در نظر می‌گیرند و پس از بررسی آنها و انجام سعی و خطا این گزینه‌ها را بهبود می‌بخشند و سپس با توجه به محدودیت‌های طرح، نقاط اجباری و دیگر مسائل مطرح شده در پروژه بر پایه قضاوت مهندسی و ارزیابی اقتصادی همان گزینه‌ها، مسیری را پیشنهاد کرده و آن را نهایی می‌کنند (او ای سی دی، ۱۹۷۳).

در بسیاری از تحقیقات انجام یافته یکی از مخاطراتی که به طور مکرر سبب بسته شدن جاده‌ها به ویژه جاده چالوس و هراز شده است، مخاطره زمین‌لغزش است (بلورچی و همکاران، ۱۳۸۵؛ قاضی‌پور و همکاران، ۱۳۸۶؛ جعفرخانلو و همکاران، ۱۳۸۹).

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، 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 در سال ۱۳۹۳ انجام یافت. در این پژوهش نواحی مستعد زمین‌لغزش 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 گرفت 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 بهمین در جاده هراز بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی که توسط قنوتی و کریمی در سال ۱۳۸۸ صورت گرفت، جاده هراز بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی از نظر خطر بهمین پهنه‌بندی گردید. در این تحقیق با تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و با کمک نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی نقشه نقاط بهمین خیز در منطقه ایجاد شده است و عوامل ژئومورفولوژی و اقلیمی که در وقوع بهمین تاثیرگذار بودند در قالب مدل AHP با توجه به درجه تأثیر آنها وزندهی شده و ضمن ترکیب این لایه باهم، نقشه پهنه‌بندی خطر بهمین در منطقه ایجاد شده است. در مطالعه دیگری که توسط غیومیان و همکاران، ۱۳۷۸ در جاده هراز زمین لغزش امامزاده علی را به صورت سینماتیک تحلیل نموده است در این تحقیق، به کمک شواهد بدست آمده از بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های

ساخت بیشتر از هر چیز به وسیله مخاطرات ژئومورفولوژیکی مانند حرکات توده‌ای، زمین‌لغزش و پیدایش خندق‌ها از یک سو و فعالیت‌های انسانی، از سوی دیگر تهدید می‌شود (بهاتارای، ۲۰۰۴).

انتخاب تونل‌ها، بهمین‌گیرها حداکثر شیب مجاز، حداقل پیچ و خم‌های جاده با مطالعه ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، لیتولوژیکی و زمین‌شناسی صورت می‌گیرد (بلادیس، ۱۳۸۶). درک فرآیندهای ژئومورفولوژیکی برای طراحی جاده‌ها در محیط‌های ناپایدار امری بسیار ضروری است زیرا اکثر خطراتی که فعالیت عمرانی مهندسی را مورد تهدید قرار می‌دهد، منشا ژئومورفولوژیکی دارند. این مخاطرات ضریب اطمینان جاده‌ها را کاهش داده و سبب ایجاد اختلال در امر ترافیک می‌شوند و علاوه بر آن، خسارات مالی و تلفات جانی نیز به همراه دارند (بیلگرد و همکاران، ۲۰۰۳). به عنوان مثال تخریب بخش بزرگی از جاده چالوس و هراز در شمال ایران در اثر زمین لرزه ۵/۵ ریشتری در ۸ خرداد ۱۳۸۳ اشاره نمود، که علاوه بر خسارات جانی و مالی فراوان به بسته شدن چندین ماهه جاده چالوس منجر شد، پدیده‌ای که با مطالعات ژئومورفولوژیکی و شناسایی مناطق آسیب پذیر، امکان کاهش خسارات وجود داشت (بی‌نام، ۱۳۸۳). بنابراین آگاهی از ویژگی‌های مورفولوژی و مورفودینامیک در مسیر جاده‌ها قبل از کار بر روی زمین بسیار ضروری است (شایان و همکاران، ۱۳۹۶). اثرات مخاطرات و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی بر تأسیسات و سازه‌هایی نظیر جاده‌ها، پل‌ها و... و بالعکس در محیط‌های گوناگون به وسیله ژئومورفولوژیست‌ها، مهندسان، زمین‌شناسان و جغرافی‌دانان بررسی شده است. برای مثال، تاکنت و همکاران، ۲۰۱۲، در اثر خود تحت عنوان، تجزیه و تحلیل اهمیت شبکه‌های جاده‌ای در معرض مخاطرات طبیعی، بیان می‌کنند که جاده‌های نواحی کوهستانی در معرض خطرات طبیعی مانند بهمین، برف، سیل و ریزش سنگ هستند. باقدم و همکاران، ۱۳۸۲ در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی مطالعه موردی مسیر سنندج - مریوان با استفاده از GIS به تحقیق پرداختند. 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 خطرناک و تهدیدکننده ایمنی جاده مورد نظر محسوب می‌شود و به لحاظ

اهمیت برداشت‌های صحیح و دقیق زمین‌شناسی سطحی در برآورد ریسک شناخته شده است و از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به ضرورت و اهمیت ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر و نقش بسیار مهم آن در بروز و وقوع مخاطرات طبیعی، در این پژوهش زمین‌شناسی مسیر با تاکید بر مخاطرات که از آن متاثر است، انجام یافته است.

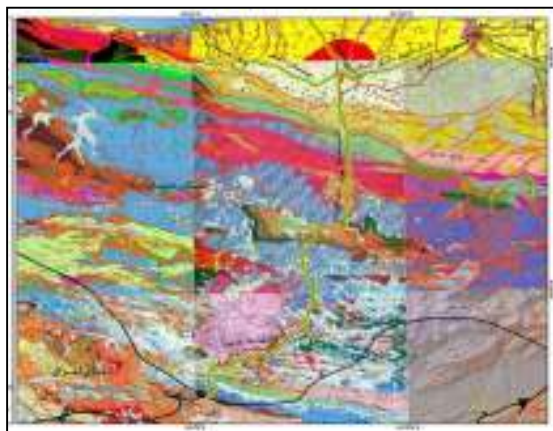
۳- محدوده مورد مطالعه

محور جاده‌ای هراز در مطالعه حاضر مورد نظر بوده است که از نظر تقسیمات کشوری بین دو استان تهران و مازندران قرار گرفته است و بخش عمده آن در دامنه جنوبی البرز و در حوضه آبریز رود هراز واقع شده است. محور هراز از انتهای حوزه استحفاظی تهران تا آمل را شامل می‌گردد. کلیه محورها در این مسیر تحت محور هراز مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱). این محور یکی از مهمترین محورهای حمل و نقلی استان تهران و مازندران محسوب می‌گردد که از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

صحرائی و نیز با در نظر گرفتن شرایط زمین‌شناسی و ساختاری خاص این ناحیه و کار، حرکت دامنه‌ای تعیین گردید و بر این اساس یک الگو برای نشان دادن مراحل مختلف توسعه و تکامل زمین‌لغزش مذکور ارائه گردیده است.

۲-۱- جمع‌بندی مطالعات انجام یافته

مطالعات انجام یافته در جاده هراز از دیدگاه‌های مختلف و با تاکید بر مخاطرات طبیعی مسیر انجام یافته است و در اغلب این مطالعات، بررسی دقیق ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر کمتر مورد توجه بوده است و مطالعات زمین‌شناسی به صورت خیلی خلاصه و با تاکید بر گروهی از مطالعات دیگر بوده است. این درحالی است که ویژگی‌های زمین‌شناسی در اغلب مطالعات انجام یافته از عوامل موثر در بروز و رخداد بسیاری از مخاطرات طبیعی در جاده‌ها است. به بیان واضح‌تر، مطالعات زمین‌شناسی یکی از مهمترین مطالعات در تحلیل ریسک سامانه‌های حمل‌ونقل است. اهمیت ندادن به مطالعات زمین‌شناسی در مطالعات ریسک سامانه‌های حمل‌ونقل، موجب بروز برخی مشکلات می‌گردد. مطالعات زمین‌شناسی در تحلیل ریسک مخاطراتی نظیر؛ لغزش، ریزش، زلزله و ... اهمیت بسیار زیادی دارد به طوری که امروزه



شکل ۱. محور هراز در نقشه‌های زمین‌شناسی

۴- مواد و روش‌ها

۹ شیت نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را تحت پوشش قرار می‌دهد. در مرحله اول، نقشه‌های زمین‌شناسی که این محور را پوشش می‌دهند، ژئورفرنس شده و فایل رقومی محور بر روی

روش تحقیق این مطالعه به صورت توصیفی- تحلیلی است. به منظور مطالعات زمین‌شناسی مسیر از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استفاده شد.

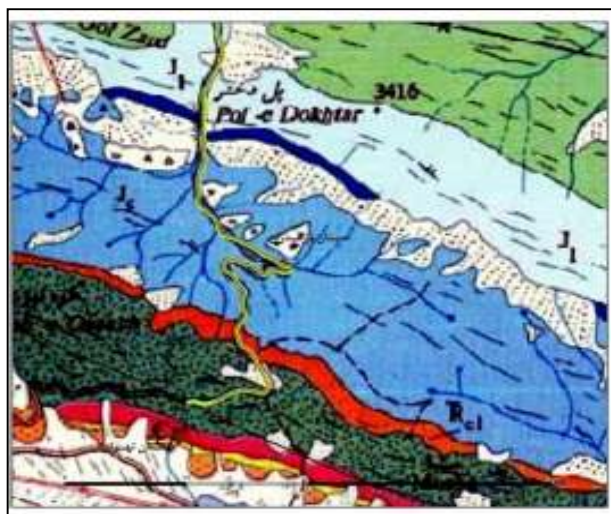
در اثر دخالت انسانی ایجاد می‌شوند، مورد بازدید قرار گرفت. پس از انجام بازدیدها و برداشت‌های میدانی نقاط حادثه‌خیز مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در نهایت با برداشت داده‌ها، محور مورد نظر وزن‌دهی و از نظر اهمیت و احتمال وقوع مخاطرات درجه بندی گردید و برای مطالعه دقیق‌تر، در شش پهنه اولویت‌بندی و در نهایت در محیط نرم افزاری GIS، تبدیل به نقشه شد.

نقشه‌های زمین‌شناسی پلات گردید و سپس پیمایش بر روی مسیر بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی انجام گرفت و ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر از روی راهنمای نقشه توصیف گردید. سپس مشاهدات میدانی توسط تیم در مسیر جاده هراز در ۲۷۵ نقطه انجام یافت و مسیر از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی و درزه و شکاف‌ها و نیز گسل‌ها) احتمال رخداد مخاطراتی نظیر ریزش، رواناب، لغزش، گسلش و بسیار مختصر نیز مخاطراتی که

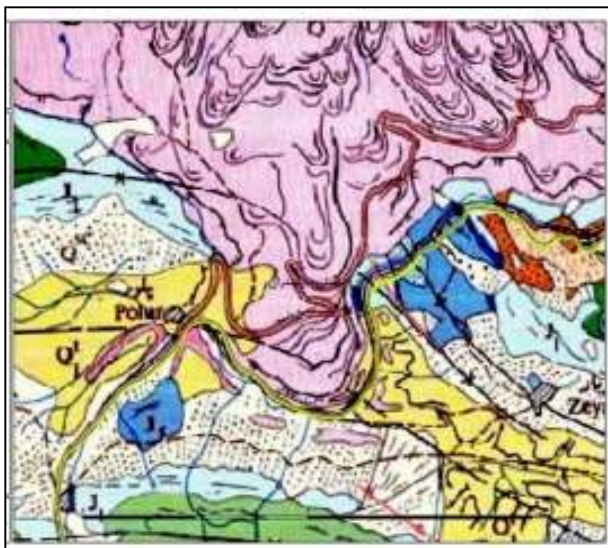
۴-۱- توصیف ویژگی‌های زمین‌شناسی از روی نقشه با پیمایش از روی مسیر

در سمت راست مشاهده می‌گردد. پس از گذر از تشکیلات سازند شمشک، در دو سمت جاده رخنمون بسیار باریکی از قطعه سنگ‌های ریزش یافته جوان کواترنری (Q_{rt}^f) مشاهده می‌گردد و پس از آن در محدوده پل دختر رخنمون بسیار بسیار باریکی از تشکیلات (J_4) سنگ آهک تخریبی با لایه بندی خوب و سنگ آهک مارنی از سازند دلچای با سن ژوراسیک میانی که گسل خورده نیز هست، در مسیر جاده ملاحظه می‌گردد و دوباره مسیر جاده وارد تشکیلات (J_1) که شامل سنگ آهک چرت دار توده‌ای تا لایه‌ای سازند لار به سن ژوراسیک پسین می‌باشد، می‌گردد. این تشکیلات در دو سمت جاده تا ۲،۳ کیلومتری قابل مشاهده است و در فاصله ۶۰۰ متری دوباره رخنمونی از قطعه سنگ‌های ریزش یافته جوان کواترنری (Q_{rt}^f) مشاهده می‌گردد (شکل ۲).

در ابتدای این محور، مسیر جاده از بین سازندهای تفکیک نشده مبارک و جیروود (D-C) به سن دونین و کربونیفر گذر می‌کند. حدود ۱ کیلومتر مسیر جاده از بین این تشکیلات می‌گذرد. سپس مسیر جاده حدود ۶۰۰ متر درون تشکیلات (Q_2^f) که متشکل از مخروطه افکنه‌های سنگ‌ریزه می‌باشد، ادامه پیدا می‌کند و سپس وارد تشکیلات سازند الیکا (R_e^1) متشکل از سنگ آهک نازک لایه است، می‌گردد. رخنمون این تشکیلات بسیار باریک و در فاصله ۶۰۰ متری است که در دو سمت جاده رخنمون یافته است. مسیر جاده پس از گذر از این رخنمون بسیار باریک، وارد تشکیلات (J_3) که متشکل از شیل و ماسه سنگ تیره به همراه ذغال سنگ از سازند شمشک به سن ژوراسیک پایینی است، می‌گردد. مسیر جاده در این تشکیلات تا ۴ کیلومتری ادامه دارد و در اواسط آن، رخنمونی از قطعه سنگ‌های جریان یافته (Q_{rs}^f).



شکل ۲. زمین‌شناسی محور هراز در ابتدای مسیر تا محدوده پل دختر



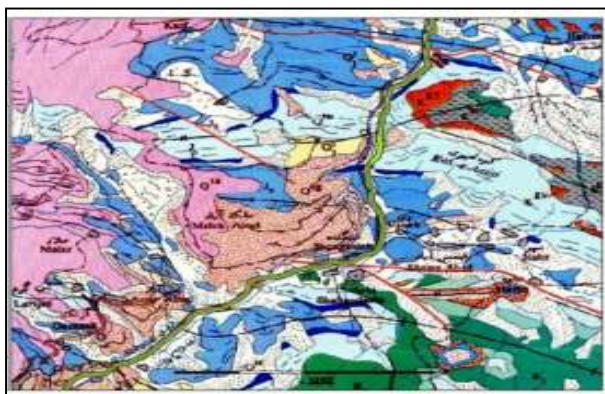
شکل ۳. زمین‌شناسی محور هراز در محدوده پلور و دامنه دماوند

در مسیر جاده تناوبی از لیتولوژی‌های متنوع و مختلف به دلیل وجود گسل‌های فراوان البته در بالادست جاده و خارج از بافر ۵۰۰ متری ملاحظه می‌گردد تا به محدوده عباس‌آباد می‌رسد. در فاصله ۱۳,۶ کیلومتری از پلور، در سمت راست مسیر جاده تشکیلات تشکیلات (J_s) که متشکل از شیل و ماسه سنگ تیره به همراه ذغال سنگ از سازند شمشک است، مشاهده می‌گردد و در سمت چپ جاده تشکیلات (E_k^{IV}) توف سبز، جریان‌های گدازه و گدازه‌های برشی آندزیتی-بازالتی به سن ائوسن ملاحظه می‌گردد که چهره متفاوتی را در این مسیر به نمایش گذاشته است. گسل‌های متعددی در دو سمت مسیر جاده ملاحظه می‌گردد. همچنین جنس متفاوت سنگ‌ها در دو سمت جاده سبب هوازگی و رفتار متفاوت سنگ‌ها گردیده و می‌تواند واریزه‌ها و توده‌های سنگی ریزشی و لغزشی را ایجاد نماید که مسیر جاده را تهدید می‌نماید. این نوع تشکیلات تا فاصله ۴,۵ کیلومتری ملاحظه می‌گردد. پس از آن، مسیر جاده دوباره وارد تشکیلات کواترنری گردیده و تا ۴,۷ کیلومتر ادامه می‌یابد و پس از طی این مسیر، در سمت چپ جاده تشکیلات (E_k^{IV}) دوباره ملاحظه می‌گردد. در سمت راست جاده، رسوبات جوان کواترنری به همراه توده‌هایی از تشکیلات آهک تیزکوه (Kt) و سنگ آهک لار و سازند شمشک رخنمون می‌یابد و به طور متناوب تکرار می‌گردد (شکل ۴). از محدوده وانه به سمت بایجان مسیر جاده در بین تشکیلات (Q_1^I)، تشکیلات سنگ آهک لار (J_1)

سپس مسیر جاده در بین واریزه‌های کواترنری (Q^{SC}) ادامه پیدا می‌کند تا به تشکیلات (Q_1^I) و (Q^{II}) متشکل از پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جریان‌های گدازه تراکی آندزیتی است، می‌رسد که از سنگ‌های آتشفشانی دماوند می‌باشد. رخنمون این سنگ‌های در سمت چپ جاده است و در سمت راست جاده واریزه‌های کواترنری (Q^{SC}) رخنمون دارد که میان لایه‌هایی از پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جریان‌های گدازه‌ای تراکی آندزیتی در بین آن‌ها وجود دارد (شکل ۳). در فاصله ۴,۵ کیلومتری از پلور در سمت چپ جاده، رخنمون باریکی از سازند دلچای ملاحظه می‌گردد و سپس مسیر جاده در بین واریزه‌های کواترنری ادامه پیدا کرده و در فاصله نزدیکی در دو سمت جاده رخنمونی از تشکیلات (J_s) که متشکل از شیل و ماسه سنگ تیره به همراه ذغال سنگ از سازند شمشک به سن ژوراسیک پایینی است، مشاهده می‌گردد که سازند دلچای در آن تداخل نموده است. پس از گذر از این تشکیلات، مسیر جاده در بین تشکیلات (J_1) که شامل سنگ آهک چرت‌دار توده‌ای تا لایه‌ای سازند لار است، ادامه پیدا می‌کند و در فاصله نزدیکی در بالادست در سمت راست جاده تشکیلات بسیار کوچکی از (E_{kn}^{SC}) شامل ماسه سنگ قرمز و کنگلومرا و (E_k^{IV}) متشکل از توف سبز، جریان‌های گدازه و گدازه‌های برشی آندزیتی-بازالتی به سن ائوسن ملاحظه می‌گردد که در مسافت ۳,۴ کیلومتری به تناوب در دو سمت جاده تکرار می‌گردد (شکل ۴).

ریزش است، مشاهده می‌گردد. در سمت چپ همچنان سازند شمشک مشاهده می‌گردد. در ادامه مسیر، سنگ آهک سازند لار (J_1)، رخنمون بسیار باریکی از مارن و سنگ آهک آمونیت‌دار و ماسه سنگ آهکی سازند دلیچای (J_d) به سن ژوراسیک و گدازه‌های مربوط به سنگ‌های آتشفشانی دماوند (Q_d^3) به سن کواترنری و سنگ‌ریزش و واریزه‌های آبرفتی تفکیک نشده در فاصله ۵,۵ کیلومتری مشاهده می‌گردد.

و قطعه‌سنگ‌های ریزش یافته جوان به طور متناوب گذر می‌کند (شکل ۵). مسیر جاده پس از گذر از تشکیلات فوق‌الذکر، از بین مخروطه افکنه‌های آبرفتی، گنگلومرای مخروطه افکنه‌ای و مخروطه‌های واریزه‌ای (Q_2^f) و (Q_2) که شامل مخروطه افکنه‌های و پادگانه‌های آبرفتی جوان و پهنه‌های آبرفتی است، می‌گذرد و سپس وارد تشکیلات (R_3^s) از سازند شمشک می‌گردد و ۳,۲ کیلومتر درون این تشکیلات ادامه مسیر می‌دهد. این تشکیلات در دو سمت جاده یکسان می‌باشد. پس از طی این مسافت در سمت راست جاده، تشکیلات (Q^{rf}) که شامل سنگ



شکل ۴. زمین‌شناسی محور هراز در محدوده عباس‌آباد و کوه امیری-تناوب رخنمون سازندهای شمشک و لار

قطع می‌نماید. این تنوع لیتولوژیکی در فاصله ۴,۷ کیلومتری مشاهده می‌گردد (شکل ۶). مسیر جاده در بین دیاباز، سنگ‌های آندزیتی یا بازالتی و آذرآواری ۵,۸ کیلومتر درون این تشکیلات ادامه پیدا کرده که در انتهای مسیر، توده‌های واریزه‌ای درون این تشکیلات مشاهده می‌گردد و در انتها در دو سمت جاده تنها توده‌های واریزه‌ای مشاهده می‌گردد که ۲,۴ کیلومتر گسترش دارد. این بخش می‌تواند از نظر ریزش سنگ و خاک مهم باشد (شکل ۶).

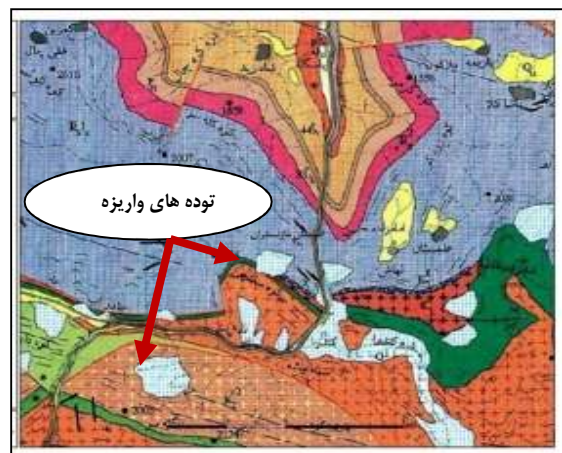
پس از گذر از لیتولوژی‌های متنوع از سازندهای مختلف، مسیر جاده در سازند شمشک ادامه یافته و در دو سمت جاده همچنان لیتولوژی یکسانی مشاهده می‌گردد. از محدوده علی‌آباد به بعد، تنوع لیتولوژیکی در مسیر جاده به صورت منظم و تناوبی است. در سمت راست جاده توده بسیار کوچکی از نهشته‌های آبرفتی تفکیک نشده (Q^u) مشاهده می‌گردد، سپس مسیر جاده رخنمون بسیار باریکی از سازند دلیچای، سنگ آهک لار، تشکیلات (K_1^s) متشکل از گچ با میان لایه‌های سنگ آهک دولومیتی و شیل، تشکیلات (K_1^v) شامل دیاباز، بازالت و ذرات آذرآواری، تشکیلات (K_2^{ml}) متشکل از سنگ آهک مارنی، سنگ آهک، مارن و شیل، تشکیلات (K_2^l) متشکل از سنگ آهک گلوبوترانکانادار، سنگ آهک ماسه‌ای و مارنی، تشکیلات (K_2^{v1}) متشکل از دیاباز، سنگ‌های آندزیتی یا بازالتی و آذرآواری را



شکل ۵. زمین‌شناسی محور هراز از محدوده وانه تا بایجان-تناوب رخنمون لار، پادگانه‌های آبرفتی و قطعات ریزشی



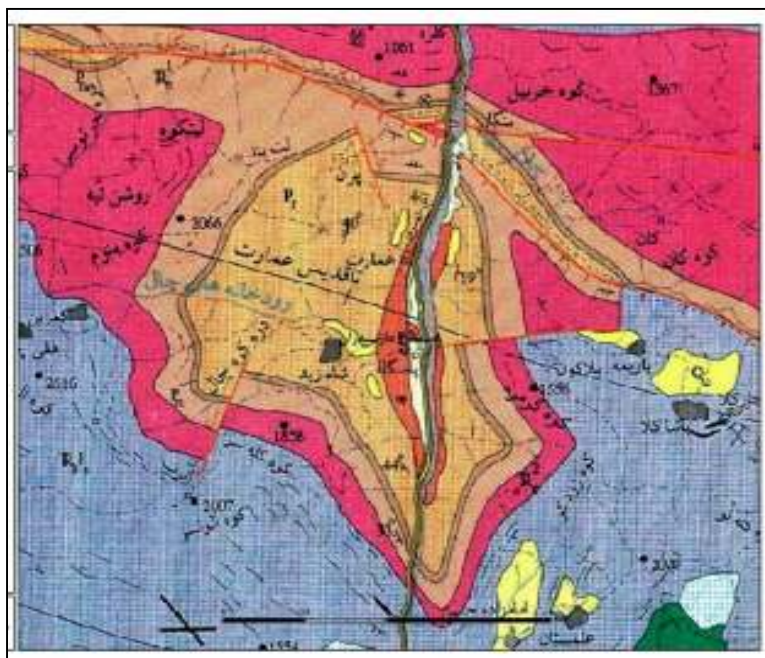
شکل ۶. زمین‌شناسی محور هراز در محدوده ناودیس چنگیز و کهرود-تناوب رخنمون لار، شمشک، پادگانه‌های آبرفتی و گدازه



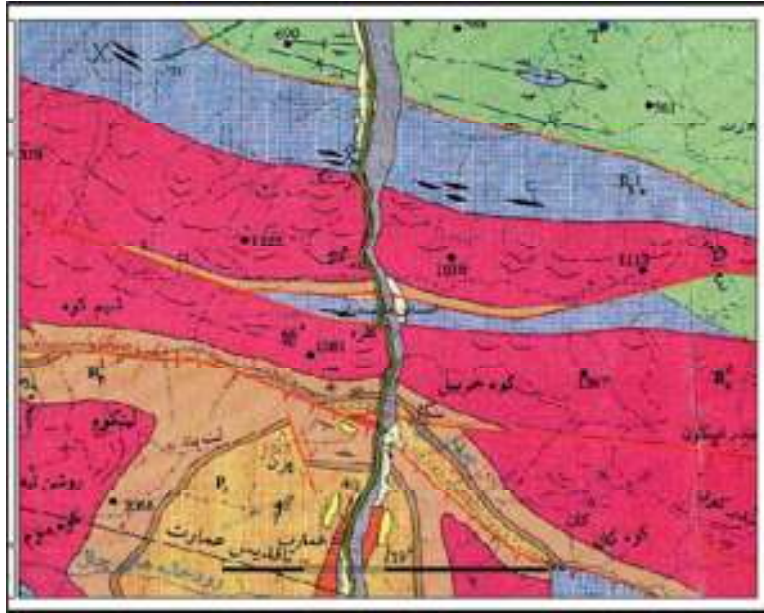
شکل ۷. زمین‌شناسی محور هراز- دیاپاز و سنگ‌های آندزیتی- بازالتی و توده‌های واریزه‌ای درون آن

رسوبات سخت نشده کواترنری حدود ۱,۳ کیلومتر ادامه یافته که در بالادست آن در سمت چپ و راست، بخش بالایی سازند الیکا به خوبی قابل مشاهده است و سپس ۵۰۰ متر وارد سازند شمشک گردیده که البته در سمت چپ جاده مشاهده می‌گردد و سمت راست جاده را همچنان رسوبات سخت نشده کواترنری تشکیل می‌دهد. بعد از آن، در سمت چپ جاده به ترتیب بخش زیرین و بخش بالایی سازند الیکا رخمون دارد. در سمت راست همچنان رسوبات سخت نشده کواترنری مشاهده می‌گردد. مسیر جاده بعد از گذر از سازند الیکا وارد سازند شمشک می‌گردد که رخمون آن در سمت چپ قابل مشاهده است و سمت راست جاده را همچنان رسوبات سخت نشده کواترنری (Q^{al}) تشکیل می‌دهد (شکل ۹). پس از طی مسافت بسیار کوتاه ۵۰۰ متری، مسیر جاده وارد تشکیلات (Q^2) متشکل از مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان، پهنه‌های آبرفتی با نهشته‌های دریاچه‌ای تفکیک نشده می‌گردد و درون این تشکیلات ادامه مسیر داده که در سمت چپ رخمون بیشتری نسبت به سمت راست جاده دارد. سمت چپ جاده را رسوبات سخت نشده بسیار جوان کواترنری تشکیل می‌دهد (شکل ۹). مسیر جاده داخل این تشکیلات ادامه پیدا کرده تا به شهر آمل می‌رسد (شکل ۱۰).

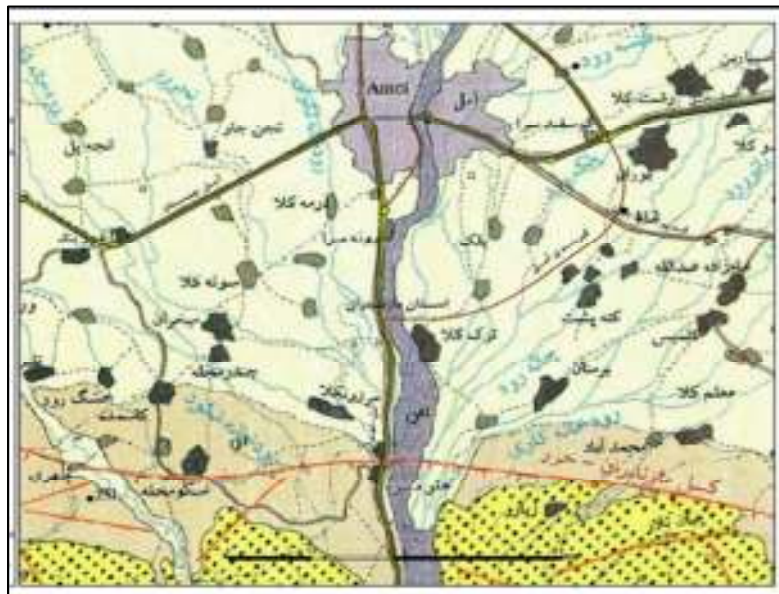
همانطوری که در شکل ۷، ملاحظه می‌گردد، بعد از اینکه جاده از بین سنگ‌های آندزیتی و بازالتی و توده‌های واریزه‌ای گذشت دوباره وارد سازند شمشک می‌گردد و پس از ۱,۴ کیلومتر از میان لیتولوژی‌های متنوعی عبور می‌کند که عبارت است از: تشکیلات (R_e^2) متشکل از سنگ آهک‌های دولومیتی ضخیم لایه و توده‌ای، دولومیت و سنگ آهک سازند الیکا، تشکیلات (R_e^1) متشکل از سنگ آهک مارنی نازک لایه با اثرات کرم و شیل آهکی مربوط به سازند الیکا، تشکیلات (P_r) متشکل از سنگ آهک فوزولین‌دار، سنگ آهک دولومیتی دارای چرت مربوط به سازند روته، تشکیلات (P_h) متشکل از شیل، ماسه سنگ، سنگ آهک، سیلت سنگ و کوارتزیت مربوط به سازند درود و مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان و آبرفت‌های سخت نشده عهد حاضر. همه این تشکیلات و تنوع لیتولوژی در فاصله ۴ کیلومتری به ترتیب در دو سمت جاده قابل مشاهده است (شکل ۸). پس از گذر از این تنوع لیتولوژیکی، مسیر جاده در بین رسوبات سخت نشده مربوط به کواترنری ادامه یافته و در سمت چپ جاده سازندهای درود و روته و بخش زیرین الیکا به ترتیب مشاهده می‌گردد و سپس مسیر جاده دوباره وارد بخش بالایی سازند الیکا می‌گردد که در دو سمت جاده یکسان است. مسیر جاده درون



شکل ۸. زمین‌شناسی محور هراز- تناوب سازندهای سازند الیکا، روته، درود و رسوبات کواترنری



شکل ۹. زمین‌شناسی محور هراز- رخنمون سازندهای شمشک، الیکا، شمشک



شکل ۱۰. زمین‌شناسی محور هراز در انتهای مسیر- رخنمون رسوبات آبرفتی جوان

۴-۲- بازدیدهای میدانی

مورد استفاده در مطالعات حاضر با توجه به مشاهداتی که حین عملیات میدانی صورت پذیرفت، از دقت بالایی برخوردار بود. لازم به توضیح است که تنها گسل‌هایی مورد بازدید قرار گرفت که در پیرامون محور جاده واقع شده و در میدان دید قرار داشت. در شکل ۱۱ گسل‌های منطبق و یا نزدیک محور جاده هراز که مورد تدقیق و بازدید قرار گرفت، نشان داده شده است. با توجه به این شکل، مشاهده می‌گردد که تراکم گسلی در ابتدا و انتهای مسیر مشهود است و در بخش میانی تعداد گسل‌های کمتری دیده می‌شود. فعال بودن حرکت‌های تکتونیکی در این منطقه بر کسی پوشیده نیست و وجود گسل‌های متعدد همین امر را تأیید می‌کند. با توجه به مشاهدات میدانی و همچنین نقشه مربوطه، جهت اغلب گسل‌ها، عمود بر محور جاده بود.

بازدیدهای میدانی این مسیر مربوط به حد فاصل بین آمل و امامزاده هاشم بوده و طول آن در حدود ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. بین شهرستان آمل و امامزاده هاشم، مناطق مسکونی شهری و روستایی قرار گرفته است. محمدآباد، رازکه، کهرود، بایجان، شاهاندشت و منطقه امیری، گزنک، آباسک و ورینه، پلور و امامزاده هاشم از مناطق مسکونی و بین راهی مهم این مسیر می‌باشند. در این مرحله از انجام کار، 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 جانمایی گردید. ۳۱ نقطه گسلی منطبق بر محور جاده، در نقشه جانمایی و در بازدیدهای میدانی مورد تدقیق قرار گرفت (در حین بازدیدهای میدانی در نقاط متوالی نیز که گسل‌ها مشهود بود، ثبت گردید). نقشه گسل‌های



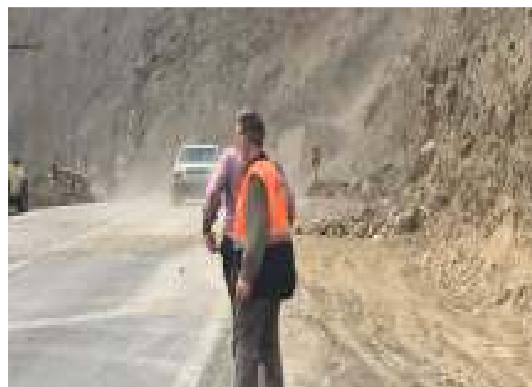
شکل ۱۱. نقشه گسل‌های محور هراز

زیاد (رنگ قرمز)، خطر متوسط (رنگ زرد) و خطر پایین (رنگ سبز) طبقه بندی گردید. همانطوری که در تصویر ۱۲ ملاحظه می‌شود، بیشتر نقاط با رنگ قرمز نشان داده شده و این موضوع بیانگر پرخطر بودن اغلب نقاط با درجه بندی نوع ۱ است. ریزش‌ها بیشترین حرکات دامنه‌ای مسیر بودند. در شکل ۱۳ نمونه‌ای از ریزش روی داده حین برداشت‌های میدانی نشان داده شده است.

علاوه بر گسل‌ها، نقاط مرتبط با حرکت‌های دامنه‌ای در طول محور هراز نیز در بازدیدهای میدانی مورد توجه بود. برای این منظور، در این محور در حدود ۲۷۵ نقطه تعیین و مورد بازدید قرار گرفت (شکل ۱۲). پس از ثبت نقاط و جانمایی 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



شکل ۱۲. نقاط مورد بازدید با درجه‌بندی در محور هراز



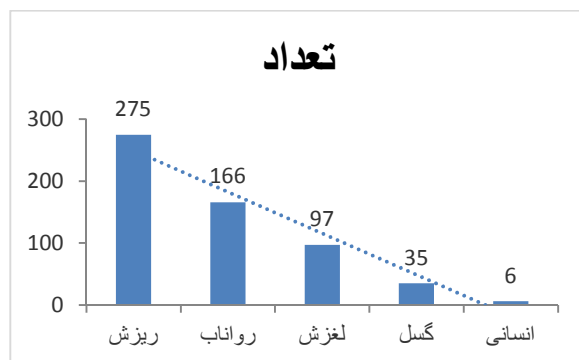
شکل ۱۳. رخداد ریزش حین بازدیدهای میدانی مسیر جاده هراز- استان مازندران

داشته و در این مطالعات، بیشتر با درجه احتمال، ثبت شده است. همچنین در ۶ مورد از نقاط برداشت شده، مخاطرات انسانی وجود داشته که اغلب آن‌ها مربوط به جانمایی نامناسب دکل‌های انتقال برق فشارقوی و ساخت و سازها که با فاصله اندک از محور جاده واقع شده بودند، می‌شود. همچنین در طول مسیر نقاطی که متأثر از رواناب سطحی بودند و اثر رواناب بر روی سطوح شیب‌دار مشرف بر محور جاده مشخص بود، ثبت

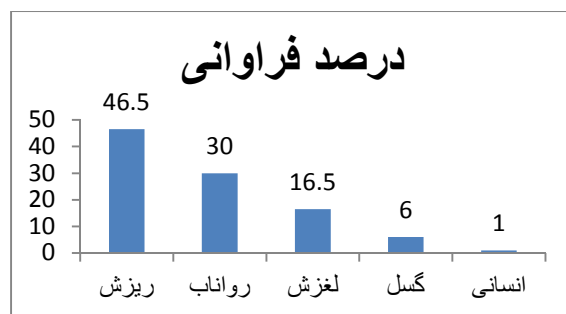
بیشترین نقاط مخاطره‌ای در طول این محور مربوط به پدیده ریزش است که در تمامی موارد ثبت شده خودنمایی می‌کند. این تعداد نقاط ریزشی در یک مسیر ۱۰۰ کیلومتری قابل ملاحظه و معنی‌دار می‌باشد. به عبارتی در هر ۳۰۰ متر یک نقطه ریزشی وجود دارد. در رابطه با نقاط و سطوح شیب‌دار مستعد حرکت دامنه‌ای، ۹۷ مورد نیز مرتبط با لغزش ثبت شده است. باید متذکر شد موارد مربوط به پدیده لغزش نیاز به بررسی تخصصی‌تر

به ترتیب مربوط به ریزش، رواناب، لغزش، خطر گسلش و خطرهای با منشأ انسانی است. درصد فراوانی مخاطرات در شکل ۱۵ 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.

و مشخص گردید که در این مسیر تعداد موارد ثبت شده مرتبط با این پدیده ۱۶۶ مورد می‌باشد. موارد مرتبط با تدقیق گسل نیز به تعداد ۳۵ مورد ثبت شده است. برای ارایه تصویر روشن‌تر از مخاطراتی که در مسیر وجود دارند، فراوانی پدیده‌های خطرآفرین به صورت نمودار نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۴ و ۱۵ در رابطه با محور هراز، بیشتر مخاطرات از نظر فراوانی



شکل ۱۴. نمودار فراوانی تعداد پدیده‌های مخاطراتی محور هراز



شکل ۱۵. درصد فراوانی مخاطرات محور هراز

رواناب را در بر می‌گیرد (شکل ۱۶). به همین منظور در بازدیدهای میدانی و ثبت نقاط حادثه‌خیز به این مورد مهم نیز توجه شده است.

به عنوان نمونه، در ایستگاه ثبت شده شماره ۱۳۷ که با درجه احتمال وقوع بالا ثبت شده است، تعداد پدیده‌های خطرآفرین بیش از یک مورد بوده و تمامی موارد ریزش، لغزش، گسل و



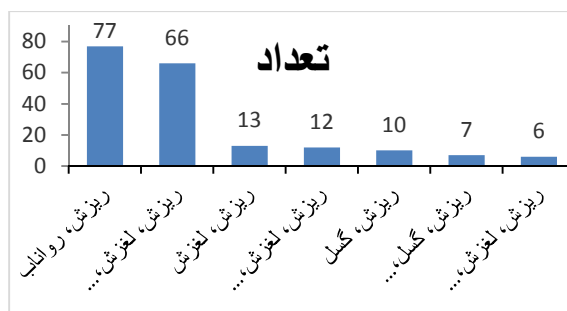
شکل ۱۶. تصویر ماهواره‌ای ریزش، لغزش، رواناب و گسل در نقطه ۱۳۷ محور هراز



شکل ۱۷. وجود پدیده‌های ریزش، لغزش و رواناب در نقطه ۱۳۷ محور هراز

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.

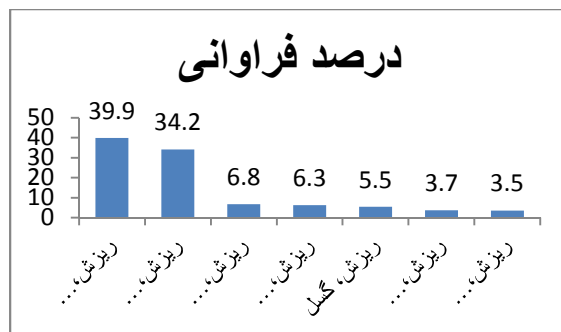
در شکل ۱۷ که مربوط به ایستگاه شماره ۱۳۷ جاده هراز، حد فاصل آمل و امامزاده هاشم می‌باشد، نشان داده شده است که در پهنه مربوط به این ایستگاه، ریزش، رواناب و گسلش که از پدیده‌های محیطی هستند، این محور را تهدید می‌کند. در رابطه با



شکل ۱۸. تعداد نقاطی که پدیده‌های خطر آفرین را به صورت مشترک دارند

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. لغزش نیز مورد مهم دیگری است که از نظر تعداد فراوانی در این مسیر قابل توجه بوده و تمهیدات مناسب و متناسب در برابر آن ضرورت دارد. شکل ۱۹ درصد فراوانی پدیده‌های مشترک را نمایش می‌دهد.

در شکل ۱۸، 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 تنهایی و بدون در نظر گرفتن رخداد زلزله به دلیل ویژگی‌های



شکل ۱۹. درصد فراوانی پدیده‌های مشترک در نقاط حادثه خیز محور هراز

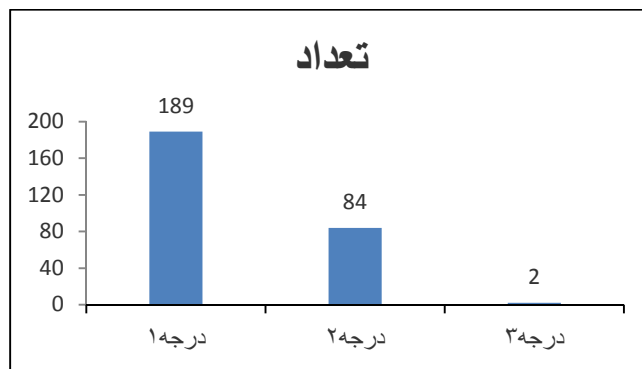
مواردی بودند که درجه اهمیت نقاط حادثه‌خیز را تعیین می‌کردند. در نهایت این نقاط به صورت نمودار و به صورت نقشه تهیه شده است. شکل ۲۰ نمودار تعداد نقاط در هر اولویت و شکل ۲۱ درصد فراوانی این نقاط را نشان می‌دهد.

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،

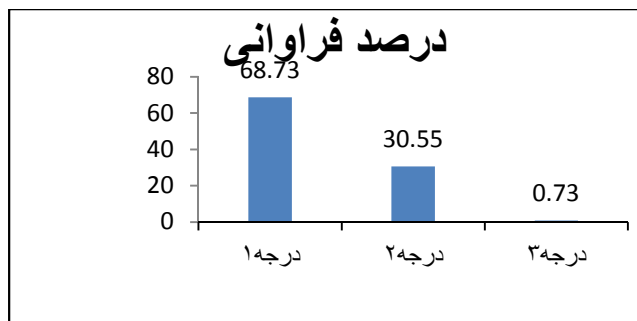
جمع بندی برداشت های میدانی

متوسط) و تنها ۲ 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 مدیریت صرفه‌جویی شود.

تعداد نقاط برداشت شده حادثه‌خیز در این محور ۲۷۵ مورد بوده و از این تعداد، ۱۸۹ مورد (۶۸ درصد) مربوط به درجه بندی نوع ۱ (با خطر بالا) می‌باشد. این تعداد نقاط در یک مسیر ۱۰۰ کیلومتری، بحرانی بودن آن را نشان می‌دهد. ۳۱ درصد نقاط ثبت شده که به عبارت دیگر ۸۴ مورد می‌باشد، از نوع درجه ۲ (خطر



شکل ۲۰. درجه بندی نقاط از نظر آسیب‌پذیری



شکل ۲۱. درصد فراوانی درجه آسیب‌پذیری نقاط حادثه‌خیز

(با خطر بالا) و با رنگ قرمز جانمایی شده است. یادآور می‌شود تمامی نقاط برداشت شده مخاطره‌آمیز بوده و درجه‌بندی آن‌ها فقط از روی مقایسه یکدیگر و برای اولویت‌بندی انجام شده است. بنابراین، توجه به تمامی نقاط ثبت شده، لازم و ضروری است.

داده‌های حاصل از برداشت‌های میدانی، وزن‌دهی و تبدیل به نقشه گردید. در شکل ۲۲ نقاط حادثه‌خیز با درجه‌بندی اهمیت 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. همانطور که قبلاً نیز ذکر گردید، ملاحظه می‌شود که بیشتر نقاط از نوع درجه یک



شکل ۲۲. درجه بندی نقاط حادثه‌خیز در محور هراز

❖ اولویت اول: زون پرخطر حد فاصل علی‌مستان تا کهرود بالا

طول این پهنه پرخطر ۲۲ کیلومتر بوده و ۶۵ نقطه حادثه‌خیز را شامل می‌شود. ایستگاه‌های ۲۴ تا ۸۹ موارد ثبت شده در این پهنه می‌باشند. از این تعداد نقاط تمامی آن‌ها به جز نقاط ۲۶ و ۳۱ از نوع درجه ۱ و بحرانی می‌باشند. پدیده‌های خطرآفرین در نقاط این پهنه بیشتر از نوع ریزش و رواناب و در برخی موارد لغزش می‌باشد. با برطرف کردن مواد ریزشی و تمهیدات مناسب، امنیت قابل توجهی بر طول محور جاده و در این زون حاکم

با داشتن نقاط و یا سطوح حادثه‌خیز و درجه‌بندی آن‌ها و همچنین جانمایی آن‌ها در نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای دستاورد ارزشمندی با عنوان شناسایی زون‌های پرخطر حاصل شد. با شناسایی زون‌های پرخطر و همچنین اولویت‌بندی آن‌ها، تصمیمات مرتبط با برطرف کردن موانع حادثه‌ساز جاده‌ای تسهیل می‌یابد. در ادامه به زون‌های پرخطر محور هراز پرداخته می‌شود.

عرض‌های جنوبی به پوشش مراتعی تغییر می‌یابد. مواد ریزشی بر روی سطوح پرشیب از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت می‌باشند. شکل ۲۳ تصویر ماهواره‌ای و شکل ۲۴ تصاویری از این زون را نشان می‌دهد.

خواهد شد. در این زون مورفولوژی منطقه تغییر یافته و شکل خشن‌تری را به خود می‌گیرد. در ابتدای این پهنه پوشش گیاهی از نوع جنگلی بوده اما در ادامه از تراکم آن کاسته می‌شود. همچنین نوع پوشش گیاهی در امتداد محور جاده به سمت



شکل ۲۳. زون پرخطر با اولویت اول در محور هراز



شکل ۲۴. تصاویری از نقاط حادثه خیز در پهنه خطر با اولویت اول

❖ اولویت دوم: زون پرخطر حد فاصل بایجان تا گزنک

بایجان و گزنک می‌باشد. حدوداً ۱۶ مورد تدقیق گسل در این پهنه وجود دارد. تمامی موارد ثبت شده با پدیده ریزش و رواناب مرتبط است. فاصله این پهنه پرخطر با پهنه قبلی کم و در حدود ۴ کیلومتر می‌باشد که این مورد نیز معنی پرخطر را بیش از پیش

نقاط ۹۶ تا ۱۵۷ در مجموع ۶۱ مورد، نقاط تشکیل‌دهنده این پهنه بوده که ۵۹ مورد از آن از نوع درجه یک (خطر بالا) مشاهده می‌شوند. تراکم زیاد نقاط درجه یک، بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد (شکل ۲۵). مناطق مسکونی مهم این پهنه

قابل مشاهده است. شکل ۲۶ تصاویری از نقاط حادثه‌خیز در این پهنه را نشان می‌دهد.

در طول محور جاده معرفی می‌کند. سطح منطقه از نظر پوشش گیاهی فقیر بوده و بیشتر مواقع هوازدگی، فرسایش و خردشدگی



شکل ۲۵. زون پرخطر با اولویت دوم محور هراز



شکل ۲۶. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده پهنه پرخطر دوم

❖ اولویت سوم: زون پرخطر حد فاصل مون تا آب اسک

دست‌کاشت بوده و کاهش مخاطره ریزش به دلیل این پوشش گیاهی محتمل نیست و همچنان خطر در این زون وجود دارد. با توجه به اینکه احتمال لغزش نیز در طول مسیر جاده هراز وجود دارد، از این‌رو مطالعات تخصصی در رابطه با این پدیده لازم و ضروری دیده می‌شود. شکل ۲۸ تصاویری از نقاط حادثه‌خیز در این پهنه را نشان می‌دهد.

زون پرخطر با اولویت سوم در بین مناطق مسکونی مون تا آب اسک و در پائین دست رینه واقع شده است. نقاط ۱۷۴ تا ۱۹۹ که در مجموع ۲۵ مورد ثبت شده می‌باشند، ایستگاه‌های ثبت شده مخاطره‌آمیز این پهنه را نشان می‌دهند. از ۲۵ مورد موجود در این زون پرخطر ۲۰ مورد آن از نوع درجه ۱ و ۵ مورد دیگر از نوع درجه دوم گزارش می‌شود. شکل ۲۷ تصویر ماهواره‌ای این زون را نمایش می‌دهد. پوشش گیاهی این منطقه بیشتر از نوع



شکل ۲۷. زون پرخطر با اولویت سوم محور هراز



شکل ۲۸. نمونه‌ای از موارد حادثه‌ساز در نقاط ثبت شده پهنه پرخطر سوم

❖ اولویت چهارم: زون پرخطر قبل از پلور

سطوح شیب‌دار مشرف بر محور جاده علاوه بر تشدید عمل ریزش، پدیده لغزش را برجسته نموده و مطالعات تخصصی بیشتری را لازم دارد. پوشش گیاهی منطقه اغلب از نوع مرتعی بوده و از تراکم پائینی برخوردار است. شکل‌های ۲۹ و ۳۰ مربوط به این پهنه می‌باشند.

این زون شامل نقاط ۲۱۰ تا ۲۴۲ است و از سمت آمل تا قبل از پلور محدوده زون پرخطر شماره ۴ می‌باشد. طول این پهنه در حدود ۸ کیلومتر گزارش می‌شود. ۱۸ مورد از این نقاط درجه یک (با خطر بالا) و مابقی از نوع درجه دو (خطر متوسط) می‌باشد. نقاط موجود در این پهنه در وهله اول با پدیده ریزش و در مرحله بعدی با رواناب درگیر هستند. وجود رواناب بر روی



شکل ۲۹. زون پرخطر با اولویت چهارم محور هراز



شکل ۳۰. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده پهنه پرخطر چهارم

❖ اولویت پنجم: زون پرخطر محدوده سیاه‌چال

علاوه بر ریزش، احتمال لغزش را نیز در طول مسیر بیشتر می‌کند که در اینجا پیشنهاد می‌گردد، نسبت به مطالعات تخصصی این مورد اقدامات لازم صورت پذیرد. پوشش گیاهی در این محدوده فقیر و از نوع مرتعی می‌باشد (شکل‌های ۳۱ و ۳۲).

پهنه پرخطر محدوده سیاه‌چال با طول ۲ کیلومتر ۱۷ نقطه پرخطر را شامل می‌گردد که ۱۱ مورد آن نوع درجه یک و ۶ مورد دیگر نوع درجه دو می‌باشد. تمامی نقاط ثبت شده در این پهنه را پدیده ریزش و رواناب تهدید می‌کند. پدیده رواناب



شکل ۳۱. زون پرخطر با اولویت پنجم محور هراز



شکل ۳۲. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده

پهنه پرخطر پنجم

❖ اولویت ششم: زون پرخطر محدوده پرین

از نوع تصادفات در این پهنه قابل توجه است. پوشش گیاهی از نوع جنگل و با تراکم بالا بوده که جلوه زیبایی نیز به محور جاده داده است. شکل ۳۴ نمونه‌ای از موارد حادثه‌خیز این زون را نشان می‌دهد.

این زون شامل ۱۰ نقطه آسیب‌پذیر بوده که هفت مورد آن از نوع یک و سه مورد از نوع دو می‌باشد. بیشتر مسائل این پهنه با ریزش مرتبط می‌باشد. شکل ۳۳ تصویر ماهواره‌ای این زون را نمایش می‌دهد. عرض کم محور جاده، تردد بالا، و حادثه‌خیزی



شکل ۳۳. زون پرخطر با اولویت ششم محور هراز



شکل ۳۴. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده پهنه پرخطر ششم

۵- نتیجه گیری

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 آذرین و آذرآواری در جاده هراز دارای کمترین گسترش می‌باشند و اغلب مربوط به سنگ‌های ولکانیک ائوسن و یا بازالت‌های ژوراسیک است. این سنگ‌ها به دلیل داشتن ناپیوستگی با لایه‌های رسوبی در برگیرنده آن‌ها و همچنین وجود درزه و شکستگی‌های فراوان، می‌توانند دارای خطر لغزش و ریزش باشند. در مجموع با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر، مجموع ۵۴ ایستگاه در این جاده در بازدیدهای میدانی مورد مطالعات زمین‌شناسی قرار

پس از بررسی زمین‌شناسی محور از روی نقشه زمین‌شناسی و تدقیق آن با بازدیدهای میدانی، نتایج زیر حاصل شد:
سنگ‌های رسوبی همچون سنگ آهک، مارن، ماسه سنگ، و شیل بخش اعظمی از رخنمون‌های حاشیه جاده هراز را می‌سازند. این گونه سنگ‌ها در نواحی که دارای درزه و شکستگی‌های متراکم و متقاطع، سطوح ناپیوستگی ساختاری، شیب در جهت جاده، و هوازدگی فیزیکی شدید باشند، می‌توانند مستعد وقوع لغزش‌های مسطوی شوند. پس از رخنمون‌های سنگ‌های آهکی، رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای در حاشیه جاده بیشترین گسترش را داشته و خطر لغزش آنها متوسط تا زیاد است. در این نوع رخنمون‌ها، احتمال لغزش دایره‌ای یا چرخشی

با ریزش مرتبط می‌باشد. این پهنه دارای عرض کم، تردد بالا، و حادثه خیزی از نوع تصادفات است. نظر به اهمیت محور جاده‌ای هراز که یکی از مهمترین و پرترددترین محور جاده‌ای در استان مازنداران است و با توجه به پرمخاطره بودن این محور جاده‌ای لازم است تا تمهیدات مدیریتی جهت کاهش خطرپذیری این محور صورت گیرد.

۶- مراجع

-کمانی، م. ارومیه‌ای، ع. و جورابچی، م. (۱۳۹۴)، "بررسی‌های زمین شناسی مهندسی مسیر آزادراه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و GIS - مطالعه موردی: آزادراه قزوین - رشت منطقه رودبار"، مجله علوم زمین، سال بیست و چهارم، شماره ۹۵، ص. ۴۷-۵۶.

-بلورچی، م. ج. انتظام، ا. محمودپور، م. کریم نژاد، س. ف. و شمشکی، ا. (۱۳۸۵)، "گزارش بررسی خطر سنگ ریزش در جاده چالوس، تهران"، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۱، ص. ۱-۸۵.

-قاضی پور، ن. ارومیه‌ای، ع. انتظام، ا. انصاری، ف. و پیروز، م. (۱۳۸۶)، "استفاده از نظریه مخروط افت در ارزیابی خطر سنگ ریزش در مسیر جاده چالوس (پل زنوله - مرزن آباد)", نشریه علوم زمین، سال هفدهم، شماره ۶۶، ص. ۱۶۹-۱۶۰.

-جعفرخانلو، م. ارومیه‌ای، م. و خامه‌چیان، م. (۱۳۸۴)، "پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس (حداصل کرج-گچسار)، چهارمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران.

-بهبهانی، ح. و صالحی، س. (۱۳۷۸)، "روش‌های ایمن‌سازی جاده‌ها در مقابل یخ و برف مناسب برای ایران"، مجله جاده، شماره ۴۵، ص. ۷۵-۸۵.

-فلاح‌تبار، ن. (۱۳۷۹)، "تاثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راه‌های کشور"، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، ص. ۴۵-۵۵.

-افشاری آزاد، م. و پورکی، ه. (۱۳۹۰)، "نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی"، سال ۱۶، شماره ۴۲، ص. ۲۳-۴۴.

-شایان، س. قلیچی، ع. و یمانی، م. (۱۳۹۶)، "ارزیابی مخاطرات محیطی و مورفوزن فعال در جاده کرج-چالوس (تا تونل کندوان)", مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۲، تابستان.

گرفت و نقاط مذکور علاوه بر ثبت مشاهدات کارشناسی از لحاظ احتمال وقوع زمین‌لغزش درجه بندی شدند. بر این اساس یک نقطه با خطر زمین لغزش کم، ۲۳ نقطه دارای خطر متوسط، و ۳۰ نقطه خطرناک شناسایی شدند. بررسی‌های میدانی از نقطه نظر مخاطرات تهدید کننده مسیر در ۲۷۵ نقطه از مسیر انجام یافت و بر اساس مشاهدات میدانی، این محور به شش پهنه پرمخاطره شرح زیر تعیین گردید.

اولویت اول: زون پرمخاطره حد فاصل علی‌مستان تا کهرود بالا:

در این پهنه، ۶۵ نقطه حادثه خیز وجود دارد که تمامی آن‌ها بجز نقاط ۲۶ و ۳۱ از نوع درجه یک و بحرانی می‌باشند. پدیده‌های خطرآفرین در نقاط این پهنه بیشتر از نوع ریزش و رواناب و در برخی موارد لغزش می‌باشد.

اولویت دوم: زون پرمخاطره حد فاصل بایجان تا گزنک

در این پهنه در مجموع ۶۱ نقطه حادثه خیز وجود دارد که ۵۹ مورد از آن از نوع درجه یک (با خطر بالا) است. تراکم زیاد نقاط درجه یک، بحرانی بودن منطقه را نشان می‌دهد. پدیده‌های خطرآفرین در این پهنه از نوع ریزش و رواناب است.

اولویت سوم: زون پرمخاطره حد فاصل مون تا آب اسک

در این پهنه در مجموع ۲۵ نقطه حادثه خیز وجود دارد که ۲۰ مورد آن از نوع درجه ۱ و ۵ مورد دیگر از نوع درجه دوم گزارش می‌شود. به دلیل پوشش گیاهی این منطقه که بیشتر از نوع دست‌کاشت بوده پدیده ریزش کمتر قابل مشاهده است. اما برای احتمال لغزش، نیاز به مطالعات تخصصی تر دارد.

اولویت چهارم: زون پرمخاطره قبل از پلور

در این پهنه ۳۲ نقطه حادثه خیز وجود دارد که ۱۸ مورد با خطر درجه یک و مابقی از نوع خطر با درجه دو می‌باشد. نقاط موجود در این پهنه در وهله اول با پدیده ریزش و در مرحله بعدی با رواناب درگیر هستند. وجود رواناب بر روی سطوح شیب‌دار مشرف بر محور جاده علاوه بر تشدید عمل ریزش، پدیده لغزش را برجسته نموده و نیازمند مطالعات تخصصی است.

اولویت پنجم: زون پرمخاطره محدوده سیاه‌چال

در این پهنه ۱۷ نقطه پرمخاطره وجود دارد که ۱۱ مورد آن نوع درجه یک و ۶ مورد دیگر نوع درجه دو می‌باشد. مخاطراتی که در این پهنه مشاهده می‌شود، ریزش و رواناب می‌باشد.

اولویت ششم: زون پرمخاطره محدوده پیرین

این زون شامل ۱۰ نقطه آسیب‌پذیر بوده که هفت مورد آن از نوع یک و سه مورد از نوع دو می‌باشد. بیشتر مشکلات این پهنه

-Baillifard, F., Jaboyedoff, M., & Sartori, M. (2003), "Rockfall hazard mapping along a mountainous road in Switzerland using a GIS-based parameter rating approach", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, pp.431-438.

-Cova, T.J., & Conger, S., (2004), "Transportation hazard", In M. Kutz (Ed.), *Transportation engineering*, New York: McGraw.

-Hill, 17, (1), 17.24. Bhattarai, P., Tiwari, B., Marui, H., & Aoyama, K., (2004), "Use of soil properties on preliminary slope stability mapping and prioritization of potential failures along Prithiwi Highway", *Nepal, Geo Technical Engineering*, 3(1), pp.2-9.

-Forman, R.T.T., (2008), "Urban Regions, Ecology and Planning Beyond the City", New York: Cambridge University Press.

-Jones, D.K.C., Brunsdon, D., Goudie A.S (1983), "A Preliminary Geomorphological Assessment of Part of the Karakoram Highway", *Q. J. Eng., Geol London*, Vol.16, pp. 355-311.

-Koide, H., (1955), "Landslides in Japan rediction and Prevention", *Toyo Keizai, Inc.*, pp. 259.

-OECD, (1973), "Optimization of Road Alignment by the Use of Computers", Paris.

-Pardeshi, S.D and Pardeshi, S.S., (2013), "Landslide hazard assessment: recent trends and techniques", *Springer plus 2*, pp.523.

-Shi, X.Z., Wang, K., Warner, E.D., Yu, D.S., Wang, H.J., Yang, R. W., Liang, Y, .Shi, D.M., (2008), "Relationship between Soil Erosion and Distance to Roadways in Undeveloped Areas of China", *Catena 72*, pp.305-313.

-Tacnet, J.M., E. Mermet and S. Maneerat (2012), "Analysis of importance of road networks exposed to natural hazards", *Multidisciplinary Research on Geographical Information in Europe and Beyond, Proceedings of the AGILE'2012 International Conference on Geographic Information Science*, Avignon, April, pp. 24-27.

-رجائی، ع، (۱۳۸۲)، "کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط"، انتشارات قومس، ص. ۲۹۵-۳۴۳.

-بلادپس، ع، (۱۳۸۶)، "عوامل مورفولوژی تهدیدکننده جاده‌ها" طرح تحقیقاتی، دانشگاه آزاد اسلامی.

-بلادپس، ع، (۱۳۸۲)، "تحلیلی بر ژئومورفولوژی جریان‌های واریزه‌ای مناطق ماکو"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۸، ص. ۱۱۴-۱۲۷.

- (۱۳۸۳)، "نیمی از ایران لرزید"، روزنامه ایران، ۹ خرداد، صفحه اول.

-باقدم، ع، (۱۳۸۲)، "ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی با استفاده از GIS در مسیر سندج- مریوان"، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

-جعفر خانلو، م، (۱۳۸۶)، "پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس (حداصل محور کرج- گچسار)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس.

-جعفر خانلو، م، ارومیه‌ای، ع. و خامه‌چیان، م، (۱۳۸۹)، "پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس به کمک GIS حداصل کرج".

- درویش زاده، ف، (۱۳۷۰)، "فصلنامه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی شماره ۲"، گچسار، زمین‌شناسی ایران، نشر دانش‌آموز، تهران، ص. ۹۰۱.

-کرم، الف. و تورانی، م، (۱۳۹۳)، "پهنه‌بندی نواحی مستعد وقوع لغزش با استفاده از GIS محور هراز از رودهن تا رینه"، اولین همایش علوم جغرافیایی ایران.

-قنواتی، ع، و کریمی، ج، (۱۳۸۸)، "پهنه‌بندی خطر بهمن در جاده هراز براساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی"، گزاره قنواتی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۹، شماره ۱۲.

-غیومیان، ج، شریعت جعفری، م، کریم نژاد، ح.ر، (۱۳۷۸)، "تحلیل سینماتیک زمین لغزش امام زاده علی- جاده هراز"، مجله علوم زمین شماره ۸، پاییز و زمستان، ص. ۹۸-۱۰۳.

-غیومیان، ج، فاطمی عقدا، س. م، اشقلی فراهانی، ع. و تشنه لب، م، (۱۳۸۱)، "پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از تصمیم‌گیری چند مشخصه فازی- مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان"، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۵۶، ص. ۶۷-۸۱.

The Geology of the Haraz Road in the Province of Mazandaran with Emphasis on Identifying Natural Hazards

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

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

E-mail: fatemedehghan@yahoo.com

Received: July 2022- Accepted: November 2022

ABSTRACT

Haraz road is one of the most important routes of the transportation system in Mazandaran province. The geological features of this route are very diverse and are susceptible to a variety of hazards that are directly related to geological features. Considering these features is one of the most important studies in the construction, maintenance, and repair of transportation systems. Studies on the road of Haraz have been conducted from different perspectives and emphasizing the natural hazards of the route. In most of them, a thorough study of the geological features of the route is less important and is very brief and with an emphasis on a group of studies is done. In this study, the geology of the route, with emphasis on the hazards affected, was carried out in two stages. In the first step, by mapping the route on geological maps in the GIS software environment, trajectory characteristics were described and in the second stage, field observations were carried out at specific geological points. Limestone, marl, sandstone, shale, and river sediments make up a large part of the outcrops on the margin of the road. In the conclusion of the studies, a point with low landslide risk, and 23 points with medium and 30 high-risk points were identified. Using the available statistical data and data from field observations and processing them in the software environment, from the point of view of road hazards, 275 points of the route in six high-risk areas were investigated.

Keywords: Mazandaran Province, Hazards, Haraz Road